

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

PATRÍCIA GOMES DE SOUZA FREITAS

**ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE LUMINOTÉCNICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA:
UMA PROPOSTA COM AS METODOLOGIAS ATIVAS DE ESM, IPC E PBL**

JATAÍ
2017

PATRÍCIA GOMES DE SOUZA FREITAS

**ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE LUMINOTÉCNICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA:
UMA PROPOSTA COM AS METODOLOGIAS ATIVAS DE ESM, IPC E PBL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Educação para Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Linha de Pesquisa: Fundamentos, Metodologias e Recursos para a Educação para Ciências e Matemática

Sublinha de Pesquisa: Ensino de Física

Orientadora: Profa. Ma. Marta João Francisco Silva Souza

Jataí

2017

Autorizo, para fins de estudo e de pesquisa, a reprodução e a divulgação total ou parcial desta dissertação, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

FRE/ela	<p>Freitas, Patrícia Gomes de Souza.</p> <p>Elaboração de uma sequência didática para a aprendizagem significativa de luminotécnica para os cursos de engenharia: uma proposta com as metodologias ativas de ESM, IPC e PBL [manuscrito] / Patrícia G. de S. Freitas. -- 2017.</p> <p>362 f; il.</p> <p>Orientadora: Prof. Ma. Marta João Francisco Silva Souza.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – IFG – Câmpus Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2017.</p> <p>Bibliografias.</p> <p>Apêndices.</p> <p>1. Ensino de engenharia. 2. Luminotécnica. 3. Metodologias ativas. 4. Aprendizagem significativa. 5. Dissertação. I. Souza, Marta João Francisco Silva. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.</p> <p style="text-align: center;">CDD 624.1513</p>
---------	---

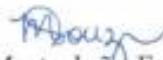
PATRÍCIA GOMES DE SOUZA FREITAS

**ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE LUMINOTÉCNICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA:
UMA PROPOSTA COM AS METODOLOGIAS ATIVAS DE ESM, IPC E PBL**

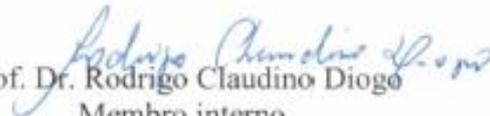
Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Educação para Ciências e Matemática.

Esta dissertação foi defendida e aprovada, em 15 de dezembro de 2017, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

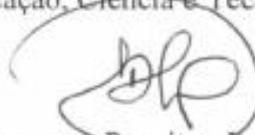
BANCA EXAMINADORA



Prof. Ma. Marta João Francisco Silva Souza
Presidente da banca / Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Rodrigo Claudino Diogo
Membro interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Rosemara Perpétua Lopes
Membro externo
Universidade Federal de Goiás

Dedico este trabalho à minha mãe, em especial, pela educação no exemplo de força, de fé e de dedicação aos filhos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática (PPGECM), pela oportunidade de conhecer e reconhecer os fundamentos de formação docente.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela provisão da bolsa de mestrado.

Aos colegas do PPGECM, pelo auxílio nas tarefas e pela amizade desenvolvida durante o curso.

Aos amigos, que mesmo de longe, torcem e rezam para que tudo dê certo.

Ao amigo, Higor Rudicelly, pela presteza e compreensão, durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus alunos, por toda a aprendizagem que me proporcionam.

À minha orientadora, professora e amiga Marta João Francisco Silva Souza, pelas doses certas de leveza e de dureza. Sem sua orientação esta pesquisa não se realizaria. E pela qual a amizade, certamente, é o mais duradouro resultado de toda essa caminhada.

À minha família, meus pais, irmãos, sobrinhos, sogro e sogra, pela copiosa compreensão, durante o tempo dedicado à esta pesquisa.

Ao meu eterno namorado, pai dos meus filhos, incentivador e apreciador dos meus esforços. Pela gentileza e cuidados dedicados a mim, diariamente.

Aos meus filhos, pela luz que trouxeram à minha vida.

A Deus, por todas estas pessoas.

De coração, muito obrigada.

“E disse Deus: haja luz; e houve luz.

E viu Deus que era boa a luz; e fez Deus separação entre a luz e as trevas.”

(BÍBLIA, Gênesis, 1, 3-4)

RESUMO

Reitera-se estudos sobre uma necessária revisão do ensino de Engenharia. Pesquisas das relações entre o modo de ensinar e as formas de apropriação da aprendizagem evoluem na defesa por processos em que os agentes sejam ativos, responsáveis pelo aprendizado e interdependentes positivamente. Neste contexto, as Metodologias Ativas (MA) apresentam-se como alternativas dinamizadoras das relações de ensino e aprendizagem. Esta pesquisa buscou identificar quais as possíveis contribuições do uso de MA para a aprendizagem de Luminotécnica para alunos de Engenharia do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Jataí. Para tal, desenvolveu-se uma Sequência Didática (SD) embasada pela Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e que originou um produto educacional (PE) aplicável ao estudo de Luminotécnica. O percurso metodológico integrou as MA de Ensino sob Medida (EsM), Instrução pelos Colegas (IpC) e Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) para uma construção progressiva de conceitos. A partir do conhecimento dos alunos, e com o uso da EsM e da IpC, encontros foram estruturados com a inserção de tópicos de Física como suporte à aprendizagem de conceitos a serem utilizados como subsunçores em Luminotécnica. Seguindo, propôs-se o uso da PBL para a elaboração de propostas de iluminação como aplicação dos conceitos desenvolvidos na SD. O PE contém um questionário para a sondagem de conhecimentos prévios sobre ondulatória, Tarefas de Leitura, Testes Conceituais, projeto de uma bancada – e roteiros para aulas experimentais – para o estudo de Espectroscopia de fontes de iluminação, problemas de projetos luminotécnicos para a PBL, fichas para autoavaliação, avaliação pelos pares e das MA. A análise foi realizada ao longo da pesquisa, com critérios inerentes à cada MA. Em especial, pela Análise de Conteúdo de Bardin analisou-se as propostas de iluminação elaboradas pelos alunos. Inferiu-se que, os objetivos foram alcançados, e que a SD favoreceu uma AS dos conceitos, além de estimular a criatividade, a autonomia e de aproximar os alunos da comunidade. Quanto à PBL, o potencial para integração entre teoria e prática profissional, a relevância e a motivação ao aprendizado foram destacadas e feitas críticas ao tempo necessário à sua aplicação.

Palavras-chaves: Ensino de Engenharia. Luminotécnica. Metodologias Ativas. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

We reiterate studies on a necessary revision of Engineering teaching. Research on the relationship between the way of teaching and the forms of appropriation of learning evolves in defense by processes in which agents are active, responsible for learning and positively interdependent. In this context, Active Methodologies (MA) are presented as dynamic alternatives for teaching and learning relationships. This research aimed to identify the possible contributions of the use of MA for the learning of Luminotécnica for Engineering students of the Federal Institute of Goiás - Câmpus Jataí. For this, a Didactic Sequence (SD) was developed based on David Ausubel's Theory of Significant Learning (TAS) and that originated an educational product (PE) applicable to the study of luminology. The methodological course integrated the Measured Learning MA (EsM), Instruction by Colleagues (IpC) and Problem Based Learning (PBL) for a progressive construction of concepts. From the students' knowledge, and with the use of EsM and IpC, meetings were structured with the insertion of topics of Physics as a support to the learning of concepts to be used as subunits in Luminotécnica. Following, it was proposed the use of the PBL for the elaboration of lighting proposals as an application of the concepts developed in SD. The EP contains a questionnaire for the probing of previous knowledge about ondulatory, Reading Tasks, Conceptual Tests, design of a bench - and scripts for experimental classes - for the study of Spectroscopy of lighting sources, problems of lighting projects for PBL, self-assessment sheets, peer and MA assessment. The analysis was performed throughout the research, with criteria inherent to each MA. In particular, through the Content Analysis of Bardin we analyzed the lighting proposals elaborated by the students. It was inferred that the objectives were achieved, and that SD favored an AS of the concepts, besides stimulating creativity, autonomy and bringing students closer to the community. Regarding PBL, the potential for integration between theory and professional practice, relevance and motivation to learn were highlighted and made critical to the time needed for its application.

Keywords: Engineering Teaching. Lighting. Active Methodologies. Significant learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de cores em uma estrela e a lei de Planck	39
Figura 2 – Representação dos padrões de cores do Comitê Internacional de Iluminação (CIE) com base nas coordenadas x e y do radiador de Planck	40
Figura 3 – Simulação da radiação no corpo negro para os dados do Quadro 4	40
Figura 4 – Células fotorreceptoras de luz no olho humano – cones e bastonetes	44
Figura 5 – Esquematização da retina humana	45
Figura 6 – Sensibilidade relativa do olho humano e a variação da radiação com o comprimento de onda	46
Figura 7 – Sensibilidade relativa do olho humano e a variação da radiação com o comprimento de onda, pelos diferentes tipos de cones e os bastonetes	47
Figura 8 – Sequência das ações na apresentação e avaliação dos testes na IpC	59
Figura 9 – Sequência temporal das ações do professor e dos alunos em aulas que utilizam a combinação das metodologias de EsM e de IpC	61
Figura 10 – Sequência das ações na aplicação de uma metodologia de EsM	62
Figura 11 – Estrutura dos Encontros da SD proposta	72
Figura 12 – Esquematização da teoria da Assimilação de Ausubel	77
Figura 13 – Planejamento com as tarefas fundamentais ao professor na facilitação de uma AS, Moreira (1999)	79
Figura 14 – Primeira tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD	83
Figura 15 – Segunda tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD	83
Figura 16 – Terceira tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD	84
Figura 17 – Quarta tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD	85
Figura 18 – Percurso da SD na perspectiva de uma AS	87
Figura 19 – Fichas utilizadas para o sistema de votação, fornecidas no <i>site</i> do <i>Plickers</i>	93
Figura 20 – Fichas utilizadas para o sistema de votação, impressas e com reforço manual	93
Figura 21 – Fichas alternativas elaboradas para uso no sistema de votação	93
Figura 22 – Efeitos de luz e possíveis interações humanas que podem ser criadas em Luminotécnica	102

Figura 23 – Questão de teste aplicada para apresentar e testar a ferramenta de votação utilizada (<i>Plickers</i>)	105
Figura 24 – Resultados da aplicação dos TC no E2 Blocos 1, 2 e 3	106
Figura 25 – Resultados da aplicação dos TC no E2 Blocos 4 e 5	108
Figura 26 – Lâmpadas de diferentes categorias e formatos para manipulação em sala	111
Figura 27 – Distribuição do espectro de frequência reais de lâmpadas incandescente e de vapor de sódio à alta pressão (fotos de testes da bancada)	111
Figura 28 – Observação dos espectros de frequência observados nas experimentações do roteiro 1 e registrados pelos alunos	112
Figura 29 – Fotos das variações na reprodução de cores, de uma superfície iluminada por lâmpadas de LED (a), fluorescente compacta (b) e incandescente (c), registrada por um aluno	113
Figura 30 – Registros de observações experimentais sobre a caracterização dos espectros dos diferentes tipos de lâmpada	114
Figura 31 – Momento de votação e apuração na aplicação da IpC	118
Figura 32 – Resultados dos TC no E4 Bloco 6	119
Figura 33 – Resultados da aplicação dos TC no E4 Blocos 7 e 8	121
Figura 34 – Múltiplas características a serem pensadas em uma proposta Luminotécnica	123
Figura 35 – Trechos do vídeo “O que é projetar? Que tal pensarmos juntos?”	124
Figura 36 – Momentos de desenvolvimento da primeira sessão tutorial da PBL	125
Figura 37 – Sistematização para resolução do problema feita pelo G2.	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas evolutivas da produção da luz	25
Quadro 2 – Grandezas fotométricas	34
Quadro 3 – Normas ABNT relativas à iluminação	36
Quadro 4 – Valores simulados para a lei da radiação de Planck	41
Quadro 5 – Bases teóricas relacionadas às MA dos estudos publicados no COBENGE, de 2008 a 2012	54
Quadro 6 – Elementos fundamentais da PBL	65
Quadro 7 – Principais diferenças entre os papéis dos alunos e docentes na sala de aula convencional e na PBL	68
Quadro 8 – Descrição dos papéis dos participantes do grupo tutorial	70
Quadro 9 – Passos envolvidos na PBL	70
Quadro 10 – Tarefas fundamentais ao professor na facilitação de uma AS	79
Quadro 11 – Correspondência entre as tarefas fundamentais numa AS e o planejamento das ações na elaboração da SD	82
Quadro 12 – Características fundamentais de categorias satisfatórias de Análise de Conteúdo, na perspectiva de Bardin	100
Quadro 13 – Categoria de Análise. Parâmetros técnicos. G4	136
Quadro 14 – Categoria de Análise. Aspectos psicofisiológicos da interação com a luz. G4	142
Quadro 15 – Categoria de Análise. Compreensão conceitual, aplicação adequada e contextualizada da TCC e do IRC. G4	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENGE	Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
AS	Aprendizagem Significativa
CA	Corrente Alternada
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento Profissional de Nível Superior do Ministério da Educação
CIE	<i>Comission Internationale de Eclairage</i> (Comissão Internacional de Iluminação)
CIE Brasil	Comitê Brasileiro de Iluminação
COBENGE	Congresso Brasileiro do Ensino de Engenharia
EsM	Ensino sob Medida
EACH	Escola de Belas Artes, Ciências e Humanidades
FAPEG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás
IFG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IpC	Instrução pelo Colegas
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	<i>Lighting Emissor Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
MA	Metodologias Ativas
OP	Organizadores Prévios
PBL	<i>Problem Based Learning</i> (Aprendizagem Baseada em Problemas)
PROCEL	Programa Nacional de Eficiência Energética
PROCEL Edifica	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações
PPGECM	Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática
REENGE	Programa de Reestruturação do Ensino de Engenharia

SAD	Transtorno Afetivo Sazonal
SD	Sequência Didática
SI	Sistema Internacional de Unidades
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TC	Testes Conceituais
TCC	Temperatura de Cor Correlata
TL	Tarefas de Leitura
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UFG	Universidade Federal de Goiás
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	16
1	ESTUDOS INICIAIS	24
1.1	Origem da produção da luz	24
1.2	Luminotécnica.....	27
1.2.1	Efeitos visuais e não visuais da luz	29
1.2.2	A luz visível.....	30
1.2.3	Luz: visão, cognição e comportamento	30
1.2.4	Medição da Luz – grandezas e unidades fotométricas	32
1.2.5	A cor na Luz – grandezas e unidades colorimétricas	37
1.2.5.1	<i>Temperatura de Cor Correlata</i>	37
1.2.5.2	<i>Índice de Reprodução de Cor</i>	41
1.2.6	Distribuição Espectral da Fonte	43
1.2.7	Aspectos fisiológicos da visão humana.....	43
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	49
2.1	<i>Ensino de Engenharia: configuração histórica e a necessidade de novas propostas metodológicas</i>	49
2.2	<i>Metodologias Ativas</i>	52
2.2.1	Instrução pelos Colegas.....	57
2.2.2	Ensino sob Medida.....	61
2.2.3	Aprendizagem Baseada em Problemas.....	63
2.3	<i>A Sequência Didática</i>	71
2.4	<i>A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel</i>	73
2.4.1	Condições e evidências de uma AS.....	75
2.4.2	Tipos de aprendizagem significativa e teoria da Assimilação	76
2.4.3	Planejamento de um material de ensino potencialmente significativo	78
3	PERCURSO METODOLÓGICO	80
3.1	<i>O cenário da pesquisa</i>	80
3.2	<i>A elaboração de uma SD baseada segundo a TAS</i>	81
3.3	<i>O material elaborado</i>	86
3.3.1	Questionário para Sondagem dos Conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos Princípios Ondulatórios da Luz.....	88
3.3.2	Ficha para levantamento de dados para as comunicações remotas.....	89

3.3.3	Tarefas de Leitura	89
3.3.4	Testes Conceituais.....	90
3.3.5	Projeto e execução de uma bancada para o estudo de Espectroscopia de fontes de iluminação para as aulas experimentais.....	93
3.3.6	Roteiro para as aulas experimentais	94
3.3.7	Proposta de problemas para aplicação da PBL no estudo luminotécnico.....	95
3.3.8	Ficha referencial para o desenvolvimento de uma solução para um problema utilizando a PBL	96
3.3.9	Fichas referenciais para as Avaliações	96
3.4	<i>Coleta e análise de dados</i>	96
3.4.1	Fundamentos teórico-metodológicos da análise de dados.....	97
3.4.2	A coleta de dados	97
3.4.3	A análise de dados.....	99
4	RELATO DOS ENCONTROS DA SD	101
4.1	<i>E1 – Apresentação da SD, Sondagem Inicial e Aula Expositiva</i>	101
4.1.1	Preparando o E2.....	103
4.2	<i>E2 – A natureza e a composição da luz. Luz, Cores e Visão: aulas com EsM e IpC</i>	104
4.2.1	Preparando o E3	109
4.3	<i>E3 – Espectroscopia e Índice de Reprodução de Cores (IRC): EsM e Aulas Experimentais</i>	110
4.3.1	Preparando o E4	113
4.3.2	Sobre as respostas à TL3.....	116
4.4	<i>E4 – Radiação de Corpo Negro e Temperatura de Cor Correlata (TCC): aulas com EsM e IpC</i>	118
4.4.1	Preparando o E5	122
4.5	<i>E5 – Luminotécnica. Proposição do Problema de Luminotécnica, 1ª sessão tutorial da PBL</i>	122
4.5.1	E6 – 2ª sessão tutorial da PBL, Apresentação das Propostas e Avaliação ...	131
5	REFLEXÕES COM BASE NA PBL	134
5.1	<i>Reflexões com base na Análise de Conteúdo na apresentação das propostas de iluminação</i>	134
5.1.1	Análise e avaliação das propostas luminotécnicas.....	135
5.1.2	Aspectos técnicos relativos às tecnologias de iluminação.....	135

5.1.3	Aspectos psicofisiológicos da interação com a luz	141
5.1.4	Aspectos de ambiência e conforto do ambiente e bem-estar dos usuários ...	144
5.1.5	Compreensão conceitual, adequação e contextualização da TCC e do IRC	147
5.1.6	Desenvolvimento de competências	152
5.1.7	Criatividade e autonomia no desenvolvimento das atividades.....	152
5.1.8	Aproximação dos alunos à comunidade	153
5.2	Reflexões sobre a experiência com a PBL na voz dos atores	154
5.2.1	Identificação com o uso das MA e adequações às áreas de estudo.....	155
5.2.2	Integração de conhecimentos entre teoria e prática	157
5.2.3	Relevância para a aprendizagem e construção do conhecimento	158
5.2.4	Motivação como facilitador da aprendizagem	160
5.2.5	O tempo como fator limitador	162
5.2.6	As interações nos grupos	163
5.2.7	A autoregulação e aprendizagem passiva.....	165
	AO FINAL, ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	167
	REFERÊNCIAS.....	170
	APÊNDICES	180

INTRODUÇÃO

Estudos evidenciam que é uma prática comum no ensino de Engenharia que os conteúdos sejam apresentados, definidos e desenvolvidos de maneira objetiva e com o uso de modelagem matemática, por meio de planilhas eletrônicas, simulações e programação computacionais, equações matemáticas manipuladas em calculadoras, entre outras ferramentas de suporte didático, (ARAUJO, 2002; MACHADO, 2004; CANOVA *et al.*, 2007).

De acordo com esses estudos, a área de Ciências Exatas atrai um público que possui identidade com a utilização de artefatos tecnológicos, por esses apresentarem afinidade com a topologia, a forma de apresentação e a metodologia aplicadas aos conteúdos de cálculo e ao estudo de fenômenos físicos. Portanto, o uso de tecnologias aplicadas não imprime significativos problemas de aceitação e de manipulação desses instrumentos. O mesmo, no entanto, não acontece em relação ao aprendizado conceitual dos conteúdos que demandam a aplicação dos instrumentos (MACHADO, 2004; CANOVA *et al.*, 2007).

Historicamente, nas salas de aula dos cursos de Engenharia, o aluno é levado a creditar a solução dos problemas às equações que sintetizam os fenômenos (JARROSSON, 1996; BAZZO, 1998). Esta postura pragmática atribui aos engenheiros a identidade de bons calculistas e de solucionadores de problemas de modo objetivo (MACHADO, 2004; CANOVA *et al.*, 2007). No que diz respeito às situações que sejam descritas integralmente por uma equação, essa postura apresenta uma eficiente sistematização. No entanto, a contestação e a fragilidade desse pragmatismo se evidenciam no fato de que os problemas e os conflitos da vida profissional, em sua maioria, possuem características para além das exclusivamente técnicas, pois são de natureza concreta, com desdobramentos sociais e econômicos (BAZZO, 1998).

O termo ‘tecnicismo histórico’ é utilizado por Bazzo (1998) para denotar a tradição intelectual na qual se tem processado a aplicação da Engenharia, na postura de abster-se da preocupação da relação de envolvimento com as Ciências Sociais e com os conflitos e implicações tratados por estas Ciências. Esse tecnicismo pode ser constatado na formação dos alunos nos cursos regulares de Engenharia, onde se observa a ênfase do ensino em valorizar, prioritariamente, os resultados e as aplicações, em comparação aos processos envolvidos na obtenção daqueles. Em consequência, isso desencadeia um

processo de menor valorização da aprendizagem conceitual, em relação aos processos de cálculo (BAZZO, 1998).

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Engenharia:

O perfil dos egressos de um curso de Engenharia compreenderá uma sólida formação técnico-científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (BRASIL, 2002, p. 4).

Em relação à prática pedagógica, o estudo e o ensino de Engenharia concentram-se na aplicação de conhecimentos técnicos e científicos (BAZZO, 1998). No entanto, a postura tecnicista evidencia a carência por um debate acerca da necessidade de uma cultura epistemológica e interdisciplinar para o ensino de Engenharia. É latente a primordialidade de rever seus métodos e objetivos, com a clara intenção de proporcionar uma reflexão sobre a complexidade da realidade social e contemporânea em que estão inseridos estes cursos e seus agentes.

A Engenharia foi historicamente edificada e fortalecida no contexto de ciência moderna, por conseguinte, urge um olhar por uma lente reflexiva (JARROSON, 1996). Não se trata de refrear o mérito instrumental. Mas, não é mais suficiente manter as bases do ensino de Engenharia no reducionismo advindo das revoluções tecnológicas do século XIX em meio às transformações da Revolução Industrial (JARROSSON, 1996; BAZZO, 1998).

Em face do apresentado, se faz necessário numa proposta de interpretação múltipla do ensino de Engenharia. Nesse contexto buscamos compreender os problemas em nossa realidade de estudo. A primordial motivação desta pesquisa tem origem em duas paixões e uma angústia. Surgiu¹ da união do exercício de ensinar e do engenho de elaborar projetos de iluminação, em face da carência que observei ao longo dos anos de docência, da compreensão conceitual dos alunos de Engenharia, na disciplina de Instalações Elétricas.

Nessa disciplina, entre outros assuntos, estudamos o conteúdo de Luminotécnica, que reúne as propriedades técnicas e de qualidade da luz visível que

¹ Justifico o uso da fala em primeira pessoa, para apresentar a minha motivação pessoal como professora, e neste trabalho como pesquisadora, do desenvolvimento deste estudo a partir da experiência docente pela qual passei ao longo dos anos, no ensino de Luminotécnica.

proporcionem aos usuários acuidade e conforto visuais, desempenho de tarefas, requisitos para a saúde por meio das influências psicofisiológicas da luz sobre o organismo humano, parâmetros de custo e consumo de energia elétrica, entre outras especificidades relevantes. Após as definições físicas, e de qualidade e conforto, são apresentados os métodos matemáticos de tratamento e quantificação da luz necessários à execução de tarefas específicas. A compilação desses estudos configura o projeto luminotécnico nas atividades da disciplina.

Percebi, com o passar dos anos, que, ao final da disciplina de Instalações Elétricas, ou mesmo em entrevistas realizadas um ano após sua conclusão, quando reencontrava os alunos na disciplina de Instalações Industriais, os procedimentos para o equacionamento algébrico e para a manipulação de ferramentas computacionais exigidos para os métodos luminotécnicos não apresentavam obstáculos consideráveis aos alunos. No entanto, manifestava-se uma notória dificuldade de interpretação conceitual das variáveis e dos resultados por eles obtidos. Quando questionados sobre os valores propostos nos projetos, os futuros engenheiros evidenciavam uma limitação em identificar os equívocos conceituais cometidos ou as implicações de uso, benefícios ou deficiências das propostas. Os estudantes projetam a iluminação, mas não demonstram compreender os resultados dos projetos como uma solução para atendimento às especificidades técnicas das instalações e psicofisiológicas dos usuários. É desejável que os alunos apresentem uma visão contemplando o comprometimento com a solução tecnicamente viável e socialmente adequada.

Esta interpretação corrobora a de Martau e Luz (2012), baseadas em estudos de Willian Lam (1986), que supera a visão de projeto de iluminação como atendimento à iluminâncias mínimas para a realização de tarefas e passa a considerar a qualidade, em detrimento de se restringir a quantidade de iluminação,

Estes estudos impulsionaram essa mentalidade, pesquisando a fundo o impacto emocional e psicológico da iluminação sobre os usuários. Novos critérios para o projeto de iluminação foram esboçados, baseados na ideia de que é a informação contida no estímulo luminoso, e não a sua intensidade, o fundamental para entender como um indivíduo avalia um ambiente como bom ou ruim, o que valorizou o papel da iluminação na arquitetura (LAM, 1986, apud MARTAU; LUZ, 2012, p. 38).

Em concordância com a proposta de ressignificar aos estudantes a compreensão da luz, consideramos de suma importância compreender a Física intrínseca aos estudos Luminotécnicos. Junto com a importância da compreensão do desenvolvimento técnico e

científico, os estudos da Física Clássica e da Física Moderna e Contemporânea (FMC) ajudam a sedimentar as grandezas colorimétricas e fotométricas da luz (COSTA, 2013).

A FMC se mostra pouco presente nas disciplinas do núcleo de conteúdos básicos² dos cursos de Engenharia. Mesmo sendo relevantes, conforme Lemes e Junio (2011) ressaltam, estes conceitos são minimamente explorados nestes cursos. Para além do desenvolvimento de artefatos tecnológicos, há que se reconhecer sua singularidade no processo de desenvolvimento científico da humanidade a partir dos conhecimentos relativos à FMC.

A importância da FMC na formação de engenheiros no Brasil não se limita ao alto volume de recursos advindos da aplicação desses conhecimentos, mas principalmente porque com a Teoria Quântica, por exemplo, tornou-se possível grandes avanços tecnológicos, como o microscópio eletrônico, o laser e o transistor, este sendo base para revoluções tecnocientíficas recentes. Este catálogo de triunfos singulariza a Teoria Quântica como uma teoria verdadeiramente notável, uma teoria que descreve o mundo a um nível de precisão e de detalhes sem precedentes na Ciência (LEMES; JUNIO, 2011, p. 25).

Pela teoria quântica, por exemplo, fundamenta-se o funcionamento da mais promissora tecnologia de iluminação artificial utilizada atualmente: na primeira metade do século XXI, a tecnologia de iluminação por Diodos Emissores de Luz – *Light Emitting Diode* – (LED). No campo da microeletrônica, citamos como exemplos pontuais os dispositivos microcontrolados e os processadores lógicos digitais que permitem controlar grandezas elétricas, como potência, tensão e corrente, de modo a possibilitar o uso de LED e outras tecnologias revolucionárias. Lemes e Junio (2011) alertam para a importância e a necessidade da inserção de conteúdos da FMC na formação dos engenheiros. Esses autores atribuem a pouca presença de conteúdos de FMC nos currículos de Engenharia no Brasil ao fato de o país não ter uma cultura de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Acreditamos, verdadeiramente, na importância – e nos animamos com as possíveis contribuições para a construção de significados – que conceitos explicados sob a perspectiva da Física podem agregar à aprendizagem conceitual em Luminotécnica. Em proposição à resignificação conceitual dos projetos de iluminação, concordamos com Bazzo (1998) e Anastasiou e Alves (2004), quanto à legitimidade da preocupação com a

² Conteúdos básicos dos cursos de Engenharia. Metodologia Científica e Tecnológica, Comunicação e Expressão, Informática, Expressão Gráfica, Matemática, Física, Fenômenos de Transporte, Mecânica dos Sólidos, Eletricidade Aplicada, Química, Ciência e Tecnologia dos Materiais, Administração, Economia, Ciências do Ambiente, Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania (BRASIL, 2002).

busca por metodologias de ensino e formação que superem essa visão limitada à modelagem técnica e matemática e que esclareçam a real necessidade da compreensão e da apropriação conceitual dos fenômenos.

As Metodologias Ativas (MA) sustentam que o aluno deve ser sujeito ativo em seu processo de aprendizagem, e o professor um orientador e organizador do processo, proporcionando àquele, condições para o estudante se aproprie do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades importantes à resolução de problemas (RIBEIRO, 2005; TRACTENBERG, 2011).

O interesse pelas MA instiga pensadores da Educação há décadas. Tractenberg (2011) relata que, na década de 1950, uma parceria entre pesquisadores da Universidade de *Harvard* e escolas públicas de *Massachusetts* criaram o termo “*team teaching*” para conceituar o ensino em equipe. Esse projeto desencadeou investigações entre 1957 e 1963 a respeito do ensino em colaboração ao longo dos anos seguintes, nos vários níveis de ensino, desde as séries iniciais, na Educação Infantil até o Ensino Superior, inclusive em projetos de Educação Especial (TRACTENBERG, 2011).

As MA vêm ao encontro dos resultados esperados para os contextos que se apresentam nos anos iniciais do século XXI, uma vez que as habilidades pessoais desenvolvidas nas correlações entre os estudantes – incentivadas nessas metodologias e valorizadas nos ambientes profissionais – são pouco objetivadas e evidenciadas nas práticas de ensino reconhecidas como tradicionais (TRONCARELLI; FARIA, 2014).

Nos estudos de Araujo e Mazur (2013), Barbosa (2008), Ribeiro (2005), Vieira (2014) encontra-se um campo de aplicações que justificam e que provocam esse pensar a respeito da aplicação de MA no ensino de Engenharia, como formas propícias de reduzir os problemas de apropriação de conceitos e ressignificar as relações entre os alunos e os conteúdos. Os estudos de Araujo e Mazur (2013) e Vieira (2014) mostram que o aluno que se entende como agente ativo em seu processo de aprendizagem desenvolverá habilidades cognitivas para construção do conhecimento em outros níveis acadêmicos e áreas fora dos conteúdos ministrados em sala de aula, contribuindo, assim, para melhoria de seu desempenho profissional e pessoal.

Dentre as diferentes MA destacamos aquelas que possuem objetivos afins com os propostos neste trabalho: a Instrução pelos Colegas (IpC)³, a Ensino sob Medida (EsM)⁴ e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)⁵. A IpC tem como objetivo

³ Do Inglês, *Peer Instruction* (MAZUR, 2015).

⁴ Do Inglês, *Just-in-Time Teaching* (VIEIRA, 2014).

promover o engajamento cognitivo⁶ dos estudantes no seu processo de aprendizagem, de forma que compreendam os conceitos estudados de modo mais significativo (MAZUR, 2015). A EsM visa promover a responsabilidade dos estudantes e revelar suas concepções prévias, possibilitando desenvolver um ensino personalizado (VIEIRA 2014). Por fim, a PBL objetiva estimular a criticidade e as habilidades de solução de problemas e a aprendizagem de conceitos fundamentais, por meio da apresentação de situações-problema que se aproximam daquelas encontradas nos cotidianos profissionais (RIBEIRO, 2005).

Segundo Ribeiro (2007, p. 12), “O estudo do potencial de cada metodologia ativa pode desencadear possíveis intervenções em currículos de ensino de graduação na área de Engenharia ou pelo menos, possibilitar que a comunidade acadêmica possa refletir o ensino de graduação.” Nesta pesquisa, entendemos que estudar iluminação, a forma como a utilizamos e somos por ela influenciados, inicia-se com a compreensão dos princípios físicos que a compõem e evolui no sentido do entendimento da interação desta com as atividades psicofisiológicas e culturais humanas. Entender e correlacionar estes elementos proporciona a elaboração de uma proposta de iluminação adequada (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015).

Assumindo como pressuposto que as MA se apresentam como uma proposta educacional com potencialidade para promover a apreensão de conteúdos nos processos educativos, esta pesquisa busca identificar: quais as possíveis contribuições do uso dessas metodologias para a aprendizagem significativa de Luminotécnica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) – Câmpus Jataí?

Para responder à questão de pesquisa definimos o objetivo principal deste estudo: elaborar, propor, investigar e analisar as possíveis contribuições de uma Sequência Didática (SD) que tenha potencial para proporcionar a compreensão conceitual e o desenvolvimento de uma proposta luminotécnica adequada.

Para alcançar esse intento, traçamos os objetivos específicos, a seguir apresentados:

- selecionar os conteúdos de Física relevantes para o melhor entendimento dos conceitos de Luminotécnica.

⁵ Do Inglês, *Problem Based Learning* (PBL) (RIBEIRO, 2005). Nesta pesquisa optamos por manter a sigla em Inglês pela ampla utilização que este formato aparece nas referências das pesquisas que embasaram este estudo.

- propiciar a compreensão conceitual dos princípios físicos que explicam as grandezas do estudo de Luminotécnica e a importância de elaborar uma proposta de iluminação adequada, do ponto de vista técnico e de interação psicofisiológica com os usuários do ambiente;
- elaborar uma SD visando uma aprendizagem significativa dos projetos de iluminação, por meio da inserção de conteúdos de Física selecionados e do uso de MA que possam contribuir para a compreensão conceitual, na disciplina de Instalações Elétricas, aos alunos de Engenharia, do IFG – Câmpus Jataí.
- avaliar e analisar as possíveis contribuições da SD para a apropriação dos conceitos luminotécnicos de forma significativa, e para a aplicação destes conceitos na elaboração de propostas de iluminação.
- analisar se a SD possibilitou evidenciar aos alunos a importância de pensar a solução de iluminação a ser projetada por eles como um propósito de atendimento e benefício à sociedade, contemplando características técnicas e psicofisiológicas dos usuários, para além da resolução de equações.
- estimular o desenvolvimento de habilidades que sejam importantes na formação dos futuros engenheiros, como a resolução de problemas de modo coletivo, a argumentação e a pesquisa para a resolução de problemas.
- analisar a experiência com a PBL, e buscar semelhanças e particularidades da PBL na SD proposta e os resultados de pesquisas encontrados na literatura, a partir da voz dos alunos.
- contribuir com informações que fomentem o debate por metodologias de ensino alternativas ao ensino dito tradicional, como possibilidades pedagógicas em busca de melhorias no ensino de Engenharia.

Apresentamos a seguir, a estrutura pela qual organizamos esta dissertação. No Capítulo 1, apresentamos o estudo de Luminotécnica que contempla características visuais e não visuais, grandezas fotométricas e colorimétricas, que são de fundamental importância ao uso da luz na interação humana.

No Capítulo 2, revisamos a historicidade que caracteriza o ensino de Engenharia, e apresentamos os estudos sobre as MA, em especial, as que foram utilizadas na elaboração e aplicação desta pesquisa – EsM, Ipc e PBL, bem como a fundamentação

⁶ “O engajamento cognitivo relaciona-se ao investimento psicológico do estudante na aprendizagem. Ele é marcado pelo esforço empreendido para atingir níveis mais elevados de compreensão sobre determinado assunto.” (FARIA; VAZ, 2011, p. 2).

teórica que aborda o conceito de SD e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Ausubel, que fundamentou a SD.

O Percorso Metodológico, exposto no Capítulo 3, explicita a elaboração da SD, o material desenvolvido a partir de uma abordagem da TAS e os instrumentos de coleta e análise de dados da pesquisa. A SD e o material didático seguem ambos apresentados integralmente nos Apêndices, para clareza e fluidez do texto.

No Capítulo 4, descrevemos a aplicação da SD em uma turma de Engenharia Civil, realizada no segundo semestre do ano letivo de 2016.

A partir do desenvolvimento e da aplicação da SD, são apresentadas no Capítulo 5 na observação da apresentação das propostas da PBL, as análises de aprendizagem de Luminotécnica e a avaliação pelos alunos da experiência com a metodologia.

Ao final, no último capítulo, compartilhamos algumas considerações a respeito da experiência de pesquisa, do desenvolvimento e da aplicação.

1 ESTUDOS INICIAIS

Neste capítulo inicial estão apresentados os estudos da literatura relevantes ao embasamento desta pesquisa. Na seção 1.1, considerando a relevância do desenvolvimento histórico e científico, fazemos uma breve passagem pela origem da produção de luz pelo homem. Na seção 1.2, nos dedicamos à apresentação do estudo de Luminotécnica – da compreensão da luz à importância de seus efeitos sobre a fisiologia, a cognição e o comportamento humanos. Ainda nesta seção, ressaltamos a intrínseca relação destes elementos para o entendimento de se projetar adequadamente a iluminação e de aplicá-lo na elaboração de propostas luminotécnicas.

1.1 Origem da produção da luz

Inicialmente, pontuamos sobre o processo histórico que explica o envolvimento da relação humana com a iluminação artificial. A história da origem e desenvolvimento da produção da luz se mescla ao desenvolvimento da própria humanidade. A descoberta e domínio do fogo proporcionaram ao homem não apenas conforto – com a luz, o calor e o cozimento – como também proteção e segurança (SALVETTI, 2008; COSTA, 2013).

De seus primórdios às tecnologias atuais, a produção da luz artificial pode ser organizada em quatro etapas de gerações térmicas. Da primeira – com base na própria chama, da fogueira ao desenvolvimento da vela e lâmpadas a óleo; passando às duas seguintes, o lampião com camisa⁷ e a lâmpada incandescente, criada pelo americano Thomas A. Edison, em 1879; chegando à quarta geração de lâmpadas de descarga, em 1901, e às fluorescentes, em 1933 (COSTA, 2013).

O Quadro 1, adaptado de Costa (2013), apresenta uma linha temporal das etapas da produção da luz e salienta os desafios tecnológicos à época de cada uma das tecnologias de iluminação criadas. Consideramos necessário realçar o desenvolvimento científico a partir da descoberta de Thomas A. Edson, da primeira fonte elétrica de luz, e as contribuições de outros contínuos estudos para obter fontes de luz artificial melhores, a partir das incompletudes dos modelos anteriores.

A própria lâmpada incandescente de Thomas A. Edson somente passou a ser produzida com durabilidade e quantidade de luz comercialmente consideráveis para a

⁷ Considerado como sendo a primeira lâmpada, pelo físico suíço Armie Argand, em 1784, que emprestou seu nome aos primeiros artefatos luminosos.

iluminação a partir dos trabalhos do físico e engenheiro eletricista Willian David Coolidge com o desenvolvimento de um filamento dúctil de tungstênio (AZEVEDO; NUNES, 2015). A ciência não se faz de saltos qualitativos, mas de processos evolutivos contínuos, apoiados nos saberes anteriores, não os negando, mas deles se valendo, estruturados tacitamente em seus alicerces, e de modo criativo, fazendo crescer e evoluir a humanidade (BOHM; PEAT, 1989).

Quadro 1 – Etapas evolutivas da produção da luz

ANO	FONTE LUMINOSA	DESAFIO TECNOLÓGICO
	DOMÍNIO DO FOGO	
?	Descoberta do fogo	Como iniciar?
500000 a. C.	Fogueira	Como controlar?
200000 a.C.	Tocha	Como manter?
20000 a.C.	Lâmpada a óleo animal	Como facilitar transporte?
Século I	Vela de cera	Como ter em quantidade?
1780	Vela de Espermacete	Como popularizar?
1784	Lâmpião Argand	Como usar em via pública?
1803	Lâmpião a gás de carvão?	Como aumentar Intensidade?
	DOMÍNIO DA ELETRICIDADE	
1808	Arco voltaico	Como manter constante o arco?
1830	Vela parafínica	- fim -
1847	Lâmpião de óleo parafínico	Como aumentar a luz?
1878	Lâmpião de óleo incandescente de carvão	Como aumentar a vida útil?
1880	Arco voltaico controlado	Como aumentar a segurança?
1887	Lâmpião com camisa	- fim -
1893	Arco voltaico encapsulado	- fim -
1901	Lâmpada a vapor baixa pressão	Como alimentar em CA?
1902	Lâmpada incandescente de ósmio	Como baratear o filamento?
1906	Lâmpada incandescente de tântalo	Como evitar a quebra do filamento?
1907	Lâmpada incandescente tungstênio	Como aumentar o filamento?
1908	Lâmpada vapor de mercúrio alta pressão	Como evitar a alta radiação UV?
1912	Lâmpada incandescente tungstênio espiral	Como aumentar a eficiência?
1931	Lâmpada vapor de sódio baixa pressão	Como alimentar em CA?
1932	Lâmpada fluorescente	Como melhorar a reprodução de cor?
1933	Lâmpada incandescente espiral dupla	Como aumentar mais a eficiência?
1933	Lâmpada vapor de sódio baixa pressão	Como melhorar a reprodução de cor?
1934	Lâmpada incandescente espiral tripla	Como economizar energia?
1935	Lâmpada vapor de mercúrio alta pressão	Como melhorar a reprodução de cor?
1941	Lâmpada de luz mista	Como montar em qualquer posição?
1955	Lâmpada vapor de sódio alta pressão	Como sintetizar o alumínio?
1959	Lâmpada incandescente halógena	Como direcionar o calor da irradiado?
1962	Comercialização do LED para sinalização	Como melhorar sua eficiência?
1964	Lâmpada vapor a iodetos metálicos	Como acender rapidamente?
1965	Lâmpada vapor de sódio alta pressão	Como melhorar a reprodução de cor?
	CHOQUE DO PETRÓLEO	
1973	Lâmpada fluorescente de pós-emissivos	Como melhorar sua eficácia?
1980	Lâmpada fluorescente compacta	Como aumentar o desempenho?
1987	Lâmpada incandescente econômica	Como conscientizar o usuário?
1988	Sistemas integrados	Como popularizar?
1990	LED variadas cores	Como produzir luz branca?
1992	Lâmpada fluorescente eletrônica compacta	Como reduzir custos para vender em massa?

1994	Lâmpada de enxofre	Como criar variedade de potências par uso?
1995	Lâmpadas LED	Como aumentar o fluxo luminoso?
1996	Lâmpada fluorescente de 16 mm diâmetro	Como adaptar aos sistemas existentes?
1998	Lâmpadas LED	Como tornar mais barato?
2005	Lâmpadas LED	Como aumentar a potência com eficiência?
Dias atuais	Lâmpadas LED	Como melhorar o índice de reprodução de cores? Como melhorar a qualidade da luz?

Fonte: Adaptado de Costa (2013, p. 21).

Processo semelhante acontece com a recente tecnologia de iluminação, desde o final do século XX, a iluminação por LED. Ainda que os primeiros LED tenham sido descobertos no final dos anos de 1950 – no caso do LED vermelho – e no final dos anos 1980 – para o LED verde – a tecnologia se manteve por anos em estudo, com o uso restrito às lâmpadas de sinalização. A concretização do LED como tecnologia de iluminação, para além do uso com sinalizadores em dispositivos eletroeletrônicos, foi possível com a descoberta de produção de LED azuis, no início dos anos 1990. Esta descoberta possibilitou a criação da luz branca a partir dos componentes de LED verde, vermelho e azul (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2014).

A iluminação baseada em dispositivos de estado sólido⁸ proporcionou uma quebra de paradigma, tanto do ponto de vista da produção, quanto do uso da luz pelo homem, com redução no consumo de energia e elevada durabilidade, em comparação às fontes existentes. Esta afirmação corrobora a condecoração do prêmio Nobel de Física de 2014 ao trio de cientistas Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura, pela descoberta do LED azul, reconhecendo o quão transformador foi para a sociedade a possibilidade de obtenção de uma luz branca para produção de iluminação residencial, comercial e pública (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2014).

Concordamos com Azevedo e Nunes (2015) sobre a forma como a ciência é inerente ao processo histórico do desenvolvimento humano, e, continuamente, é renovada,

Há várias maneiras de contar a história da humanidade. Uma delas é por meio das tecnologias desenvolvidas, ao longo de milhares de anos, para criar e aperfeiçoar a iluminação artificial e, assim poder enxergar à noite ou em locais onde a luz solar é pouca ou não chega. Essa saga – que deve muito ao conhecimento científico e à criatividade de inventores – começou com o domínio do fogo e, neste momento, tem como sua principal protagonista as lâmpadas de LED. Apesar de todos os avanços, a busca por fontes de luz artificiais mais eficientes e similares

⁸ A transformação de energia elétrica em luz nos LED é feita na matéria, sendo, portanto, dita de estado sólido (*solid state*) (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2014).

à luz do Sol continua em vários laboratórios acadêmicos e industriais do mundo (AZEVEDO; NUNES, 2015, p. 38).

Na seção a seguir, considerando a importância do desenvolvimento histórico da iluminação, abordaremos o estudo de Luminotécnica.

1.2 Luminotécnica

A Luminotécnica é o campo do conhecimento que estuda a iluminação produzida por fontes artificiais e se ocupa em otimizar as características qualitativas e quantitativas dessas fontes, adequando o uso à visão, à economicidade e à exigências estéticas (COSTA, 2013).

Para elaboração de um projeto luminotécnico, é exigido, ao profissional – engenheiro, arquiteto, *light designer*⁹ – a apropriação de um acervo técnico de propriedades físicas da luz – fotométricas e colorimétricas, bem como um estudo da adequação lumínica do lugar – ambiência –, às tarefas visuais e aos usuários – influência da luz sobre o comportamento, a saúde e o bem-estar destes (BRONDANI, 2006; TREGENZA; LOE, 2015).

Para normatização e orientações de projetos e características luminotécnicas, foi criada a Comissão Internacional de Iluminação (CIE)¹⁰ é a entidade que rege e regulamenta os documentos relativos à iluminação. Fundada em 1913, com sede em Viena na Áustria, a entidade, recebe o reconhecimento de diversos organismos internacionais – como a Organização Internacional de Normalização (ISO¹¹) e a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC¹²) – sendo, oficialmente, o órgão regulamentador na área da ciência de metrologia da luz e da cor, aos quais estão submetidos, por exemplo, institutos que regem a fabricação de produtos. Mais de sessenta países integram a CIE. No Brasil, desde 2002, a representação da comissão recebe o nome de CIE Brasil¹³, sendo composta por uma divisão de Metrologia Óptica, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e atuando em programas de qualidade e gestão de eficiência energética como Programa Nacional de Eficiência Energética (PROCEL) e Programa Nacional de Eficiência Energética em

⁹ Profissional especializado no desenvolvimento de projetos luminotécnicos. A profissão está em fase de regulamentação no Brasil.

¹⁰ Do Inglês, *Commission Internationale de Eclairage*.

¹¹ Do Inglês, *International Organization for Standardization*.

¹² Do Inglês, *International Electrotechnical Commission*.

¹³ Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/>>. Acesso em: 21 mar. 2017.

Edificações (PROCEL Edifica) (BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2002; CAVALLO, 2006).

Estas normatizações integram o estudo de Luminotécnica, que faz parte da disciplina de Instalações Elétricas, no curso de Engenharia Civil, que contempla, entre outros assuntos, a compreensão do ato de projetar e das fontes artificiais de iluminação, o dimensionamento dessas fontes e a forma como estas podem interatuar e serem utilizadas pela sociedade. Portanto, conhecer os princípios físicos, tecnológicos, ambientais e normativos que envolvem um projeto de iluminação – suas aplicações e implicações – possibilitam a elaboração de uma proposta luminotécnica adequada (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015; INNES, 2016).

Neste entendimento, as exigências de qualidade das formas de iluminação dão origem ao ramo, que, posteriormente, intitulou-se Engenharia de Iluminação, juntamente com a eletricidade, a iluminação artificial se desenvolveu de modo a criar condições de suprimento às necessidades humanas essenciais existentes e em contínuo desenvolvimento (COSTA, 2013).

Costa (2013, p. 33) destaca “O homem tem visão integral, ligada à arte e à técnica; visão não apenas depende da luz, mas da totalidade do espaço percebido pelo indivíduo.”. É importante, então, compreender e controlar a luz, com sua natureza física e sua interpretação subjetiva pelo homem – como a percepção do espaço e os efeitos psicológicos da interação humana com a luz. Passa-se a estudar e a desenvolver preocupações com a acuidade visual, a reprodução de cores, a direção e distribuição espacial da luz, os efeitos funcionais e decorativos e o compromisso com a economicidade e o não desperdício de energia (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015; INNES, 2016).

No que compete à relevância do desenvolvimento de pesquisas sobre a luz e sua correta forma de utilização, ressaltamos que o ano de 2015 foi escolhido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) como Ano Internacional da Luz. Em documento, publicou, “A luz exerce um papel essencial no nosso cotidiano e é uma disciplina científica transversal obrigatória para o século XXI” (UNESCO, 2015, s/p). Segundo a entidade, a escolha da comemoração foi uma forma de reconhecimento à importância da luz e das tecnologias ópticas como potenciais promotoras do desenvolvimento sustentável das sociedades, em múltiplas áreas, como a energia, a comunicação, a educação, a saúde e a produção agrícola.

1.2.1 Efeitos visuais e não visuais da luz

O desafio inerente às propostas luminotécnicas é evidenciado pela necessidade de se construir uma solução que considere elementos técnicos e variáveis abstratas em um projeto (COSTA, 2013). Segundo Costa (2013, p. 17), “Verifica-se, então, que a Engenharia de Iluminação acrescenta fatores que não são comuns no ramo da Engenharia convencional, como a subjetividade da decoração e a influência psicológica no convívio diário com os indivíduos.”.

Esta subjetividade não habitual aos cursos de Engenharia, se expressa em Luminotécnica na interação entre os conhecimentos científicos e outros que envolvem comportamento humano e arte, por exemplo (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015). A relação entre ciência e arte é considerada como uma forma de compreender os problemas como algo mais próximo de sua totalidade, que foi perdida desde os tempos da humanidade antiga (BOHM, 2011). O reconhecido físico David Bohm, em seu livro sobre a criatividade pontua,

Naquela época, o homem teria grande necessidade de assimilar suas experiências de um vasto Universo – necessidade de sistematizar e relacionar-se com esse Universo, em vez de simplesmente reagir a ele. Nessas circunstâncias, os impulsos latentes que hoje procuramos como ciência, arte e religião, provavelmente teriam sido um movimento de percepção e reação unificado ao mundo que nos rodeia. Essa conexão latente, ainda existe, mas quer atenção e investigação de uma maneira produtiva para os tempos modernos (BOHM, 2011, p. 20).

A Luminotécnica se traduz numa ciência multidisciplinar, como denomina Costa (2013), quando se refere à característica de unir várias disciplinas em busca de um objetivo final, reunindo, de um lado, a técnica e as tecnologias de produção da luz, e de outro, a sua utilização. Esta última, para além das Ciências Exatas, envolve a Arte, a Psicologia, a Fisiologia Humana, no corpo das Ciências Humanas e Sociais (COSTA, 2013).

Referindo-se referindo a essa característica do estudo Luminotécnico, Tregenza e Loe (2015) comparam-no, metaforicamente, a uma orquestra com seus múltiplos elementos que devem ser harmonizados. Os compositores se preocupam em conhecer os sons produzidos pela voz e pelos instrumentos, e, ainda, os efeitos que a melodia, o ritmo, as notas, despertam nos ouvintes. A partir desta analogia, os autores preconizam ser necessário que o projetista conheça a luz – e seus efeitos na interação humana e com o

ambiente – para que, assim, possa projetar para proporcionar as condições adequadas de iluminação.

1.2.2 A luz visível

A luz visível – energia radiante na forma de ondas eletromagnéticas em frequências específicas – diferencia-se das demais ondas eletromagnéticas – como ondas de radiodifusão e telecomunicações, raios X, por exemplo – por sensibilizar o olho humano (YOUNG; FREEDMAN, 2016). No entanto, o que se vê depende, além de processos físicos externos, da atividade biológica de conexão entre os olhos e o cérebro, e da interpretação humana resultante dos processos externos e biológicos (COSTA, 2013). E, como consequência, a luz não pode ser interpretada apenas fisicamente, como energia medida em *Watts* – mas, também a partir da interação com o observador, considerando fatores subjetivos e técnicos, e que em Luminotécnica possui um vocabulário próprio, expresso por um conjunto de unidades específicas no Sistema Internacional de Unidades (SI), com expressões pouco comuns, mas tecnicamente definidas (TREGENZA; LOE, 2015).

No decorrer deste texto, abordaremos as definições de algumas dessas grandezas físicas – fotométricas e colorimétricas – de quantificação e de qualificação luminotécnica, utilizadas na SD proposta neste trabalho, que será apresentada a seguir, neste capítulo, a partir da seção 1.2.4.

De acordo com Tregenza e Loe (2015), à medida que o profissional adensa seus estudos de iluminação, outros fenômenos e propriedades físicas da luz relevantes ao projeto luminotécnico, como a reflexão, a refração, a projeção de sombras, silhuetas e contraluz; a transparência, a opacidade, os filtros, as lentes e espelhos. Estes elementos, no entanto, não fazem parte do escopo desta pesquisa.

1.2.3 Luz: visão, cognição e comportamento

A luz é um importante agente biológico e terapêutico, como destacam Tregenza e Loe (2015), pois, exerce sobre os seres vivos funções vitais de estímulo e regulação. Como parte das funções vitais orientadas pela luz, destacamos os ritmos circadianos, que são disciplinadores dos ciclos de sono, de temperatura corporal e coadjuvantes na

produção hormonal – como, por exemplo, na produção de vitamina D, necessária à produção de cálcio (VARGAS, 2012; TREGENZA; LOE, 2015).

Outra ação vital é a influência da luz sobre a produção de melatonina, hormônio produzido pelo corpo humano quando da ausência de luz. A melatonina está ligada ao bom funcionamento do sistema imunológico e aparece em pesquisas como agente anticâncer de mama, como definidor de padrões de qualidade de sono e associada à melhoria em estados de depressão, e a produção deste hormônio é influenciada pelos padrões de iluminação natural e artificial (FONSECA, 2000; VARGAS, 2012; WOOD *et al.*, 2013).

Em contrapartida aos benefícios, pesquisas alertam para a influência negativa na supressão de melatonina endógena, provocada por níveis de iluminância considerados altos nos períodos noturnos, que reduzem o sono e estimulam o estado de alerta. Como consequência à falta de sono e alteração dos ciclos circadianos, registram-se a ocorrência e os aumentos dos estados de depressão, desatenção, ansiedade e irritabilidade, em virtude das alterações humorais ativadas pela intensidade de luz em momentos de descanso (CAJOCHEN *et al.*, 2011; HIGUCHI *et al.*, 2014; WOOD *et al.*, 2013).

Um indicador da importância dos ciclos circadianos para a vida humana está no reconhecimento aos cientistas americanos Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash e Michael W. Young, por seus estudos e descobertas dos mecanismos moleculares controladores do ritmo circadiano, também chamado de relógio biológico, por meio do Prêmio Nobel de Medicina.

Os premiados explicaram "como plantas, animais e humanos adaptaram o ritmo biológico" para "sincronizá-lo com as rotações da Terra". O chamado "relógio biológico" é aplicado tanto ao "*jet lag*" que é produzido nas viagens transatlânticas, quanto à função clorofilina das plantas. Este relógio adapta a nossa fisiologia de forma "drástica" a distintas fases da vida, ao denominado ciclo circadiano, regulando desde a conduta aos níveis hormonais, a temperatura corporal e o metabolismo, explicou o júri em sua decisão (AGÊNCIA BRASIL, 2017, s/p.).

De acordo com Vargas (2012), os profissionais envolvidos com projetos de iluminação devem considerar as relações desta com as produções hormonais associadas aos ciclos circadianos – como a melatonina, a adrenalina e o cortisol – uma vez que, afetados pela luz, estes hormônios influenciarão os estados psíquico e comportamental humanos.

Em Humanos, a luz aumenta a agilidade e o desempenho, tanto de dia quanto de noite, e influencia as funções regionais do cérebro. Estes efeitos não correspondem às respostas visuais clássicas, nem envolvem a formação de imagens, mas formam um sistema que fornece respostas endócrinas, fisiológicas, neurofisiológicas e comportamentais, mais sensíveis à luz de comprimentos de ondas mais curtos do que a radiação eletromagnética com comprimentos de onda gerados no limiar, ou logo após o espectro visível (VARGAS, 2012, p. 89).

Em contrapartida, a falta de luz pode afetar condições que desencadeiam doenças psiquiátricas causadoras de depressão – como o Transtorno Afetivo Sazonal (SAD), que acomete, não somente cerca de 14 milhões de pessoas no norte europeu, como moradores de abrigos de idosos, encarcerados e trabalhadores noturnos em muitos países no mundo (FONSECA *et al.*, 2006; TREGENZA; LOE, 2015).

É necessário, pois, compreender que a construção de uma proposta de iluminação deve contemplar requisitos técnicos e normativos, e, para além destes, um arcabouço de conhecimentos da interação da luz com o ser humano,

Conceber, portanto, um sistema de iluminação adequado à tarefa visual não é apenas uma questão estética, mas uma necessidade. O desafio dos especialistas em iluminação é adotar sistemas corretos sob pontos de vista psicofisiológicos e ao mesmo tempo econômicos. A iluminação é uma necessidade permanente da atividade humana e a busca por sistemas energéticos deve ser, por consequência, uma preocupação (COSTA, 2013, p. 22).

Diante do exposto, assumimos que a luz está arraigada à sensação de segurança, conforto, ambientação, estímulos biológicos e saúde, pois incita reações físicas e emocionais nos seres humanos. Não obstante, o controle da luz e a simulação das condições naturais pelos mecanismos de iluminação artificial são de notória importância para o bem-estar da sociedade, em um ambiente construído.

1.2.4 Medição da Luz – grandezas e unidades fotométricas

É fundamental, ao profissional de iluminação conhecer as grandezas e as unidades físicas por meio das quais a luz é especificada. As grandezas em iluminação são definidas com base nas leis que regem a óptica. As unidades fotométricas descrevem a luz, enquanto fluxo de energia, em diferentes situações geométricas em espaços tridimensionais (TREGENZA; LOE, 2015).

Apesar de serem definidas no SI, as unidades e grandezas são de difícil entendimento (COSTA, 2013). Compreendê-las fisicamente e imaginar o resultado real

de um fluxo luminoso em um ambiente, a partir de uma informação, é um desafio inicial no estudo de iluminação (TREGENZA; LOE, 2015). Desta forma, é da maior importância conceber o significado físico em um sistema de iluminação artificial (COSTA, 2013).

De acordo com Costa (2013) e Tregenza e Loe (2015), são cinco conceitos e/ou unidades fotométricas básicas e que se relacionam entre si, a seguir enunciadas:

- a) Fluxo luminoso: representa o fluxo de luz de uma fonte, medido em *lúmen*, do latim, fogo, e é unidade fotométrica primeira (GUERRINI, 2010). O *lúmen* é considerado a unidade básica da luz, denotando uma quantidade mínima de energia luminosa (NOBRE, 2007). O fluxo luminoso de determinada fonte artificial (uma lâmpada, por exemplo, ou um conjunto, lâmpada e luminária) depende de sua construção física (tecnologia de funcionamento, material, dimensões físicas) e vai se depreciando ao longo do uso da lâmpada (COSTA, 2013).
- b) Intensidade Luminosa: é definida pelo fluxo luminoso em determinada direção e é expressa em candelas. Ou, ainda, uma candela é um *lúmen* por um esterradiano¹⁴ (COSTA, 2013).
- c) Iluminância: expressa a quantidade de luz em uma determinada superfície, ou seja, a densidade superficial de fluxo luminoso em um ponto nesta superfície. Desta forma, é preciso discriminar a unidade e a forma da superfície. No SI, temos o *lux*, do latim, luz, como sendo o fluxo luminoso unitário sobre uma área unitária de superfície, em metros quadrados (GUERRINI, 2010). Em termos mais específicos, a iluminância pode ser classificada de acordo com a superfície, conforme acima definida, é chamada iluminância planar. Em outras circunstâncias poderia ser iluminância esférica ou cilíndrica. A Iluminância é um dado elementar em um projeto luminotécnico, pois representa a quantidade de luz necessária para se executar determinada tarefa visual (COSTA, 2013). É utilizada como referência inicial no cálculo de iluminação e também em aferições e laudos técnicos de ambientes construídos, quando avaliados sobre o nível de iluminação adequado à realização de tarefas (TREGENZA; LOE, 2015).
- d) Luminância: refere-se à quantidade de energia luminosa de uma superfície em uma determinada direção. No SI, sua unidade é a candela por metro quadrado¹⁵,

¹⁴ Unidade de ângulo sólido, definida pelo quociente entre a área vista de uma superfície pelo quadrado da distância a partir desta superfície (COSTA, 2013).

também conhecida como *nit*, do latim claridade (GUERRINI, 2010). É devido à luminância que a visão é possível, pois como será tratado em uma seção seguinte, a energia luminosa é captada pelas células fotossensíveis do olho, que transmitem a informação ao cérebro (TREGENZA; LOE, 2015). A medida da luminância é feita por fotômetros, aparelhos medidores da luminosidade aparente, ou em outras palavras, do quão brilhante uma superfície apresenta estar. O termo “aparente” é associado à expressão de luminosidade de uma superfície, pois esta é ainda influenciada não somente pela luminância, mas também pelo estado de adaptação e padrão real do campo de visão, propriedades, estas, associadas aos olhos, sendo, portanto, pessoais e variáveis (TREGENZA; LOE, 2015).

- e) Eficiência luminosa: é a relação entre o fluxo luminoso, em lúmens, produzido e a potência elétrica consumida, em *Watt*, e, portanto, expressa em lm/W, permitindo a transformação da potência elétrica em potência luminosa, de determinada fonte de luz. A eficiência luminosa das fontes de luz está diretamente relacionada à eficiência energética dos equipamentos utilizados nos projetos luminotécnicos – lâmpadas, luminárias e equipamentos auxiliares como reatores, fontes e transformadores, por exemplo (COSTA, 2013).

As relações entre as grandezas fotométricas estão sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Grandezas fotométricas

Grandeza				Como medir
Nome	Símbolo	Significado	Unidade	
Fluxo luminoso	ϕ	Componente do fluxo radiante que gera uma resposta visual.	lm	Esfera de Ulbricht: a fonte luminosa é colocada dentro de uma grande esfera, cujo o interior é pintado de branco perfeitamente difusor. Mede-se a iluminância produzida pela luz difusa através de uma pequena abertura, protegendo os raios que saem diretamente da fonte, esta iluminância é proporcional ao fluxo luminoso emitido pela fonte.
Eficiência luminosa	η	É a razão entre o fluxo luminoso " ϕ " produzido por uma fonte e a potência "P" consumida.	lm/W	A eficiência luminosa é deduzida juntamente com a medição do fluxo luminoso com a esfera de Ulbricht, medindo-se a potência consumida pela fonte luminosa e seus equipamentos auxiliares, por meio de um wattímetro.

¹⁵ Pode ser expressa em outra unidade de área – pés quadrados, por exemplo, em países norte-americanos (GUERRINI, 2010).

Intensidade Luminosa	I	É o fluxo luminoso " ϕ " emitido por uma fonte numa certa direção, dividido pelo ângulo sólido " ω ", no qual está contido.	cd	Banco fotométrico: a fonte luminosa em exame é comparada com uma fonte de intensidade conhecida. No caso de aparelhos de iluminação, a medição é feita por meio de um fotogoniômetro: uma célula fotovoltaica gira em volta do aparelho e mede a intensidade luminosa emitida em todas as direções.
Iluminância	E	É o fluxo luminoso incidente " ϕ " numa dada superfície, dividida pela área "A" da mesma.	lux	Luxímetro: é formado por uma fotocélula que transforma a energia luminosa em energia elétrica, indicada por um galvanômetro cuja a escala está marcada em lux.
Luminância	L	É a intensidade luminosa "I" (de uma fonte ou de uma superfície iluminada) por unidade de área aparente "A" numa dada direção.	cd/m ²	Luminancímetro: aparelho que reproduz a imagem da superfície projetada e cuja a luminância deve ser medida. A energia elétrica produzida pelo fotosensor é ampliada e medida por um galvanômetro calibrado em candelas por m ² .

Fonte: Pereira e Souza, (2000, p. 20).

Importa chamar a atenção para o conceito de luminância. A luminância já foi chamada de brilho, no entanto, incorria-se em uma inconsistência conceitual. O brilho é uma resposta visual (sensitiva), ao passo que a luminância é uma excitação visual (resposta qualitativa), que possibilita notar contraste,

É a diferença de zonas claras e escuras que nos permite que se aprecie uma escultura; que se aprecie um dia de sol, com a natureza expondo todos os seus brilhos, frente a um dia nublado, cinzento. As partes sombreadas são aquelas que apresentam menor luminância em oposição às outras mais iluminadas (COSTA, 2013, p. 231).

O contraste entre a impressão em tinta preta das fontes deste texto (da ordem de 10% de refletância¹⁶) e o papel branco utilizado como suporte para a impressão (refletância da ordem de 85%) apresenta a diferença entre as luminâncias do papel e da tinta, sendo a da tinta menor. Esta disparidade possibilita uma leitura menos cansativa, pois exige uma atividade menor de adaptação da visão. Caso o contraste fosse menor, em tons próximos – cinza claro e cinza médio, por exemplo – a exigência de adaptação da visão seria maior e a laboração de leitura exigiria maior iluminância no local – mais luz – para a leitura do texto (COSTA, 2013).

¹⁶ A refletância representa a razão entre a luz refletida e a luz incidente, também conhecida como fator de reflexão (COSTA, 2013).

A fim de contribuir com uma melhor compreensão dos conceitos de luminância e iluminância, convém insistir em ilustrar seus efeitos sobre a visão, e apresentar um outro exemplo:

É a fantasia com a sua luminância abundante nas lantejoulas, nos paetês e nas pedras semipreciosas que dá vida ao personagem, mediante uma iluminação adequada e dirigida, como nos teatros, museus, desfiles; ou então é o ambiente triste criado por uma luminância uniforme nas superfícies foscas, que cria uma atmosfera cinzenta. Portanto, grande é o efeito psicológico das luminâncias no indivíduo. Quando o homem vê, compara luminâncias. Quando compara luminâncias pode ficar eufórico ou triste, estimulado ou abatido (COSTA, 2013, p. 232).

A iluminância relaciona-se à sensação de iluminamento, e devido à relevância no dimensionamento da iluminação adequada aos ambientes construídos a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) compilou uma relação da iluminância necessária às tarefas visuais, considerando os ambientes, a idade dos ocupantes, a precisão e a refletância de fundo das superfícies iluminadas. Em vigor desde março de 2013, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho¹⁷, substituiu e cancela a regulamentação anterior, ABNT NBR 5413:1992 Versão Corrigida:1992 – Iluminância de interiores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, 2013).

Há outros documentos normativos da ABNT que versam sobre a iluminação e podem ser consultados em casos direcionados, listados no Quadro 3, e estão disponíveis para comercialização pela ABNT.

Quadro 3 – Normas ABNT relativas à iluminação

Identificação	Título
ABNT NBR 5461:1991	Iluminação
ABNT NBR 15215-1:2005	Iluminação natural
ABNT NBR 10898:2013	Sistema de iluminação de emergência
ABNT NBR 5181:2013	Sistemas de iluminação de túneis — Requisitos
ABNT NBR ISO 20473:2014	Óptica e fotônica — Bandas espectrais

Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Há um acervo com dezenas de normas¹⁸ que versam sobre o desenvolvimento e os padrões mínimos de qualidade de produtos relacionados à iluminação como lâmpadas, luminárias, postes, módulos de LED, equipamentos auxiliares (reatores, fontes alimentadoras, transformadores de potência, baterias, controladores de iluminação, relés),

¹⁷ Norma brasileira com base nas regulamentações ISO propostas pelo CIE.

¹⁸ Disponíveis em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

sinalização e segurança veiculares e de aeronaves, condutores e iluminação em equipamentos eletromédicos.

Com base nas informações apresentadas, destacamos que a responsabilidade consciente dos profissionais de iluminação deve permear todo o projeto, pelo constante estudo e atualização de opções tecnológicas eficientes, e da adequada aplicação destas.

1.2.5 A cor na Luz – grandezas e unidades colorimétricas

Existe uma estreita relação entre a luz e as cores. A começar, sem a primeira, não percebemos as últimas (PEDROSA, 2013; INNES, 2016). Em projetos de iluminação a relevância se mostra, quer quando tratamos das cores da luz, quer quando nos referimos às propriedades destas de reproduzirem com determinada fidelização as cores pigmentadas nos objetos e ambientes iluminados (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015; INNES, 2016).

As duas principais grandezas colorimétricas no estudo, e, conseqüente, manipulação, das fontes de iluminação artificial são o Índice de Reprodução de Cores (IRC) e a Temperatura de Cor Correlata (TCC). O entendimento das implicações dessas grandezas no contexto que abordamos, passa pela compreensão da forma como o olho e o cérebro humanos percebem a cor (SALVETTI, 2008; COSTA, 2013; PEDROSA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015; INNES, 2016).

Ademais, a forma como cada um percebe as cores, gera controvérsias, uma vez que, a resposta aos estímulos luminosos é individual e, por vezes, contingente e intrigante por sua natureza amorfa e relações psicofisiológicas.

A cor não tem existência material. Ela é, tão somente, uma sensação provocada pela ação da luz sobre o órgão da visão. Epicuro, há mais de 2.300 anos, desenvolvendo o raciocínio de que “a cor guarda íntima relação com a luz, uma vez que, quando falta luz, não há cor”, afirmaria que a coloração dos objetos varia de acordo com a luz que os ilumina, concluindo que “os corpos não têm cor em si mesmos” (PEDROSA, 2013, p. 20).

Desta forma, faz-se necessário apresentar as definições de IRC e TCC, e explicar as estruturas básicas do olho e do mecanismo da visão humana.

1.2.5.1 Temperatura de Cor Correlata

O CIE utiliza para a definição da TCC das fontes de iluminação uma comparação referencial a um corpo negro hipotético – como, por exemplo, o filamento de

uma lâmpada incandescente – como uma fonte capaz de emitir um espectro contínuo de radiação. A TCC é indicada na unidade de temperatura absoluta, o Kelvin, tendo o símbolo de unidade K (TREGENZA; LOE, 2015).

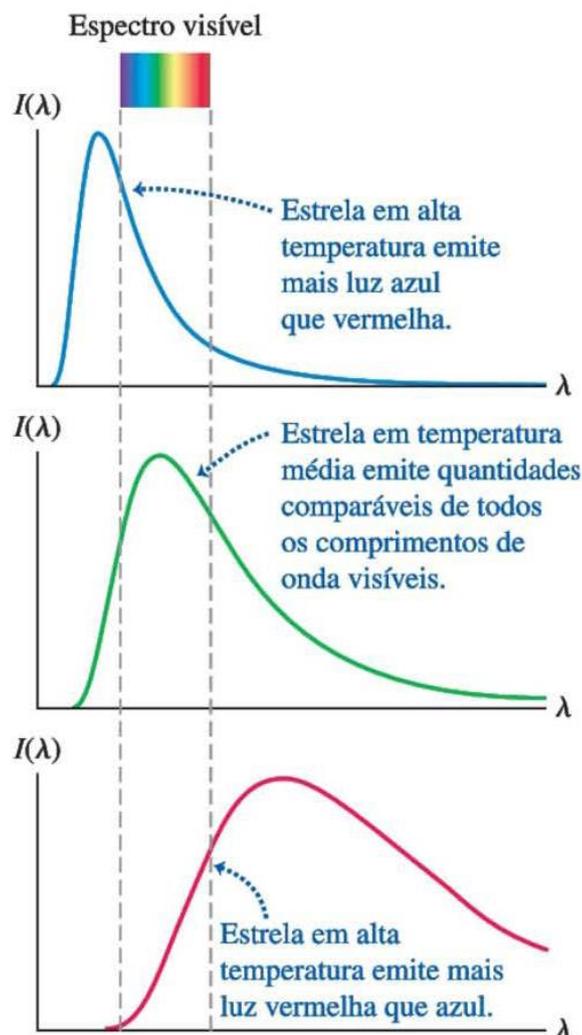
A compreensão do conceito pode ser orientada por um experimento com um radiador hipotético, uma barra de ferro, por exemplo, que é aquecida a partir da temperatura ambiente. À medida que a temperatura se eleva, a barra de ferro altera sua cor – da opacidade inicial a um tom de vermelho-alaranjado quando aquecido, com comportamento aproximando-se da Lei de *Planck* para a radiação, prosseguindo com o aquecimento, a barra de ferro irá assumir cores mais claras, até antes de sua saturação (COSTA, 2013). Para temperaturas mais altas, que não poderiam ser aplicadas à uma barra de ferro, a compreensão do conceito de TCC pode ser orientada pela observação do comportamento da radiação visível das estrelas, que possuem radiação próxima a de um corpo negro,

As estrelas (com radiação muito semelhante à de um corpo negro) possuem uma ampla faixa de temperaturas na superfície, desde 2.500 K até 30.000 K. A lei do deslocamento de *Wien*¹⁹ e a forma da curva de emissão espectral de *Planck* explicam por que essas estrelas possuem cores diferentes. Pela equação uma estrela com uma alta temperatura na superfície, digamos, 12.000 K, tem um curto comprimento de onda de pico no ultravioleta. Logo, essa estrela emite mais luz azul que luz vermelha, e ela parece ser azul ao olho. Uma estrela com uma baixa temperatura na superfície, digamos, 3.000 K, possui um longo comprimento de onda de pico no infravermelho, emite mais luz vermelha que luz azul e parece ser vermelha ao olho. Para uma estrela como o Sol, que possui uma temperatura na superfície em torno de 5.800 K, se encontra no espectro visível e a estrela parece ser branca (YOUNG; FREEDMAN, 2016, p. 262).

A figura 1 ilustra o comportamento descrito,

¹⁹ Apresentada na Tarefa de Leitura 3, Apêndice D (p. 185), como parte do material desenvolvido nesta pesquisa.

Figura 1 – Representação de cores em uma estrela e a lei de Planck

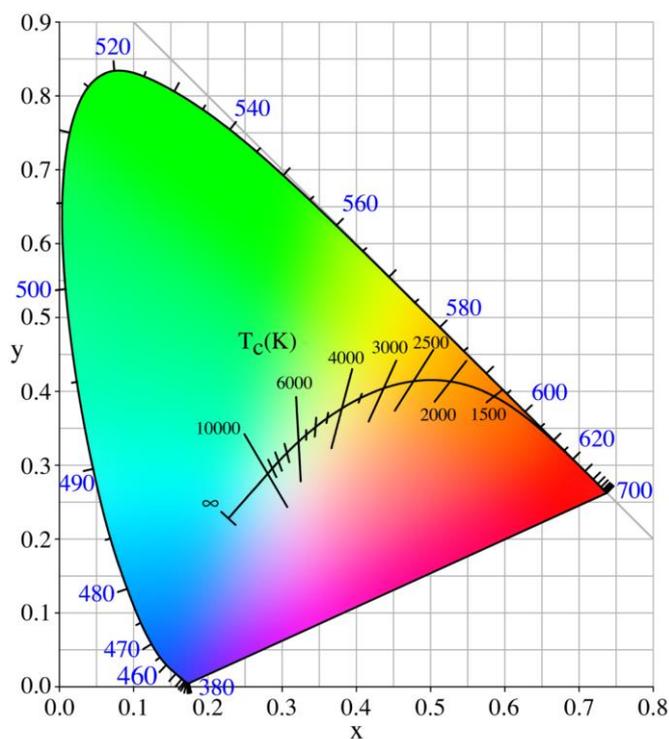


Fonte: Young e Freedman (2016, p. 232)

O CIE estabeleceu, a partir de uma observação semelhante à descrita acima, uma correlação entre a temperatura do radiador integral (corpo negro) e a cor medida apresentada, sob a denominação de TCC (COSTA, 2013). De acordo com a publicação nº 17.4 da CIE, do Vocabulário Internacional de Iluminação, a TCC de uma fonte de luz é definida como a temperatura de corpo negro (radiador ideal) que apresenta cromaticidade mais próxima do radiador testado, ou seja, que irradia luz de cor comparável à da fonte de luz (COSTA, 2013).

A figura 2 apresenta o Diagrama de Cromaticidade com a marcação da linha de radiação de corpo negro proposta pelo CIE, em 1931, no qual, as linhas de isotemperaturas representam todas as cores que determinada fonte pode reproduzir a dada temperatura (TREGENZA; LOE, 2015).

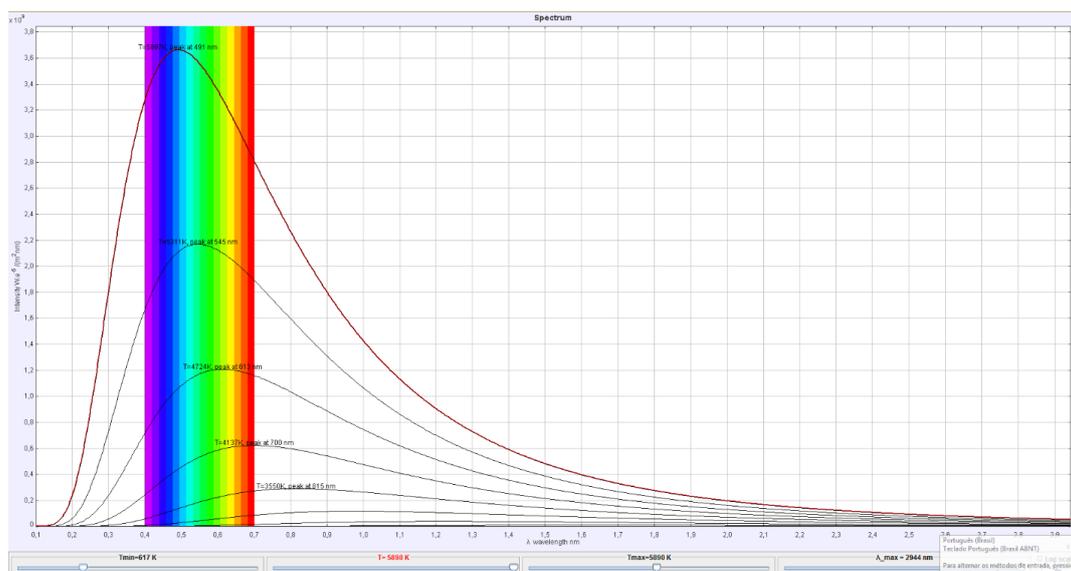
Figura 2 – Representação dos padrões de cores do Comitê Internacional de Iluminação (CIE) com base nas coordenadas x e y do radiador de Planck



Fonte: Tregenza e Loe (2015, p. 32)

A figura 3 apresenta a curva de energia espectral dos radiadores integrais, segundo a Lei de Planck, representando a densidade de energia (energia por unidade de volume) em função do comprimento de onda para quatro diferentes TCC.

Figura 3 – Simulação da radiação no corpo negro para os dados do Quadro 4



Fonte: Elaborada pela autora, 2016.

As curvas da figura 3 foram traçadas neste estudo com o simulador do PhET²⁰, para os valores indicados no quadro 4.

Quadro 4 – Valores simulados para a lei da radiação de Planck

Temperatura de Cor (K, Kelvin)	8000K	5898K	4000K	2000K	1000K	570K
Comprimento de Onda (λ , nm)	-	491	725	1447	2897	-

Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Na prática, a TCC é significativa para fontes de luz que, de fato, correspondam à radiação de um corpo negro, ou seja, aquelas que possuam cor numa variação que poderá ser de avermelhada à alaranjada, seguindo, de amarelada à branca, e após, de um branco azulado para referências de um branco prateado. Não sendo relevante para luzes coloridas, verdes, azuis, entre outras, a exemplo de letreiros luminosos (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015).

A TCC é uma característica da luz visível que tem importantes aplicações em iluminação, fotografia, cinema, publicações de revistas e livros, indústria gráfica e publicidade, astrofísica, horticultura e outros campos, e configura-se como uma grandeza essencial em projetos luminotécnicos, por fabricantes de lâmpadas, quer de produção da luz por incandescência, quer por descarga, ou LED (NOBRE, 2007; COSTA, 2013; TEIXEIRA, 2013; DARÉ, 2014; TREGENZA; LOE, 2015).

1.2.5.2 Índice de Reprodução de Cor

Ainda que a cor exista apenas na mente de quem a observa, ou seja, não há um instrumento capaz de mensurar o que os olhos detectam, e, conseqüentemente, a interpretação desta realidade pelo cérebro, ainda assim, um referencial de reprodução de cores pelas fontes de iluminação, como é o caso IRC, é importante para distinguir as tecnologias de acordo com o uso específico (COSTA, 2013). O IRC se expressa como um esforço de medir a percepção da cor avaliada pelo cérebro, de uma determinada fonte de luz, com base numa referência, de mesma TCC (COSTA, 2013). A contento, pode ser definido, segundo este autor, como:

O índice de reprodução de cor é o valor percentual médio relativo à sensação de reprodução de cor, baseado em uma série de cores padrões, simplificada, IRC e sua unidade é percentual [%]. É relativa ao

²⁰ PhET – Fundação que mantém Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

índice do radiador integral (corpo negro) que apresenta um valor de 100% (COSTA, 2013, p. 265).

O IRC nem sempre foi uma preocupação da indústria de iluminação, pois quando os artefatos eram todos incandescentes, a reprodução de cores era a mesma para qualquer que fosse a tarefa visual, ou o ambiente a ser iluminado. Esta característica foi alterada com o desenvolvimento de outros princípios de produção de luz, fomentando a necessidade de uma padronização ou a construção de um referencial pelo CIE, em 1974 (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015).

Sua obtenção pode ser apresentada de forma concisa,

Para sua obtenção um iluminante de referência deve apresentar uma temperatura de cor muito próxima ou igual à da amostra em exame. Um número de cores de referência é comparado sob a luz da amostra e do iluminante de referência, sendo calculados seus desvios relativos. Quanto menor o desvio, mais próximo de 100 estará a amostra em relação ao iluminante de referência. A quantidade de cores de referência a ser adotada dependerá da precisão requerida para a medida, podendo ser 8 ou 14. Um índice 100 corresponde a uma reprodução similar à que seria produzida por uma lâmpada incandescente; [...] Para lâmpadas incandescentes o iluminante padrão é o corpo negro (radiador integral de Planck), para lâmpadas de descarga o iluminante de referência é teórico, considerando-se como uma extensão do corpo negro (COSTA, 2013, p. 73-74).

As medidas são feitas por um espectrofotômetro²¹ das coordenadas de cromaticidade de um conjunto de superfícies de referência, contudo, o processo IRC-CIE pode apresentar imprecisões, por se tratar da média das medições, e, ainda, por não considerar a correção feita pelo cérebro na interpretação cromática com base em experiências das cores observadas em objetos anteriormente vistos (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015).

Outro ponto que pode gerar conflito ou imprecisão trata das referências para as fontes com base nos LED. Em 1974, o CIE propôs o IRC para fontes incandescentes e fontes de descarga (de alta e baixa pressão, como o caso das fluorescentes). As cores produzidas por LED podem ser muito saturadas²², o que as distanciam dos padrões de

²¹ O espectrofotômetro mede a quantidade de luz (energia radiante) incidida, absorvida ou refletida (TREGENZA; LOE, 2015)

²² Saturação da cor descreve a quantidade de cinza presente na cor, que é percebida como o índice de pureza de um matiz. Cores não saturadas são mais fracas, possuem menor cromaticidade, menor percentual de cinza. Desta forma, quando a cor apresenta um alto índice de cromaticidade, é denominada de cor viva. O matiz, por sua vez, está relacionado ao comprimento de onda no espectro eletromagnético (REZENDE JÚNIOR *et al.*, 2013).

referência. Medidas alternativas têm sido sugeridas pela CIE, enquanto este revê o sistema em vigor, objetivando adequações (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015).

1.2.6 Distribuição Espectral da Fonte

A composição da distribuição de energia ao longo do espectro de frequências, sobretudo na região do espectro visível, é uma característica física que determina a TCC e o IRC das fontes de iluminação artificiais, e, portanto, deve ser indelevelmente, considerada nos estudos luminotécnicos (BARBOSA, 2010; COSTA, 2013; DARÉ, 2014).

Para ilustrar com alguns exemplos a importância da TCC e do IRC das fontes de iluminação artificial, citamos os casos de projetos em hospitais, onde a cor da pele do paciente é um indicador a ser considerado no diagnóstico (TREGENZA; LOE, 2015); os projetos de ambientes para uso por pessoas idosas nos quais a qualidade de reprodução da cor pode minimizar os efeitos da perda de acuidade visual advindos da idade (DARÉ, 2014); e em locais desenvolvidos para a Educação Infantil, nos quais a cor do objeto pode, efetivamente, intervir e/ou estimular o desenvolvimento cognitivo de crianças em fase pré-escolar (TEIXEIRA, 2013).

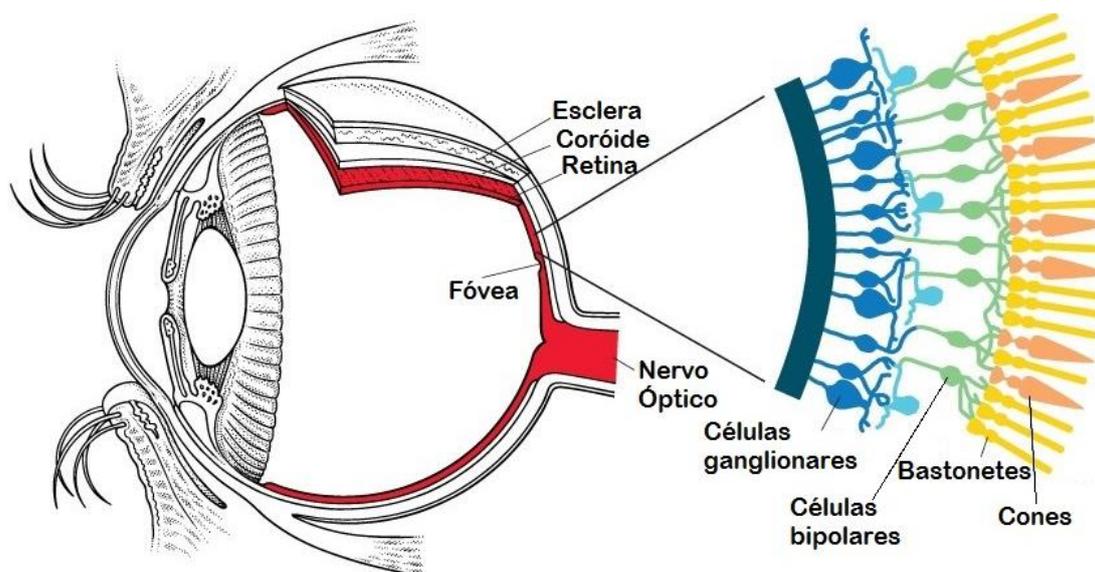
1.2.7 Aspectos fisiológicos da visão humana

Abordaremos alguns aspectos fisiológicos da visão humana e da percepção de cores que importam ao estudo luminotécnico, no que tange à avaliação das fontes de iluminação artificiais. Apresentaremos os processos relacionados à visão sob dois aspectos elementares, sendo o primeiro a anatomia básica, com as características que possibilitam a visão pela formação de imagens, por meio das estruturas biológicas e o processo físico envolvido. Num segundo momento, trataremos, juntamente com uma das grandezas colorimétricas – o IRC – o princípio físico e as sensações ocasionadas no indivíduo, como reação à luz percebida.

De modo conciso, os estudos de Salvetti (2008) e Tregenza e Loe (2015), esclarecem que o olho humano possui uma estrutura fisiológica, semelhante à apresentada na figura 4 (INLED, [2016]). Nela identificamos as camadas do olho, e em uma delas, a retina, temos as principais células fotorreceptoras de luz – os cones – e as células responsáveis pela visão de contrastes – os bastonetes –, distinguindo claro, escuro,

e a nuances entre estes dois extremos ou tons de cinza. As primeiras respondem à variação de iluminância, associada à luz do dia, e à frequência (ou comprimento de onda) associada do feixe percebido, possibilitando o que identificamos como a visão em cores, ao passo que as últimas, possibilitam a visão noturna, associada às diferentes luminâncias (COSTA, 2013; DARÉ, 2014).

Figura 4 – Células fotorreceptoras de luz no olho humano – cones e bastonetes



Fonte: INLED, [2016], s/p)

Os estudos de óptica buscando explicar como enxergamos os objetos envolvem o homem desde a Antiguidade e desde lá vêm se desenvolvendo (BRUNI; CRUZ, 2006). Em paralelo às teorias ópticas, temos os estudos relativos às cores, tanto da luz, quanto dos objetos, produzindo uma diversidade de teorias cromáticas (PEDROSA, 2013). Dentre as teorias cromáticas, a Teoria Tricromática de Cores é aceita e reconhecida mundialmente, em especial, pelo CIE²³, e, em razão disto, utilizada nos estudos de iluminação e na produção de fontes luminosas (BRUNI; CRUZ, 2006; COSTA, 2013).

A Teoria Tricromática de Cores, proposta por Thomas Young, e associada aos estudos de Hermann Von Helmholtz e James Clerk Maxwell, considera que:

A fóvea retiniana é constituída por três espécies de fibrilas nervosas (cones) capazes de receber e transmitir três sensações diferentes. O primeiro grupo dessas fibrilas é sensível prioritariamente à ação das ondas luminosas longas e produz a sensação a que damos o nome de vermelho, produzindo secundariamente as sensações do verde e do violeta. O segundo grupo é sensível prioritariamente à ação de comprimento médio que produzem a sensação a que denominamos

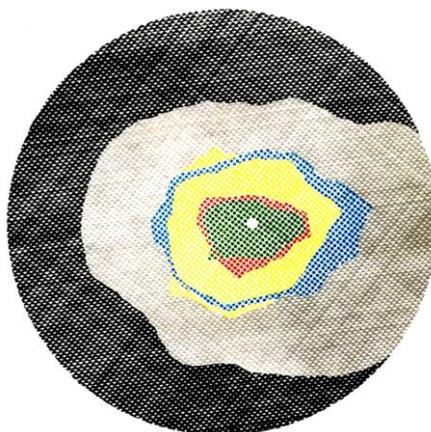
²³ Outras informações podem ser encontradas *site* do CIE, no endereço eletrônico <http://www.cie.co.at/>

verde, e secundariamente às ondas que produzem as sensações de vermelho e violeta. Enfim, o terceiro grupo é sensível prioritariamente ao violeta (azul-violetado) e secundariamente ao vermelho e verde. Quando os três grupos de fibrilas são estimulados ao mesmo tempo com uma energia aproximada, produzem a sensação do branco (PEDROSA, 2013, p. 40).

Essa interessante característica fisiológica do olho humano é utilizada, por exemplo, estimulando-se cada um dos tipos de cones, individualmente, ou combinando-se estes estímulos, produzindo efeitos de uso de luzes com alternância de cores, na mesma fonte de iluminação (COSTA, 2013).

Cones e bastonetes se diferenciam em densidade, em distribuição na retina e quanto à sensibilidade (PEDROSA, 2013). A figura 5 mostra o esquema de distribuição destas células na retina, sendo que, ao centro, observa-se o ponto cego, relativo ao nervo óptico, e, no entorno, as regiões da fóvea, onde o processo de sensibilidade cromática é desencadeado (PEDROSA, 2013). No centro, em torno do ponto cego, localizam-se os cones, e, periféricamente, estão os bastonetes, que são acromáticos e sensíveis às imagens incolores, distinguindo diferenças lumínicas e formas (PEDROSA, 2013; DARÉ, 2014).

Figura 5 – Esquematização da retina humana



Fonte: Pedrosa (2013, p. 41).

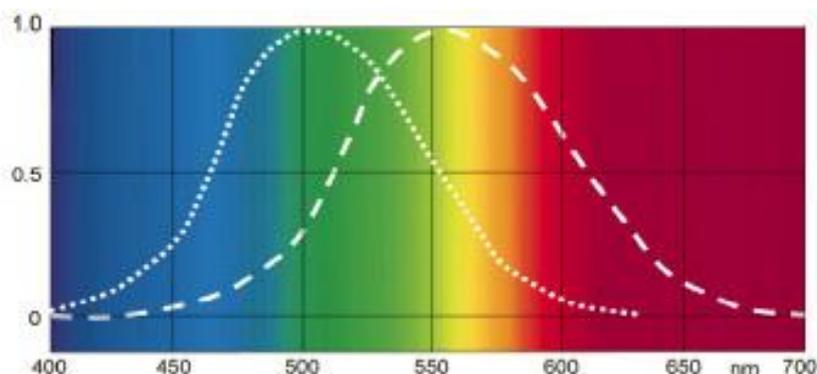
A sensibilidade cromática, ainda que seja uma característica individual, é um importante indicador de saúde oftálmica e de fatores psicológicos, como destacam Bruni e Cruz (2006, p.767), “A perfeita percepção das cores faz parte da interação do indivíduo com seu ambiente e com seu meio social”. No processo de visão, a energia dos fótons é captada pela retina, por meio de um composto químico chamado rodopsina, e é interpretada pelos cones. Estes, convertem a luz em impulsos elétricos, que são conduzidos pelo nervo óptico ao cérebro, sendo o responsável pela interpretação da

informação. A interpretação da informação é uma associação constante do processo físico e das memórias geradas pela experiência individual, e da relação com outros sentidos (COSTA, 2013; PEDROSA, 2013; DARÉ, 2014).

No âmbito da visão, além da percepção de cores e da sensibilidade ao contraste, em relação à capacidade visual de cada indivíduo, outros fenômenos estão ligados ao conjunto óptico, como adaptação, constância, acuidade visual, acomodação, convergência e velocidade de percepção (DARÉ, 2014; TREGENZA; LOE, 2015). No entanto, devido ao foco e às limitações desta pesquisa, não serão tratados neste trabalho.

A figura 6 apresenta a curva de sensibilidade relativa do olho humano sobreposta à representação do espectro eletromagnético da luz visível (TREGENZA; LOE, 2015). O CIE a denomina de *CIE Standard Photopic Observer*, ou resposta espectral do CIE. Informalmente, a curva destacada na imagem é chamada de curva V_{λ} , e expressa a relação entre lúmens e *watts*, ou entre a energia luminosa e a radiação total (TREGENZA; LOE, 2015). Desta forma, a luz que estiver no intervalo de frequência (ou comprimento de onda) mostrado na imagem na área sob a curva serão percebidas pelo olho humano. E possibilita, entre outras informações, a correspondência entre a distribuição espectral das fontes de iluminação artificial e a sensibilização do olho humano.

Figura 6 – Sensibilidade relativa do olho humano e a variação da radiação com o comprimento de onda



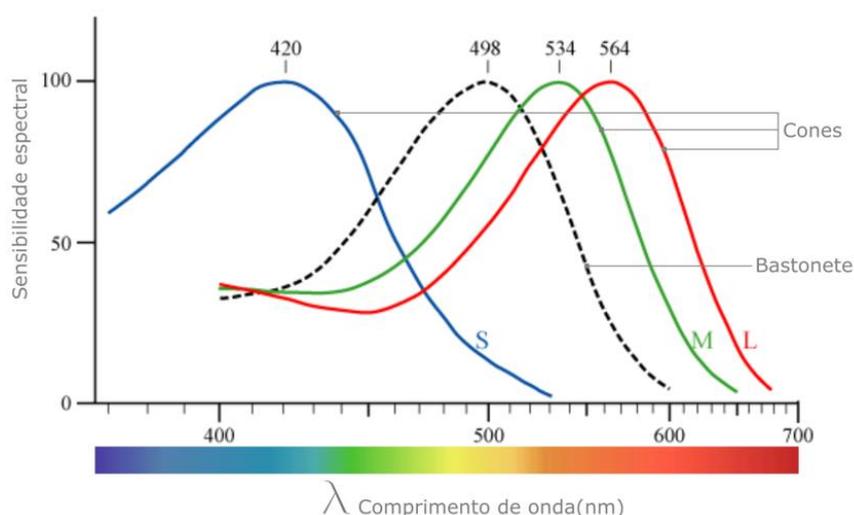
Fonte: Bommel (2010, [s.p.]).

Com base nos índices limites de luminância do ambiente estão os limites de detecção da visão, sendo classificados como visão Fotópica – possível com luminância média acima de 3cd/m^2 , estimulando os cones, ocorrendo durante o dia, e sendo responsável pela visão das cores e dos detalhes; visão Escotópica – possível com luminância de $0,0001\text{cd/m}^2$ pelos bastonetes, apenas, e assim relacionada à visão noturna; e a visão Mesotópica, ocorrendo no intervalo entre as visões Fotópica e

Escotópica, com níveis de luminância que acionam tanto cones, quanto bastonetes (COSTA, 2013; DARÉ, 2014). A figura 6 ilustra os níveis de sensibilidade relativa do olho humano. A curva expressa em tracejados representa a visão Fotópica; a curva expressa em pontilhados expressa a visão Escotópica, ao passo que a área sob as duas curvas, simultaneamente, denota a visão Mesotópica (BOMMEL, 2010; COSTA, 2013).

A figura 7 ilustra as curvas de sensibilidade relativa do olho humano a cada um dos tipos de células cone, e bastonetes, para o espectro de luz visível de quatrocentos a setecentos nanômetros, e não por uma média como a figura anterior (INLED, [2016]).

Figura 7 – Sensibilidade relativa do olho humano e a variação da radiação com o comprimento de onda, pelos diferentes tipos de cones e os bastonetes



Fonte: INLED ([2016], s/d)

De acordo com Tregenza e Loe (2015), cada um dos tipos de cone são especializados em decodificar determinados comprimentos de onda, curtos (S), médios (M) e longos (L), do Inglês, *short*, *medium* e *long*, respectivamente. Assim, temos a curva S, para comprimentos de ondas curtos, que possui pico de sensibilidade em quatrocentos e vinte nanômetros estimulando os cones responsáveis por decodificar ao cérebro a cor azul. De forma análoga, temos a curva M, com pico em 534nm, estimulando os cones responsáveis por decodificar a cor verde, e a curva L com pico em 564nm, em resposta à sensibilização dos cones vermelhos, ao passo que a curva tracejada representa a sensibilização dos bastonetes, com pico em 498nm (TREGENZA; LOE, 2015)

A acuidade na percepção das cores interfere, e pode até mesmo determinar, a interação do indivíduo física e socialmente (BRUNI; CRUZ, 2006). As pessoas percebem as cores de formas diversas, pois podem ter sensibilidades cromáticas distintas, ou, até

mesmo, podem não ver as cores, devido a problemas congênitos (daltonismo) ou adquiridos. Estes últimos podem ser atribuídos a:

[...] alterações nos filtros pré-receptores (cristalino, pigmentos maculares, pupila), redução da densidade óptica dos fotopigmentos dos cones (vermelhos, verdes ou azuis), perda desequilibrada dos tipos de cones e alterações nos níveis de processamento pós-receptores (BRUNI e CRUZ, 2006, p. 768).

Os projetistas de iluminação precisam buscar compreender estas particularidades e características, e, à medida do possível, considerá-las nos projetos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo abordamos, inicialmente, o contexto histórico que ampara nossa pesquisa e, a seguir, as metodologias que se apresentam como alternativas pedagógicas ao ensino de Engenharia. Na seção 2.1, apresentamos a gênese e a configuração histórica e contemporânea do ensino de Engenharia; na seção 2.2 estão os estudos sobre as MA, com enfoque dedicado às escolhas metodológicas desta proposta – EsM, IpC e PBL, que se alinham aos nossos objetivos. A seção 2.3 apresenta os fundamentos da elaboração de uma sequência de atividades, denominada SD, e, por fim, a seção 2.4 apresenta os conceitos fundamentais da TAS que embasaram a construção da SD desta pesquisa.

2.1 Ensino de Engenharia: configuração histórica e a necessidade de novas propostas metodológicas

O ensino de Engenharia advém do contexto de mudanças sociais impulsionadas pelas alterações tecnológicas, científicas e laborais de final do século XVIII e século XIX, com a Revolução Industrial e suas implicações sociais e no mundo do trabalho, estendendo-se aos meios de formação universitária (JARROSSON, 1996).

Deste contexto advém sua base de formação positivista, da gênese da Escola Politécnica de Paris – frequentada entre 1814 e 1817 por Auguste Comte, expoente do Positivismo Clássico, no período pós-Revolução Industrial (JARROSSON, 1996; BAZZO, 1998; SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006). Para a visão positivista de Augusto Comte, a primeira comunidade verdadeiramente científica foi a Politécnica de Paris e esta deveria servir de modelo ao Ensino Superior (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006).

No Brasil, no período do Primeiro Reinado, tem-se a origem dos cursos superiores de Engenharia, após a transição das escolas militares que passaram a ser geridas por civis (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006). Em 1874, é criada a Escola Politécnica do Rio de Janeiro e, em 1896, a Escola de Engenharia de Porto Alegre, entre outras instituições para o ensino de Engenharia. Ambas, nos moldes franceses e de influência militar, trazendo este legado à formação do engenheiro.

Nessas escolas, formou-se uma nova elite, ilustrada, burguesa e cética, que liderou o movimento positivista e o movimento republicano. A mudança de regime, levou em 1890 e 1892, às reformas de Benjamin Constant (1836-1891) para a educação, as quais foram de nítida inspiração comtiana. Como no Brasil, a formação de engenheiros teve influência militar e positivista, ressaltou-se nelas a importância da

ordem, da hierarquia e da disciplina, bem como do método científico (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006, p. 79).

Segundo Schnaid, Zaro e Timm, a caracterização da interpretação da Engenharia nesse contexto social, político e científico, no século XIX, pode ser apresentada,

No final do opúsculo de 1825, Comte faz uma subdivisão importante no corpo científico: a “classe dos engenheiros”, corporação distinta, servindo de intermediária, permanente e regular, entre os cientistas e os industriais para todas as obras específicas. Enfatiza também a predominância da teoria sobre a prática e um severo controle do mundo industrial e das pretensões da economia política. (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006, p. 81–82).

Com a herança deste legado, não foi pensada uma formação específica aos professores, além da racionalidade técnica e do método, para o ensino de Engenharia. “O ensino tecnológico no Brasil nunca foi objeto de pesquisa sistemática, sendo, portanto, empírico, e algumas vezes, de baixa qualidade, na medida de que não dispõe de uma base pedagógica/ cognitiva conceitual para apoiar as atividades de ensino” (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006, p. 17). Em consequência, restringiu-se por muito tempo, a proposições de mudanças na estrutura curricular, reservando menor importância à formação docente para a Engenharia, e, por consequência, aos estudos epistemológicos e metodológicos (BAZZO, 1998).

Outrossim, a partir dos anos 1970, no intermim das transformações sociais, econômicas e culturais – com o processo adiantado de globalização e com significativa transformação provocada pelas tecnologias de comunicação – a formação para o trabalho urge por mudanças que preparem os estudantes, e futuros profissionais, para a inserção na configuração laboral que passa a se estabelecer (ARAUJO *et al.*, 2016; RIBEIRO, 2005, 2010).

O ensino de Engenharia passa a demonstrar a não adequação na formação dos profissionais com visão dedicada à formação técnica para a resolução de problemas de natureza prática (RIBEIRO, 2005). Segundo este autor, aos engenheiros passa-se a exigir formação com habilidades técnicas associadas ao raciocínio lógico, sim, mas também há que se formar para reconhecer o papel do engenheiro e sua relação com os demais agentes sociais. Espera-se, pois, uma formação que proporcione a adaptação ao conhecimento continuado para acompanhar o desenvolvimento tecnológico e humanístico, a comunicação e a flexibilidade para o trabalho coletivo, a criatividade e a capacidade para projetar, a compreensão ética e a responsabilidade social e ambiental e o

desenvolvimento de senso crítico para uma consciência social e o compromisso de construção de um mundo mais igualitário (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006).

Em resposta a esta carência de formar engenheiros como transformadores sociais, em 1973 é fundada a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE), com sede em São Paulo, no Instituto de Engenharia. Desde a sua fundação, a ABENGE promove anualmente o Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE) – em 2017, em sua 44ª edição – e edita, semestralmente, a revista Ensino de Engenharia, fomentando espaços de debate e divulgação científica em relação ao ensino nessa área e suas correlações com outras disciplinas.

Mesmo com os trabalhos iniciais da ABENGE, é a partir da década de 1990, com o Programa de Reengenharia do Ensino de Engenharia (REENGE), apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento Profissional de Nível Superior do Ministério da Educação (CAPES), que as iniciativas de reestruturação no ensino se fortalecem, estimulando os professores a se dedicarem à melhoria da qualidade do ensino e da formação docente na Engenharia (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006). Caracteriza-se, pois, o “desafio de formar engenheiros como transformadores sociais”, como enuncia o texto do jornal do Rio Grande do Sul, Gazeta Mercantil, em 1998. E de acordo com a contextualização por Schnaid, Zaro e Timm, não é um assunto tão recente,

Possivelmente, a percepção dos professores e pesquisadores da área de Engenharia com relação à inadequação do ensino, possa ter sido causa das mudanças radicais que ocorreram na economia e na sociedade do final do século XX, e mesmo pela disseminação das análises críticas a respeito dos modelos pedagógicos em geral. Mas, se isso ocorreu em um primeiro momento, parece claro que as pesquisas sobre o ensino de Engenharia passaram rapidamente a dialogar com outras áreas, como a Pedagogia, a Comunicação Social, a Psicologia Cognitiva e a Neurociência. Na medida em que a complexidade das demandas de ensino passa a ser objeto de estudo e trabalho do engenheiro, começam a proliferar as tentativas de análise e as experiências dedicadas a testar processos ou produtos educacionais capazes de motivar os alunos, integrá-los de forma cooperativa ou sensibilizar elementos de criatividade e intuição, desejáveis à formação do novo engenheiro.” (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006, p. 29–30).

E sobre as iniciativas de experiências que melhor contribuam à formação do engenheiro, Schnaid, Zaro e Timm (2006) destacam, que a introdução das MA nas universidades brasileiras aconteceu inicialmente na Faculdade de Medicina de Marília, sendo ampliada a alguns pares da área de saúde. As primeiras experiências despertaram o interesse de outras áreas da Educação, na qual se inserem as adesões por professores e pesquisadores do ensino de Engenharia às MA (RIBEIRO, 2010; BERBEL, 2011). A

partir da observação e divulgação das inovações das instituições de ensino de Medicina, disseminam-se as experimentações metodológicas pautadas na participação ativa do aluno no processo de aprendizagem (DEUS JÚNIOR *et al.*, 2016; REZENDE JÚNIOR *et al.*, 2013; RIBEIRO, 2005).

As MA apresentam-se como metodologias alternativas neste cenário de revisão do modo de se pensar e de se praticar o ensino de Engenharia.

2.2 Metodologias Ativas

A conjuntura de revolução cultural, científica e tecnológica e os novos contextos para a atuação profissional a partir da segunda metade do século XX imprimem e exigem mudanças na formação pelo Ensino Superior no mundo (RIBEIRO, 2007a; NETO *et al.*, 2014; ROCHA; LEMOS, 2014; ARAUJO *et al.*, 2016).

Às demandas que passam a se configurar, uma formação para além das demandas acadêmicas e de conteúdo anteriormente previstos, uma formação de humanidades – maior autonomia do aluno e habilidades para se comunicar e para trabalhar coletivamente – e o desenvolvimento de soluções multidisciplinares, são propulsoras à uma revisão nos processos de ensino e de aprendizagem em superação às aulas expositivas, ditas tradicionais (ROCHA; LEMOS, 2014; ARAUJO *et al.*, 2016).

Ribeiro (2005) destaca que, nos ambientes de Ensino Superior de Engenharia, os estudantes têm acesso às tecnologias que favorecem o acesso à informação, desta forma, não se justifica que recebam, prioritariamente, as informações selecionadas pelo professor. E em consequência, uma metodologia com exclusiva transmissão de informações não atende mais à realidade vigente, como pondera Moran (2015, p. 16), “Os métodos tradicionais, que privilegiam a transmissão de informações pelos professores, faziam sentido quando o acesso à informação era difícil”. Ademais, como citado anteriormente, os alunos têm acesso e afinidade às tecnologias que favorecem o acesso à informação.

Em paralelo, estudos advogam em defesa da necessidade da metodologia de ensino potencialmente capazes de promover o engajamento e a autonomia dos alunos – sujeitos dos novos cenários – estimulando a aprendizagem conceitual e de aplicação, incentivando a tomada de decisões individuais e coletivas (RIBEIRO, 2010; BERBEL, 2011; ROCHA; LEMOS, 2014; MORAN, 2015). Neste contexto, se fortalece a declaração de que as metodologias baseadas na transmissão de informações – ditas

tradicionais – não mais são capazes de suprir as necessidades de tais demandas formativas (ZABALA, 1998).

Ao longo de cerca de três décadas das primeiras implantações de MA no ensino superior no país, buscando se adequar às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Engenharia, propostas em 2001 e em vigor a partir do ano seguinte, iniciativas têm sido desenvolvidas, mas ainda de forma pouco abrangente (ARAÚJO *et al.*, 2016). Segundo Schnaid, Zaro e Timm (2006), nesse período, investigações em diversas universidades apresentam um caráter de ensino mais formativo, instrumentalizando o aluno a uma atitude curiosa e autônoma, à flexibilidade e à apropriação de ideias para a tomada de decisões com potencial criativo e inovador, contudo, são pesquisas ainda individualizadas. Os autores reforçam que, a exemplo de outros países que passaram por processos semelhantes, as mudanças terão força e efetividade ao partirem de decisões e implementações curriculares e institucionais, como tem acontecido nos cursos de Medicina, no Brasil e em outros países, nos quais mudanças têm se efetivado em cursos inteiros, alterando as formatações de ensino existentes.

No entanto, esta perspectiva não deve, de modo algum, mitigar os esforços por parte dos profissionais, alunos e instituições que observam a necessidade de propor mudanças, e iniciá-las, em escalas menores de atuação. “É urgente reconhecer a responsabilidade de encaminhar as discussões sobre a formação do engenheiro para a formulação de ações que disseminem as novas ideias e definam as estratégias e políticas de implantação de mudanças.” (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006, p. 57).

Para minimizar as lacunas entre a formação profissional e humana, com a necessidade de mudanças na forma de ensinar, de como estas podem criar condições de aprendizagem, as metodologias de ensino denominadas MA se desenvolveram a partir de iniciativas na década de 1960, num contexto internacional – Canadá, Estados Unidos da América (EUA) e Europa registram os primeiros trabalhos sob a denominação de MA – e de modo precursor, em cursos das áreas de Saúde (RIBEIRO, 2010; NETO *et al.*, 2014).

As pesquisas e aplicações de MA no ensino de Engenharia têm conquistado um crescente número de pesquisadores e professores, fato este que pode ser verificado no expressivo aumento, ano a ano, das publicações envolvendo estas metodologias no COBENGE (NETO *et al.*, 2014; RIBEIRO, 2010), abrangendo experiências de ensino e aprendizagem, em disciplinas ao longo da grade curricular do curso de graduação nas Engenharias, e algumas aplicações na pós-graduação (VALDEZ *et al.*, 2011).

Uma lacuna existente nos estudos apresentados em congressos, dissertações, teses e livros que contemplam a experimentação e o uso das MA, está no que tange ao referencial teórico que as fundamenta. A fragilidade se mostra ora na multiplicidade de referenciais, quando estes estão identificados, ora na ausência de referenciais que se estruturam em campos do conhecimento, como a Psicologia, a Educação, a Neurociência (NETO *et al.*, 2014).

Como destacam Neto *et al.* (2014), a ABENGE reconhece esta situação e denuncia a importância do desenvolvimento de experiências embasadas por referenciais teóricos de ensino e teorias de aprendizagem, que sustentem as observações e resultados dos estudos, não reduzindo a importância das pesquisas feitas sem um suporte teórico, mas intencionando ampliar a validação dos trabalhos.

No contexto da Educação em Engenharia, por exemplo, é comum observar relatos de experimentos que, por mais que indiquem um referencial teórico, às vezes não estão fortemente vinculados a ele, e não fazem um aprofundamento da mediação entre o que se observa no experimento e o que esses referenciais indicam. [...] Vale ressaltar que se acredita aqui que apresentar relatos das experiências conduzidas em sala de aula foi, e continuará sendo uma importante contribuição, no âmbito da Educação em Engenharia para a comunidade. O que se coloca a partir de agora é que se continue a trilhar esse caminho, mas com uma reflexão diferente do que se fez até então, considerando-se o aporte teórico que foi adotado como orientador para a prática da pesquisa. Acredita-se que assim o vínculo entre teoria-prática, tão almejado pelas estratégias ativas de aprendizagem, será fortalecido pelo processo de pesquisa (NETO *et al.*, 2014, p. 15-16).

Os pesquisadores supracitados fizeram uma revisão de literatura na qual buscaram levantar quais bases teóricas foram adotadas em trabalhos relacionados às aplicações das MA no ensino de Engenharia, em especial à PBL e à PjBL²⁴, apresentadas em trabalhos nas edições do COBENGE, de 2008 a 2012. A síntese está explicitada no quadro 5.

Quadro 5 – Bases teóricas relacionadas às MA dos estudos publicados no COBENGE, de 2008 a 2012

Obra	Base de Conhecimentos	Teoria de Aprendizagem
AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.	Medicina Psicologia	Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel
BRUNER, J. The culture of education. Cambridge, MAS: Harvard University Press, 1996.	Psicologia	Teoria de Ensino
DEWEY, J. How we think. Lexington: D. C. Heath	Filosofia	Teoria do Conhecimento

²⁴ Do Inglês, *Project-Centered Learning (PjBL)*. Em livre tradução, Aprendizagem Baseada em Projetos (CROUCH *et al.*, 2007; MAZUR, 2015).

Co., 1933.		
FREIRE, P. <i>Pedagogia do oprimido</i> . Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.	Pedagogia	Teoria da Pedagogia Crítica
KELLY, G. A. <i>The psychology of Personal Constructs</i> . Norton: New York, 1955.	Matemática e Física Sociologia Educacional Psicologia	A Psicologia dos Construtos Pessoais
PIAGET, J. <i>Abstração Reflexionante</i> . Porto Alegre: Ed. Artes Médicas, 1995. PIAGET, J. <i>Fazer e compreender</i> . São Paulo: Melhoramentos, Edusp, 1978	Psicologia	Teoria do Desenvolvimento Cognitivo
VYGOTSKY, L. S. <i>A formação social da mente</i> . São Paulo: Martins Fontes, 2003.	Direito Literatura Psicologia Medicina	Teoria da Mediação

Fonte: Extraído de Neto *et al.* (2014, p. 59).

Observamos no quadro 5, uma não uniformidade dos referenciais teórico-metodológicos. A pluralidade teórica se dá tanto nas bases de conhecimentos, como nas teorias que buscam explicar como o aluno aprende. Nestas, há ora teorias de ensino, ora de aprendizagem, ora bases da Psicologia Cognitiva. Esse cenário poderia encontrar explicação, tanto na formação teórica dos professores de Engenharia, com sua base técnica e sem conhecimento pedagógico, ora na própria formulação pragmática das MA, nas quais os estudiosos não explicitaram as bases teóricas pelas quais as metodologias foram criadas (SCHNAID; ZARO; TIMM, 2006; NETO *et al.*, 2014).

Neto *et al.* (2014) chamam a atenção para a importância de um referencial teórico que ajude a entender como o aluno aprende, buscando fundamentar as MA. A partir de então, utilizar deste embasamento, não como um determinante das ações docentes em sala de aula, mas como um norte, uma importante diretriz para o planejamento dos processos de ensino com o uso de MA (NETO *et al.*, 2014).

Outro ponto que não apresenta consenso nos trabalhos relativos às MA que suportam a elaboração desta pesquisa – (RIBEIRO, 2007a, 2005; SOUSA, 2011; VALDEZ; FERREIRA; BARBOSA, 2011; BERBEL, 2011; REZENDE JÚNIOR *et al.*, 2013; BENDER, 2014; NETO *et al.*, 2014; AZEVEDO; NUNES, 2015; MORAN, 2015; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015; ARAUJO *et al.*, 2016; DEUS JÚNIOR *et al.*, 2016) –, é que há, ora a denominação como metodologias (ou mesmo estratégias) de ensino, ora como metodologias de aprendizagem, ora como metodologias de ensino-aprendizagem.

Não há uma unicidade em relação à definição das MA como sendo uma metodologia de ensino e/ ou de aprendizagem. Alguns estudos não deixam clara a adesão a uma ou outra terminologia, ou um declarado respaldo teórico em relação a identificá-las como sendo metodologias de ensino e/ou de aprendizagem. Há outras denominações, como estratégias educacionais, aproximando mais a definição ao vocabulário utilizado na Engenharia (NETO *et al.*, 2014).

Em face desta circunstância, e sem a intenção de sobrelevar as definições, justificamos o significado que utilizaremos ao longo deste trabalho. Com base nos estudos citados, entendemos as MA como metodologias alternativas ao modo de ensino por aulas expositivas; centradas no aluno como protagonista e planejadas e estruturadas pelo professor, estimulando a construção do conhecimento pelo aluno, como forma de potencializar a aprendizagem e de fomentar o desenvolvimento de habilidades de comunicação, a autonomia e o trabalho em coletivo. Com base nesse entendimento, escolhemos adotar, no decorrer deste texto, as MA como sendo metodologias de ensino e de aprendizagem, concordando com Ribeiro (2005).

Em tempo, justificamos que a escolha das MA utilizadas nesta pesquisa se condicionou às características e objetivos das mesmas, por apresentarem afinidade com nossos principais objetivos. Como apresentado anteriormente, a motivação para o desenvolvimento da pesquisa é promover a aprendizagem conceitual das variáveis luminotécnicas e significar o projeto luminotécnico a partir de uma compreensão de projeto que contemple uma solução adequada – embasada na técnica, no ambiente a ser proporcionado pela luz ambiente, no comportamento psicofisiológico e bem-estar do usuário como características indelévels à proposta de iluminação. Ademais, no processo, proporcionar ao estudante o desenvolvimento de habilidades para a criação de soluções de projeto, em coletivo, para atendimento à sociedade na qual está inserido.

É válido ressaltar que mesmo nos países onde originaram seus estudos – EUA, Canadá, Dinamarca, Holanda, Espanha, Suécia, Portugal – e no Brasil, as MA, ao longo de cerca de meio século, encontram-se em fase de consolidação (REZENDE *et al.*, 2014).

Para além das metodologias que fazem parte desta pesquisa, citamos a título de conhecimento, outras MA que podem se mostrar interessantes a outros estudos, como a Aprendizagem Baseada em Projetos (REZENDE JÚNIOR *et al.*, 2013), a Metodologia da Problematização²⁵, a Aprendizagem Baseada em Times²⁶ (BERBEL, 2011), as Simulações, o Ensino Baseado em Evidências, o Método de Caso (ROCHA; LEMOS, 2014) e o método Trezentos (FRAGELLI *et al.*, 2012).

Nas MA supracitadas e nas utilizadas nesta pesquisa, há particularidades que as identificam, do mesmo modo que existem similaridades que as caracterizam. Como eixo de singularidade evidenciamos o protagonismo do aluno ativo em seu processo de aprendizagem, o estudo como preparação prévia do aluno para as aulas, os materiais

²⁵ Do Inglês, *Methodology of Problematization* (BERBEL, 2011).

²⁶ Do Inglês, *Team Based Learning (TBL)* (BERBEL, 2011).

didáticos estruturados e orientados pelo professor, o desenvolvimento de habilidades técnicas e cognitivas proporcionando o desenvolvimento da comunicação, do trabalho coletivo, e do estímulo à autonomia do estudante (RIBEIRO, 2005, 2010; BERBEL, 2011). Em especial, para o Ensino Superior, Araújo e Sastre (2016, p. 9) enfatizam, “Por trás de tais processos educativos está a mudança de foco do ensino superior, que deixa de se focar no ensino, e passa a priorizar os processos de aprendizagem”.

Com base no referencial acima, as MA se apresentam como possíveis alternativas às mudanças no ensino de Engenharia. A partir da seção seguinte, caracterizamos as MA utilizadas para alcance dos objetivos pretendidos nesta pesquisa.

2.2.1 Instrução pelos Colegas

A IpC assume que os estudantes, por apresentarem o mesmo nível cognitivo e cultural, obtêm melhores resultados, quando instruídos pelos próprios colegas, se comparados à explicação estruturada pelo professor (MAZUR, 2015). A proposta metodológica do professor Eric Mazur, desde 1991 até os dias atuais²⁷, foi elaborada a partir da sua insatisfação com a compreensão de conceitos físicos e o não envolvimento nos processos de aprendizagem dos alunos da Universidade de Harvard, EUA, onde leciona (MAZUR, 2015; ZHANG; DING; MAZUR, 2017).

Desde sua criação, a metodologia tem encontrado eco em múltiplas pesquisas que primam pelo envolvimento do aluno e a instrução pelos colegas, como alternativa às aulas tradicionais (MAZUR, 2015). A IpC tem apresentado resultados satisfatórios em diferentes contextos, nacionais e internacionais, em áreas distintas como Física (ARAUJO; MAZUR, 2013; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015; ZHANG; DING; MAZUR, 2017), Engenharias (REZENDE JÚNIOR *et al.*, 2013; ROCHA; LEMOS, 2014; VALENTIM, 2015; ARAUJO *et al.*, 2016), Computação (OLIVEIRA *et al.*, 2010; SOUSA, 2010, 2011), Ciências Contábeis (SOARES, 2008), Direito (CARLINI, 2006), Odontologia (ROCHA *et al.*, 2016) e Química (DUMONT; CARVALHO; NEVES, 2016). Além destes cursos, identificamos referências a trabalhos em Agronomia, História, Língua Portuguesa (CROUCH; MAZUR, 2001; MAZUR, 2015).

²⁷ O professor Eric Mazur coordena um grupo de pesquisas sobre a metodologia de IpC, que conta com a participação de educadores em atividade, em diversos países do mundo (MAZUR, 2015). O contato pode ser feito pelo *blog* oficial, no endereço <<http://blog.peerinstruction.net>>, ou pelo acesso à página do grupo de pesquisa, no endereço <<http://mazur.harvard.edu/education/educationmenu.php>>, do *Mazur Group Education*, ambos com conteúdo em Inglês.

A metodologia pode ser definida,

Em linhas gerais, o Método *Peer Instruction* pode ser caracterizado por dois momentos: o estudo prévio dos conceitos principais referentes a uma determinada unidade didática e pela divisão da aula em sequências de exposições dialogadas, feitas pelo professor, e a apresentação de questões conceituais aos alunos, utilizadas para suscitar discussões entre eles. Nos períodos anterior e posterior às discussões, os alunos apresentam suas respostas, quer com o uso de cartões coloridos e/ou numerados quer com o uso de dispositivos eletrônicos, fornecendo assim, ao professor, um *feedback* sobre a compreensão que eles têm sobre os tópicos em discussão (VIEIRA, 2014, p.15).

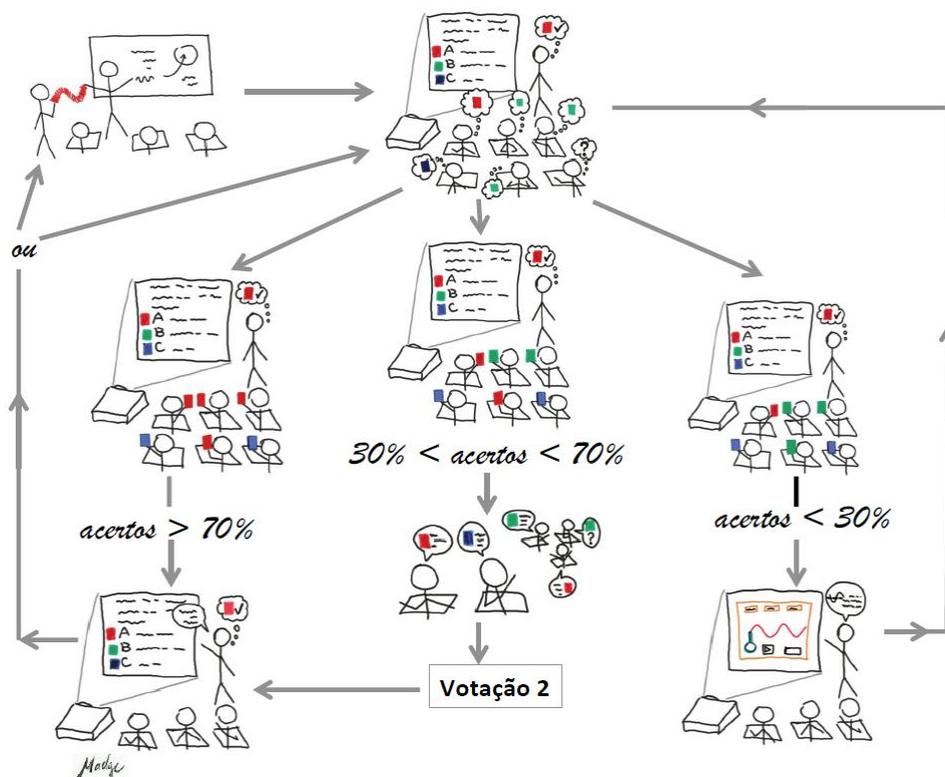
É notório ressaltar o primeiro momento citado por Vieira (2014), pois a metodologia pressupõe uma preparação prévia do estudante sobre o assunto a ser abordado em aula, e, conseqüentemente, na aplicação dos conhecimentos em testes. Esta preparação é considerada item essencial à elaboração e aplicação da metodologia, uma vez que cria condições, gerando conceitos, informações e dúvidas para a interação cognitiva dos alunos, por meio da argumentação em sala (MAZUR, 2015). Sem o estudo, e sem conhecimento do assunto, o aluno não se encontraria em condições de participar ativamente das atividades propostas em sala. O professor planeja a aula, elaborando, selecionando e compartilhando o material de estudo a ser utilizado pelos alunos nos estudos prévios (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015).

O professor inicia a aula com uma breve explicação do assunto, o que deve se estender por cerca de 15 minutos, podendo, alternativamente, elaborar um experimento simples ou utilizar outra situação de ensino, explicitando os conceitos a serem explorados (ARAUJO; MAZUR, 2013). Após este momento, que deve estabelecer relação com o assunto que foi estudado em casa pelos alunos, o professor inicia a aplicação dos testes – nominados como Testes Conceituais (TC) – (MAZUR, 2015).

Com o suporte do *feedback*, acima mencionado por Vieira (2014), ou, em outras palavras, de acordo com as respostas dos alunos aos TC, mas sem indicar a resposta correta, o professor avalia se a questão foi bem entendida pela turma, se precisa ser rediscutida, ou mesmo, se precisa de novas explicações – ou experimentações – para a apropriação dos conceitos.

O referencial proposto por Mazur (2015), para a tomada de decisões pelo professor, a partir do resultado dos TC é ilustrado na figura 8 (VEIT, 2015).

Figura 8 – Sequência das ações na apresentação e avaliação dos testes na IpC



Fonte: Veit, (2015, s.p.)

Por essa asserção, se o índice de acertos verificado for inferior a 30%, o assunto precisa ser revisto; se o índice de acertos for acima de 30% e inferior a 70%, inicia-se um momento de argumentação e debate entre os alunos, para que convençam uns aos outros da resposta que acreditam ser a correta, e os motivos que os levaram a esse entendimento. Após o debate, uma nova votação é realizada. Na terceira situação, caso a validação de acertos seja superior a 70%, o professor prossegue para novos testes, ou avança com o conteúdo, com as exposições dialogadas (MAZUR, 2015).

Para que a metodologia incite condições de promover o engajamento cognitivo e a interação entre os estudantes em torno dos conceitos estudados, é de especial importância que os TC sejam elaborados utilizando os conceitos e aplicando-os a situações que promovam o raciocínio, para além de simples memorização (CROUCH *et al.*, 2007; ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; MÜLLER *et al.*, 2017).

Por sua gênese no ensino de Física, a metodologia de IpC é amparada para a aplicação nesta disciplina e assuntos correlatos, por meio de um repositório de questões conceituais, para testes de leitura e outras para exames, elaboradas e disponibilizadas pelo

grupo original de pesquisas do professor Eric Mazur e seus parceiros de desenvolvimento (ARAÚJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2017). A intenção é dar suporte aos professores e pesquisadores que, porventura, não estejam familiarizados com a tipologia das questões, ou que não disponham de tempo para desenvolvê-las, sobretudo na fase inicial de experimentação da IpC (OLIVEIRA; VEIT; ARAÚJO, 2015; VALENTIM, 2015).

Para a dinâmica de aplicação dos TC são utilizados mecanismos de votação nas respostas às questões, e, posterior apuração dessas respostas e direcionamento da turma pelo professor. Esses sistemas de votação podem ser implementados por dispositivos como os *clickers*²⁸ ou por cartões de respostas impressos – também chamados *flashcards*– ou por meio de tecnologias digitais (VIEIRA, 2014; MAZUR, 2015). Lasry (2008), que desenvolveu estudos para a aplicação da IpC utilizando diferentes dispositivos de votação – *flashcards* e *clickers* – concluiu que a IpC é uma metodologia pedagógica e tecnológica, e, portanto, a escolha da ferramenta não interfere, de forma relevante, no processo de aprendizagem.

Em pesquisas mais recentes, deste início de século XXI, as tecnologias digitais utilizando o acesso à *internet* – computadores, *notebooks*, *smartphones*, *tablets* – têm se mostrado como promissoras alternativas como sistema de votação, tanto por utilizar aparelhos que estudantes possuem, quanto por viabilizar o envio de respostas abertas, que não são possíveis com o uso dos cartões de respostas, ou com os *clickers* (ARAÚJO; MAZUR, 2013; MÜLLER *et al.*, 2017). Ademais, citamos neste contexto, plataformas do tipo questionários *online* – como o *Google Forms*²⁹ –, ou aplicativos especificamente desenvolvidos para a metodologia, como o *ClickPick*®³⁰, o *Socrative*®³¹ e o *Plickers*®³², para citar alguns.

Nas primeiras experiências de implementação da IpC, o professor Eric Mazur, observou o ganho conceitual e o engajamento dos alunos, e, juntamente, notou que os estudos prévios, quando falhos, prejudicavam os resultados (CROUCH; MAZUR, 2001). À medida que se desenvolviam mais pesquisas, e buscando a melhoria do ensino e a superação do problema da não compreensão pelos alunos, quando negligenciavam as

²⁸ Os *clickers* são dispositivos que se assemelham, em forma e funcionamento, a controles remotos se comunicando por radiofrequência com o computador do professor. São utilizados individualmente pelos alunos, e foram precursores nos artefatos de votação (CROUCH *et al.*, 2007; MAZUR, 2015).

²⁹ Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

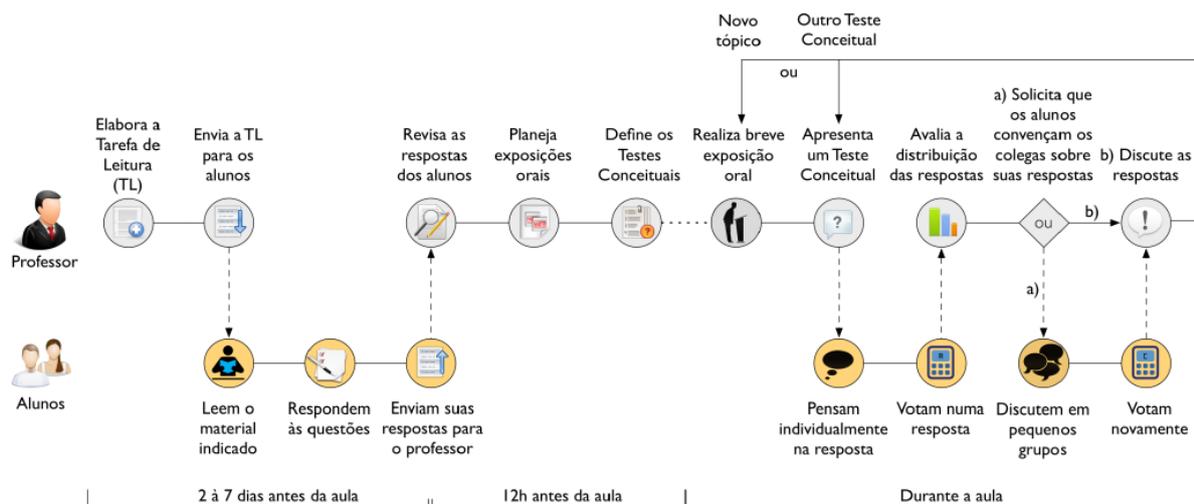
³⁰ Disponível em: <<http://clickpick.com.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

³¹ Disponível em: <<https://www.socrative.com/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

³² Disponível em: <<https://www.plickers.com/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

leituras, os estudos de Mazur e Watkins (2010) propõem implementar a IpC associada à outra MA, a EsM (CROUCH *et al.*, 2007). A figura 9 ilustra a sequência temporal das ações do professor e dos alunos em aulas que utilizam a combinação das metodologias de EsM e de IpC (VEIT, 2015).

Figura 9 – Sequência temporal das ações do professor e dos alunos em aulas que utilizam a combinação das metodologias de EsM e de IpC



Fonte: Veit (2015, s.p.)

2.2.2 Ensino sob Medida

A EsM intenciona promover a responsabilidade dos estudantes sobre seu aprendizado, e, ainda, revelar suas dificuldades prévias. Proposta por Gregor Novak e parceiros de pesquisa, na década de 1990, nos EUA, esta metodologia proporciona ao professor um conhecimento antecipado das dificuldades conceituais dos alunos, e, com base nestas, é possível desenvolver um ensino personalizado para aqueles alunos (ARAÚJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; VIEIRA, 2014). A metodologia se apresenta da seguinte forma,

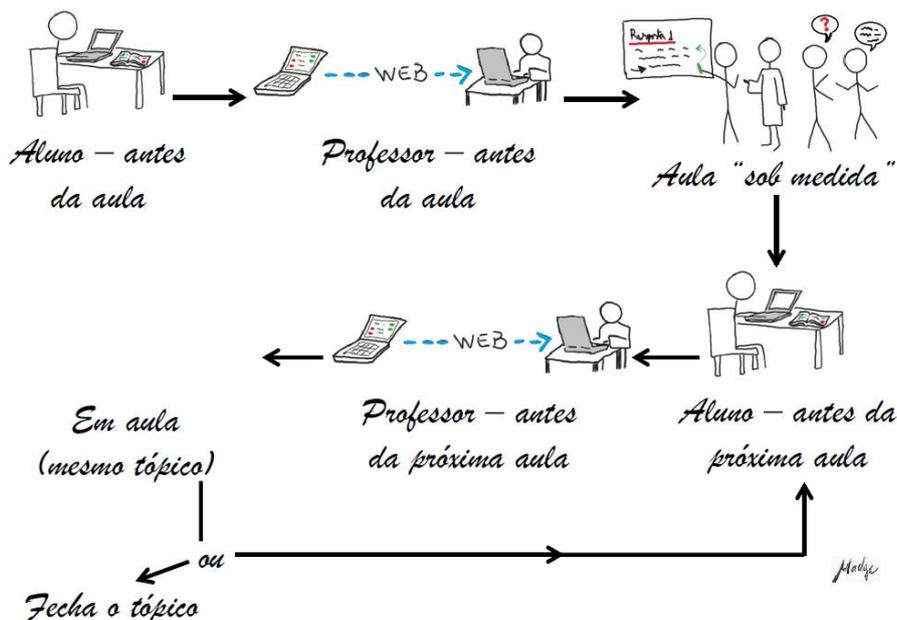
O Ensino sob Medida pode ser dividido em dois momentos principais: atividades pré-aula, que consistem na resolução de problemas preparatórios para as aulas; e aulas expositivas interativas. Durante as aulas os alunos são divididos em grupos e resolvem problemas de maneira colaborativa (VIEIRA, 2014, p. 23).

A EsM guarda alguns elementos comuns à IpC, que, além de justificarem o uso conjunto das metodologias, corroboram para a obtenção de resultados esperados para estas metodologias. Ambas consideram o aluno como elemento central do processo de

ensino e aprendizagem, e, sob tal perspectiva, buscam proporcionar a este a responsabilidade de atuar em prol da construção do conhecimento, como, por exemplo, estudando antecipadamente aos encontros presenciais (ARAUJO; MAZUR, 2013).

A figura 10 mostra a sequência das ações na aplicação de uma metodologia EsM (VEIT, 2015).

Figura 10 – Sequência das ações na aplicação de uma metodologia de EsM



Fonte: Veit (2015, [s.p.])

Na metodologia de EsM, isoladamente ou em sua conjugação com a IpC, um importante elemento são as Tarefas de Leitura (TL), ou exercícios de aquecimento, ou originalmente, *WarmUp Exercises* (ARAUJO; MAZUR, 2013). O professor, ao preparar o material, precisa se certificar c. Deste modo, além de contribuírem com a formação do hábito de estudar dos alunos, as TL possibilitam que o professor se antecipe, preparando a aula seguinte para esclarecer os pontos de dúvidas. As TL precisam ser enviadas ao professor antecipadamente, e este deve recebê-las em tempo hábil para preparar a aula seguinte. Os autores completam,

Os exercícios de aquecimento têm como objetivos promover o pensamento crítico sobre o texto lido, introduzir o que será trabalhado em aula e estimular os alunos a elaborem argumentações, expressas em suas próprias palavras, para embasar suas respostas. É aconselhável que as questões sejam avaliadas com base no esforço demonstrado para o desenvolvimento de uma argumentação coerente e não em seu grau de correção (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 371).

Ao analisar as respostas dos alunos, é interessante que o professor retome as TL em sala de aula e selecione algumas respostas para comentar com a turma, escolhendo as que sejam potencialmente polêmicas, do ponto de vista das concepções alternativas dos alunos, tomando o devido cuidado de não identificar a autoria, de modo a não criar constrangimento aos alunos (ARAÚJO; MAZUR, 2013; VIEIRA, 2014).

Concordamos com os estudos de Araujo e Mazur (2013), Oliveira, Veit e Araujo (2015), sobre a necessária ação do professor, que atua como coadjuvante, não estando no centro do processo educativo nas MA, mas sendo essencial para que este aconteça. O professor é responsável pela criação das condições necessárias para a efetivação do ensino e da aprendizagem, seja na elaboração das TL, da miniexposição, dos possíveis experimentos, dos testes e ambientes propícios à interação e ao debate.

2.2.3 Aprendizagem Baseada em Problemas

A Aprendizagem Baseada em Problemas, referenciada neste texto pela sigla PBL³³, do Inglês, é a MA mais difundida para o Ensino Superior de Engenharia e concentra seus estudos na aprendizagem de conteúdos e no desenvolvimento de competências dos alunos (RIBEIRO, 2010; NETO *et al.*, 2014).

As experiências com a PBL³⁴ podem se configurar pelo formato híbrido – com o uso em disciplinas isoladas, em um núcleo central de problemas, - ou em formatos parciais – utilizando a resolução de problemas no formato da PBL, de problemas isolados dentro de disciplinas regulares ou tradicionais (RIBEIRO, 2010). Outro formato, denominado “integral”, aplica-se à toda a grade curricular, sendo aplicado a todas as disciplinas, do início ao final do curso. Este formato tem-se disseminado entre os cursos de Medicina, e outros da área de Saúde (ALMEIDA; MUSSI, 2015). Ainda de acordo com Almeida e Mussi (2015), no Brasil, em 2015, 33 cursos de Medicina estão, curricularmente, estruturados pela PBL, a maioria em seu formato integral. A exemplo desta configuração integral, o curso de Medicina, da Universidade Federal de Goiás (UFG) – Regional Jataí – cidade de desenvolvimento e aplicação desta pesquisa – é um dos cursos neste formato (UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2016).

³³ Em função de ser mais comum esta sigla nos trabalhos em ensino de Engenharia.

³⁴ Em tempo, notificamos que neste texto, quando tratarmos sobre a Aprendizagem Baseada em Problemas, alternarmos entre artigo feminino ‘a’ – quando em concordância à metodologia – e o artigo masculino ‘o’ quando utilizarmos o termo método, sem que haja, portanto, distinção entre estas duas nomenclaturas em relação à definição principal, da PBL como metodologia de ensino e aprendizagem.

Segundo Ribeiro (2010), a PBL foi criada em 1960 na escola de Medicina da Universidade Mc Master, no Canadá, e se baseia nas experiências da Escola de Direito da Universidade de Harvard (EUA), na década de 1920, e em outras experiências da década de 1950, também nos EUA. Portanto, não faz jus nos referirmos a ela como uma metodologia nova, mas, sim, uma metodologia que está em disseminação nos meios educativos.

Embora pensada para o ensino de determinados cursos, a PBL, inclusive no Brasil, tem sido aplicado a diferentes áreas – Enfermagem, Administração, Pedagogia, Direito, Engenharia – obtendo resultados satisfatórios (CARLINI, 2006; MANRIQUE; DIRANI; CAMPOS, 2010; RIBEIRO, 2010). Um caso peculiar de implantação da PBL no formato curricular ocorreu na Universidade de São Paulo (USP), na Escola de Belas Artes, Ciências e Humanidades (EACH), a partir de sua fundação. Nesta implantação – Câmpus USP Leste, os alunos de todos os dez³⁵ cursos oferecidos possuem uma base comum de disciplinas, ministradas utilizando a PBL (ARAUJO; ARANTES, 2016).

A adesão à PBL, seja por instituições, cursos ou professores, dá-se pelas afinidades dos projetos curriculares ou de trabalho destes, em relação às características da metodologia (EDUCATION, 2008). O seguinte trecho desse estudo destaca essa afirmação,

O protagonismo/ação do sujeito que aprende sobre os objetos do conhecimento, uma estrutura de ensino-aprendizagem que tem a experiência como base de sustentação e o desenvolvimento da autonomia dos estudantes estão entre os eixos de sustentação da maioria das universidades que trabalha na perspectiva da Aprendizagem Baseada em Projetos (EDUCATION, 2008, p. 105).

A PBL é alvo de críticas em relação à falta de uma base epistemológica em relação às teorias de aprendizagem (RIBEIRO, 2010). Esta carência, perpassa as MA, de modo geral, e seus reveses se estendem aos dias atuais (NETO *et al.*, 2014; RIBEIRO, 2010). Os estudos de Ribeiro (2010) e Gential e Furlanetto (2009) ponderam sobre esta questão, pontuando que o alicerce da PBL muito se assemelha às teorias de Ausubel, Bruner, Coll, Dewey, Fourez, Freire, Josso, Larossa, Rogers, Vygotsky, Zabala, entre outros. Ribeiro enfatiza a importância de uma base teórica e destaca,

Todavia, a maioria dos autores parece encontrar fundamentação para o PBL na premissa da Psicologia Cognitiva de que a aprendizagem não é

³⁵ À época, em 2005, a EACH, conhecida como USP Leste, ofertava os cursos de Ciências da Atividade Física, Gerontologia, Gestão Ambiental, Gestão de Políticas Públicas, Lazer e Turismo, Ciências da Natureza, Marketing, Obstetrícia, Sistemas de Informação e Têxtil e Moda (BENDER, 2014).

um processo de recepção, mas de construção de novos conhecimentos. O PBL como metodologia de ensino-aprendizagem, estaria pautado no pressuposto de que o conhecimento prévio em relação a um assunto – ativado nesta metodologia durante a análise inicial do problema – determina a natureza e a quantidade de conhecimentos novos que podem ser processados. Porém, ainda que necessária, a existência de conhecimentos prévios não seria condição suficiente para que os alunos entendessem e memorizassem novas informações. Estas precisam ser elaboradas ativamente, o que é conseguido no PBL por meio de discussões em grupo antes e depois de novos conhecimentos aprendidos. O PBL apoia-se igualmente na Psicologia Cognitiva quando pressupõe que a forma como os conhecimentos são estruturados na memória os torna mais ou menos acessíveis. Este pressuposto seria estimulado nesta metodologia por intermédio da reestruturação, por parte dos alunos, dos conhecimentos aprendidos, para que se ajustem ao problema proposto. O PBL ajudaria a desenvolver a capacidade dos alunos de acessar os conhecimentos na memória, a qual depende de sua contextualização (RIBEIRO, 2010, p. 17).

Em relação à classificação e, ainda com o intuito de propor um formato de orientação à aplicação da PBL, quer no formato híbrido, quer no formato parcial, os estudos de Hadgraft e Prpic (1999, apud RIBEIRO, 2010) identificam as características desejadas à aplicação da PBL, para que sejam consideradas as devidas especificidades em relação ao conteúdo, à disciplina, ao curso ou à instituição, aos alunos, à estrutura disponível, entre outras especificidades que individualizam cada aplicação, como sintetizado no quadro 6.

Quadro 6 – Elementos fundamentais da PBL

Passo	Problema	Integração	Trabalho em equipe	Solução de problemas	Aprendizagem Autônoma
1	Vários problemas por semana	Nenhuma ou pouca integração de conceitos. Uma única habilidade ou ideia.	Trabalho individual	Nenhuma metodologia formal de solução de problemas. Alunos concentram-se em como solucionar cada novo tipo de problema.	Professor fornece todo o conteúdo via aula, observações, páginas da <i>internet</i> , tutoriais, referências a livros e periódicos. Alunos concentram-se em aprender o que lhes foi dado.
2	Um problema por semana	Alguma integração de conceitos	Alunos trabalham juntos em sala de aula (informalmente), mas produzem trabalhos individuais.	Metodologia formal de solução de problemas, que é aplicado nas aulas.	Professor fornece grande parte do conteúdo, mas espera que os alunos investiguem alguns detalhes e/ ou dados por s próprios.
3	Mais de um problema por semestre, cada um com duração de	Integração significativa de conceitos e habilidades na solução do	Trabalho em equipe, menos informal que a categoria anterior.	Metodologia formal de solução de problemas, o qual é orientado por tutores em aulas tutoriais.	Professor fornece um livro-texto como base para a disciplina, mas espera que os alunos

	algumas semanas	problema.	Relatório em conjunto, porém sem avaliação por pares.		utilizem esta e outras fontes, a seu critério.
4	Um problema por semestre.	Grande integração, talvez incluindo mais de uma área de conhecimento.	Trabalho em equipe formal, encontros externos entre as equipes, avaliação por pares, relatórios e apresentação de resultados em conjunto.	Metodologia formal de solução (e aprendizagem) de problemas. Alunos aplicam a metodologia sozinhos a cada novo problema.	Professor fornece pouco ou nenhum material (talvez algumas referências). Alunos utilizam a biblioteca, a <i>internet</i> e especialistas para chegarem à compreensão do problema.

Fonte: Hadgraft e Prpic (1999 apud RIBEIRO, 2010, p. 24).

Em relação aos objetivos educacionais a serem contemplados pela PBL, Ribeiro (2010) destaca: a) a aprendizagem ativa estimulada pelas perguntas e respostas; b) a aprendizagem integrada, por meio da interdisciplinaridade de conhecimentos a serem utilizados na resolução de problemas; c) a aprendizagem cumulativa, por meio da gradação de complexidade na aprendizagem, buscando aproximação aos problemas a serem solucionados no ambiente de trabalho; d) a aprendizagem para a compreensão, onde estão equacionados o tempo para a reflexão e proposição de soluções para os problemas, em superação à aprendizagem por retenção de informações.

De acordo com Ribeiro (2005), a elaboração do problema pelo professor cumpre uma função central e estruturante na PBL. Nesta etapa, o docente deve compreender o problema como um objetivo principal, sem uma solução conhecida ou única e com um fim aberto. Deve, necessariamente, ser apresentado aos alunos antes de se elucidar a teoria que possibilite sua solução (RIBEIRO, 2005). O autor reforça que a formulação do problema – algo o mais próximo do cotidiano profissional – deve permitir ao aluno elaborar sua solução, interpretando-o como algo concreto; deve, ainda, contemplar a interdisciplinaridade e abranger o conteúdo. Para chegar à solução, o processo necessita satisfazer aos objetivos educacionais em relação à construção de conhecimento e às habilidades que se deseja favorecer (CARLINI, 2006; RIBEIRO, 2010; ARAUJO; SASTRE, 2016).

A adequação do problema a cada contexto de aplicação precisa ser respeitada quanto à estrutura física que disponibiliza os meios de pesquisa aos estudantes. Quanto maior e melhor estruturada, menos edificado, e mais aberto, deverá ser o problema. Quando os recursos forem escassos, a formulação do problema de pesquisa deverá

oferecer um maior aporte de informações (RIBEIRO, 2010). A complexidade do problema pode, ainda, situar-se em três classificações

a) Desafios acadêmicos: problemas que advêm da estruturação de conteúdo de uma área de estudo e, ainda que sejam utilizados principalmente para favorecer o entendimento de um assunto selecionado, servem também, para desenvolver a capacidade de construir conhecimento e trabalhar colaborativamente. b) Cenários: problemas em que os alunos assumem papéis condizentes com suas futuras atuações profissionais em contextos da vida real ou em cenários fictícios (simulações), nos quais começam a se ver em papéis reais na medida em que desenvolvem os conhecimentos e habilidades necessários para serem bem-sucedidos na escola e além desta. c) Problemas da vida real: problemas que pedem soluções reais por pessoas ou organizações reais e envolvem diretamente os alunos na exploração de uma área de estudo, cujas soluções são potencialmente aplicáveis em seus contextos de origem (GORDON, 1998, apud RIBEIRO, 2010, p. 32).

A forma de apresentação do problema pode diferir e dependerá da realidade física material e dos objetivos educacionais, sendo identificada em alguns estudos como âncora, podendo ser um vídeo, uma dramatização ou entrevista com as pessoas envolvidas no problema (ARAUJO; SASTRE, 2016). Segundo os estudos de Bender,

É a base para perguntar. Uma âncora que serve para fundamentar o ensino em um cenário real. Ela pode ser um artigo de jornal, um vídeo interessante, um problema colocado por um político ou grupo de defesa, ou uma apresentação multimídia projetada para ‘preparar o cenário’ (BENDER, 2014, p. 16).

Podem as situações-problemas, ou âncoras, serem denominadas *paper case/problems*, constituindo-se de textos narrativos apresentando os desafios, que incitam a uma revisão do conhecimento prévio, seguido da busca de informações, da tomada de decisões para solução, podendo ainda serem apresentadas de uma vez, ou em partes (RIBEIRO, 2005, 2010).

Os protagonistas na metodologia PBL são os estudantes. O processo é arquitetado pelo professor – importante coadjuvante – para que proporcione àqueles, condições de construir o próprio conhecimento. Segundo Ribeiro (2005), entre as dificuldades encontradas na implementação da PBL está a configuração em que alunos e professor estão, historicamente, adaptados às metodologias de ensino e aprendizagem de transmissão e recepção de informações. Tal conjuntura requer mudanças estruturais e de comportamento quando da utilização das MA, e, em especial, à PBL (BORGES *et al.*, 2014; MONTEIRO *et al.*, 2012; RIBEIRO, 2010).

É essencial que a responsabilidade sobre o aprendizado seja, declaradamente, delegada ao aluno, que deve cumprir etapas metodológicas que proporcionarão condições de elaboração própria do conhecimento (RIBEIRO, 2005; BERBEL, 2011). O quadro 7 expõe um comparativo entre as principais diferenças entre os papéis dos alunos e docentes, na sala de aula convencional e na sala de aula na metodologia PBL.

Quadro 7 – Principais diferenças entre os papéis dos alunos e docentes na sala de aula convencional e na PBL

Metodologia convencional	Metodologia PBL
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docente assume o papel de especialista ou autoridade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Papel do docente é de facilitador, orientador, mentor, coaprendiz, ou consultor profissional
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes trabalham isoladamente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes trabalham em equipes que incluem outros membros da escola/ universidade.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes transmitem informações aos alunos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunos responsabilizam-se pela aprendizagem e criam parcerias entre colegas e professores.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes organizam os conteúdos na forma de palestras, com base no contexto da disciplina. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes concebem cursos baseados em problemas com fraca estruturação, delegam autoridade com responsabilidade aos alunos e selecionam conceitos que facilitam a transferência de conhecimentos pelos alunos. E aumentam a motivação dos alunos pela colocação de problemas do mundo real e pela compreensão das dificuldades encontradas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes trabalham individualmente nas disciplinas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estrutura escolar é flexível ▪ I e oferece apoio aos docentes. ▪ Docentes são encorajados a mudar o panorama instrucional e avaliativo mediante novos instrumentos de avaliação e revisão por pares.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunos são vistos como tábula rasa ou receptores passivos de informação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes valorizam os conhecimentos prévios dos alunos, buscam encorajar a iniciativa dos alunos e delegam responsabilidade aos alunos.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunos trabalham isoladamente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunos interagem com o corpo docente de modo a fornecer <i>feedback</i> imediato sobre o curso, com a finalidade de melhorá-lo continuamente.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunos absorvem, transcrevem, memorizam e repetem informações para realizar tarefas de conteúdo específico, tais como, questionários e exames. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Docentes concebem cursos baseados em problemas, com fraca estruturação que preveem um papel para o aluno na aprendizagem.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aprendizagem é individualista e competitiva. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aprendizagem ocorre em um ambiente de apoio e colaboração.

Fonte: Ribeiro (2010, p.38).

O processo da PBL se inicia no planejamento do professor – ou coordenação de professores, quando implementado em nível institucional – na elaboração e alcance do problema, definição de conceitos a serem abordados, estrutura física necessária, divisão dos alunos em grupos e perspectivas avaliativas, para citar os pontos principais.

Uma vez estruturado o processo, cada turma será combinada em grupos. Devem ser formados grupos pequenos, de 5 a 10 integrantes, a depender do número total de

alunos na turma, e das condições do professor em oferecer tutoria adequada. Não é dada uma premissa ou teoria específica em relação à formação de grupos, como, por exemplo, por afinidade, por homogeneidade ou outros fatores de distribuição (BERBEL, 2011; RIBEIRO, 2005, 2010; SOUSA, 2010).

Após a divisão e agrupamento dos alunos, o professor tutor irá apresentar à turma o problema a ser resolvido. Dando prosseguimento, se dará a estrutura básica da PBL em sessões tutoriais, pela exploração do que se denominam sete passos da PBL (RIBEIRO, 2005, 2010; MONTEIRO *et al.*, 2012; ENEMARK; KJARERDAM, 2016). A quantidade de sessões tutoriais pode ser determinada pela complexidade do problema e pelo tempo que será dedicado à sua solução. Duas sessões tutoriais são amplamente utilizadas na PBL, como uma estrutura peculiar e caracterizadora, sobretudo durante as implantações iniciais da metodologia (FONSECA *et al.*, 2006; GENTIAL; FURLANETTO, 2009; SOUSA, 2011).

As seções sintetizam uma série de tarefas, que objetivam a compreensão, o planejamento e organização do processo de solução do problema. As tarefas podem se diversificar, de acordo com o formato e a extensão da PBL, mas, em geral, incluem,

Fazer *brainstorming*³⁶ sobre as possíveis soluções; Identificar uma série específica de tópicos para ajudar a coletar informações; Dividir responsabilidades sobre o recolhimento de informações; Desenvolver uma linha do tempo para o recolhimento de informações; Pesquisar por informações sobre o problema ou a questão; Sintetizar os dados coletados; Tomar decisões cooperativamente sobre como prosseguir a partir desse ponto; Determinar quais informações adicionais podem ser essenciais; Desenvolver um produto, ou múltiplos produtos ou artefatos, que permitam que os estudantes comuniquem os resultados de seu trabalho (BENDER, 2014, p. 24)

Na primeira sessão tutorial, divididos em grupos, os alunos devem distribuir os papéis que irão desempenhar na resolução do problema a eles apresentado, como sintetiza o quadro 8 (RIBEIRO, 2010). À medida que a PBL for aplicada a novos problemas, os alunos devem assumir diferentes papéis, como forma de incitar o desenvolvimento de habilidades distintas (RIBEIRO, 2005, 2010; BERBEL, 2011; SOUSA, 2011).

³⁶ O processo de *brainstorming* significa uma avalanche de ideias – o maior número possível - propostas para a resolução de um problema, sem descartar, num primeiro momento, nenhuma delas. Não raro, é

Quadro 8 – Descrição dos papéis dos participantes do grupo tutorial

Estudante coordenador	Estudante secretário	Membros do grupo	Tutor
Liderar o grupo tutorial	Registrar pontos relevantes apontados pelo grupo	Acompanhar todas as etapas do processo	Estimular a participação do grupo
Encorajar a participação de todos	Ajudar o grupo a ordenar seu raciocínio	Participar das discussões	Auxiliar o coordenador na dinâmica do grupo
Manter a dinâmica do grupo tutorial	Participar das discussões	Ouvir e respeitar a opinião dos colegas	Verificar a relevância dos pontos anotados
Controlar o tempo	Registrar as fontes de pesquisa utilizadas pelo grupo	Fazer questionamentos	Prevenir o desvio do foco da discussão
Assegurar que o secretário possa anotar adequadamente os pontos de vista do grupo		Procurar alcançar os objetivos de aprendizagem	Assegurar que o grupo atinja os objetivos de aprendizagem. Verificar o entendimento sobre as questões discutidas

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2010, p. 35)

Para a resolução de problemas utilizando a PBL, os estudantes devem considerar uma sequência de passos, sintetizados e apresentados no quadro 9, propostos por Schmidt (1983), e traduzido por Neto *et al.* (2014).

Quadro 9 – Passos envolvidos na PBL

1	Primeiro encontro do grupo, o problema é analisado, sendo esclarecidos os termos presentes no texto do problema.
2	O grupo deve buscar uma definição ou formulação do problema, estabelecendo quais são os processos ou fenômenos a serem explicados, ou quais as soluções a serem buscadas.
3	Busca-se a análise do problema, procurando ativar os conhecimentos prévios que os membros já possuem sobre o tema. Os alunos debatem livremente suas possíveis explicações, ou propostas de soluções para o problema.
4	Os estudantes procuram sistematizar os aspectos debatidos no passo anterior, visando estruturar e sumarizar as possíveis explicações para o problema, ou as propostas de ações a serem desencadeadas.
5	O grupo faz uma identificação de objetivos da aprendizagem, questionando-se sobre o que os participantes precisariam conhecer melhor para aprofundar sua compreensão do problema e tornarem-se capazes de explicá-lo (ou solucioná-lo) de forma mais satisfatória. As análises conduzidas nos passos anteriores fornecem elementos para a identificação das lacunas de conhecimentos dos alunos a serem preenchidas nas etapas seguintes e que auxiliam na formulação dos objetivos de aprendizagem.
6	Fase do estudo individual, no qual o aluno busca identificar e utilizar os recursos de aprendizagem que lhe permitam adquirir os conhecimentos necessários para alcançar os objetivos estabelecidos.
7	Os alunos voltam a se reunir, apresentando de forma sistematizada os resultados de seu estudo individual, procurando justificar sua análise e as proposições feitas a partir da aquisição dos novos conhecimentos. Nesse passo são revistos e refinados os resultados do passo 6, de modo a permitir que o grupo sistematize uma proposição final ou proposta de ação para o problema.

Fonte: Schmidt (1983 apud NETO *et al.*, 2014, p. 31).

O procedimento descrito no sétimo passo, supracitado, prepara o grupo para a segunda sessão tutorial, e finalização da PBL, que constitui a apresentação da solução proposta pelo grupo, a partir dos conhecimentos prévios, e elaborada pelo processo da

necessário esclarecer aos alunos sobre esta atividade, pelo hábito de alguns de descartar ideias dos outros integrantes, com base nas suas referências pessoais de solução do problema (ALMEIDA, 2015, p. 59).

PBL. Na finalização os grupos compartilham com o tutor e os demais grupos as soluções propostas, que podem ser complementadas pela interação da turma (RIBEIRO, 2005).

No encerramento de cada sessão PBL, é feito o processo de avaliação, que prima pela formação dos participantes, para além do processo classificatório (RIBEIRO, 2010; SOUSA, 2010; BERBEL, 2011). Este momento deve proporcionar condições de reflexão e de avaliação do processo educacional e se sedimenta numa tríade, em que cada aluno avaliará a si mesmo e ao grupo, e ainda serão avaliados pelo tutor. Esta avaliação pode ser realizada de forma escrita, ou mesmo num espaço aberto à verbalização e debate das avaliações (BERBEL, 2011; BORGES *et al.*, 2014; RIBEIRO, 2005). No caso das verbalizações, cada membro do grupo expõe sua avaliação, sem que seja interrompido, e os comentários são feitos ao final (BORGES *et al.*, 2014). Estes autores reforçam que esta formatação demanda maior disponibilidade de tempo em relação à formatação de uma aula dita convencional.

2.3 A Sequência Didática

Inicialmente denominadas como Engenharia Didática, as SD se originaram na década de 1970, como metodologias de ensino que buscavam a melhoria na linguagem, num contexto envolvendo Matemática e Física, e compreendiam um pensar pedagógico organizado (ARTIGUE, 1996). Segundo Giordan, Guimarães e Massi (2012), as SD foram reinterpretadas no início do século XXI, e são compreendidas como uma articulação contextualizada, contemplando mediação docente e práticas centradas no aluno, não havendo, no entanto, uma única conceituação a respeito do que seja uma SD.

Encontramos identidade nas definições por Dolz (2004 apud SILVA, 2012, p. 51), “[...] ... a saber, é uma sequência de módulos de ensino para melhorar a prática docente de linguagem”, e em Zabala (1998, p.18), que enuncia, “[...] são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.”. De acordo com Azevedo (2008), sob determinados aspectos, a construção de SD pode representar uma questão de interface entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar, como nos casos dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea.

Segundo Zabala (1998), para que se possa caracterizar uma prática como SD, é necessário que alguns elementos essenciais sejam contemplados. Desta forma, a partir de

uma análise preliminar, expressa por um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos, o professor deve conceber atividades ordenadas, objetivadas e articuladas, para que se possa melhorar a prática da linguagem que se intenciona agir. Esta estrutura deve ser aplicada, e, *a posteriori*, deve-se fazer uma análise da construção e da elaboração que foram realizadas. Com base na análise, revisa-se as práticas. E, ao final, buscar validação interna – com base nos objetivos iniciais – e externa – com base em critérios que podem ser elaborados pelo docente (ZABALA, 1998).

Na elaboração desta pesquisa, ao observarmos as características que compõem uma SD segundo Zabala (1998), encontramos afinidade entre os seus objetivos e os das MA que escolhemos utilizar, e, portanto, construímos uma sequência de atividades, ou unidades didáticas, que possibilitasse aos alunos aprender conteúdos que, Zabala (1998) define como, referentes a conceitos, a procedimentos e a atitudes.

O cronograma com a estrutura dos Encontros da SD elaborada está mostrado na figura 11. Esta imagem foi apresentada à turma no início do primeiro encontro. Os encontros, identificados como E1 a E6, tiveram o tempo de duração variável, de acordo com as atividades planejadas e desenvolvidas. Para a aplicação utilizamos o equivalente a 16 aulas de 45 minutos. Foram, ao todo, 45 dias, do início ao fim da realização da proposta.

Figura 11 – Estrutura dos Encontros da SD proposta

SD . TURMA ENGENHARIA CIVIL					
	Descrição dos conteúdos e/ ou atividades	Abordagens Metodológicas	Duração (min)	Aulas*	Data
E1	Apresentação da SD, Sondagem inicial. Breve Histórico do Desenvolvimento Científico – a origem da Ciência Contemporânea e a Transição da Física Clássica para a Física Moderna.	Aula Expositiva	90	1 e 2	31/jan
E2	A natureza e a composição da luz. Luz, Cores e Visão.	IpC e EsM	135	3, 4 e 5	07/fev
E3	Espectrometria (Experimentação). Luz, Cores e Visão. Índice de Reprodução de Cores.	EsM e Experimentações 1 e 2	135	6, 7 e 8	14/fev
E4	Radiação do Corpo Negro. Quantização de energia e dualidade da natureza da luz: onda ou partícula?. Temperatura de Cor Correlata.	IpC e EsM	135	9, 10 e 11	21/fev
E5	Características Psicofisiológicas da Luz. Estudo de variáveis Luminotécnicas. O que envolve o ato de projetar iluminação? Projetos Luminotécnicos.	PBL. Seção tutorial 01	90	12 e 13	07/mar
E6	Apresentação das Propostas de Iluminação. Finalização do PBL.	PBL. Seção tutorial 02	135	14, 15 e 16	14/mar

* A organização em unidades de 45 minutos busca viabilizar a transposição da SD para outras formas de organização de tempo de aula.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017

As MA compõem a SD como metodologias de ensino e aprendizagem, dado o seu potencial para gerar uma AS. A SD elaborada neste estudo foi estruturada em dois momentos. Inicialmente, utilizamos as MA de EsM e IpC, visando melhorar a compreensão conceitual da luz, e, prosseguindo, utilizamos a experimentação para promover a transposição destes conceitos às fontes de luz artificial utilizadas no estudo luminotécnico. Outro objetivo desta primeira etapa foi introduzir os alunos às MA, pelo estudo individual que precedia as aulas, e ao desenvolvimento da argumentação em sala de aula no momento de compartilhar os conceitos em processo de aprendizagem. Essa postura argumentativa faz parte das características necessárias à formação do engenheiro, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino de Engenharia (BRASIL, 2002).

Na segunda etapa da SD, identificados pelos E5 e E6, intencionamos verificar a aprendizagem dos conceitos estudados na primeira fase (os primeiros quatro encontros). Por meio da proposição de uma metodologia PBL, intencionamos que os alunos, possam elaborar uma proposta adequada de iluminação, partindo da compreensão conceitual de Luminotécnica e dos conceitos relativos às grandezas estudados.

2.4 A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

David Paul Ausubel, norte-americano, vindo de uma família judia, nasceu em 1918, tornou-se psicólogo, médico psiquiatra, professor e pesquisador, doutor em Psicologia do Desenvolvimento, dedicou-se, a partir de 1950, ao estudo da Psicologia Cognitiva e a explicar como a pessoa aprende (DISTLER, 2015). Motivado por uma insatisfação pessoal com a educação formal que recebeu, Ausubel elaborou, na década de 1960, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), com base na construção cognitiva humana, visando orientar um processo de aprendizagem que criasse significados relevantes para o estudante (MOREIRA, 1979).

A característica central da TAS é que um processo de ensino e aprendizagem que vise a estabelecer conceitos ao aprendiz de modo significativo deve identificar inicialmente o que o estudante sabe sobre o que se deseja ensiná-lo, e, a partir dessa base, edificar todo o processo de aprendizagem de forma gradativa (MOREIRA, 1999). Segundo Aragão (1976), numa perspectiva ausubeliana, este conhecimento prévio servirá de ancoradouro, de sustentação, para o aprendizado que se deseja propiciar. Em contrapartida, como salienta Moreira (1999), sem esta âncora, ou seja, sem uma conexão

segura, as informações ensinadas terão caráter pouco duradouro e sem formação substantiva de significados. Esse processo, segundo o autor, é classificado como aprendizagem mecânica, que seria distinta de uma aprendizagem significativa (AS). É necessário destacar que esses dois processos não são antagônicos e podem coexistir num contínuo (ARAGÃO, 1976).

Ausubel reconhece que, de modo geral, existe três tipos de aprendizagem, a afetiva, a psicomotora e a cognitiva, e dedica seus estudos à esta última (MOREIRA, 1999). “A aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva.” (MOREIRA, 1999, p. 152). Desta forma, todas as informações, conceitos, ideias, proposições, que um indivíduo aprendeu estão armazenados de forma estruturada e constituem um conteúdo total organizado, denominado de estrutura cognitiva. Este é um conceito importante nesta perspectiva, uma vez que, para a TAS, o fator isolado de maior importância num processo de aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe e cabe ao professor identificar estes conhecimentos e a eles ligar novas informações e ideias relevantes (ARAGÃO, 1976).

Um outro aspecto a ser destacado, segundo Moreira (1999), é que no estudo da TAS a ênfase está na aquisição, no armazenamento e na organização das informações no cérebro de quem aprende. Portanto, a aprendizagem se dá à medida que a organização prévia das ideias é revista diante da nova informação, e esta se relaciona à estrutura cognitiva, que se reorganiza hierarquicamente, de maneira progressiva, de modo que elementos mais específicos são ligados a conceitos mais gerais, e, após este processo, são assimilados. Nesse sentido, num contexto de aprendizagem específico, a estrutura cognitiva se refere àquela área em particular relacionada com o contexto em que se aprendeu (MOREIRA, 1999; DISTLER, 2015).

Para Ausubel, a aprendizagem consiste, portanto, na ampliação da estrutura cognitiva do indivíduo, por meio da incorporação de novas informações, e esta será significativa à medida que as novas ideias interagirem e se relacionarem a um aspecto relevante da estrutura de conhecimentos do aprendiz (MOREIRA, 1999). Neste ponto, Moreira (1979) apresenta uma outra definição importante da TAS, à essa informação existente e com potencial de ancorar a informação nova, dá-se o nome de conceito subsunçor. Segundo Moreira (1999) conceitos subsunçores podem ser definidos como estruturas de conhecimento sobre determinado assunto (específicas), podendo ser mais ou menos abrangentes. Torres e Irala (2014) se referem ao subsunçor como conceito

inclusor, uma vez que este permite que a nova informação ou ideia seja incluída na estrutura cognitiva do aprendiz.

Quando os conceitos subsunçores relativos ao que se deseja ensinar não existem na estrutura cognitiva do indivíduo, Ausubel recomenda o uso de Organizadores Prévios (OP), ou antecipatórios, para criar subsídios que sirvam de ancoradouro provisório para a nova aprendizagem e estimular o desenvolvimento de conceitos subsunçores (ARAGÃO, 1976). OP são materiais introdutórios adequados que apresentem relevância, e sejam o quanto possível, claros e com ideias ou conceitos que sirvam de base para o estudo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Sobre as características dos materiais OP,

Os organizadores antecipatórios ajudam o aluno a reconhecer que elementos dos novos materiais de aprendizagem podem ser significativamente aprendidos relacionando-os com os aspectos especificamente relevantes da estrutura cognitiva existente. [...] os organizadores são apresentados num nível de abstração mais elevado, maior generalidade e inclusividade, do que o novo material a ser aprendido (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 143).

Segundo Moreira (1999), “O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. (MOREIRA, 1999, p. 155). E como veremos na seção 2.4.3, cabe ao professor, ao planejar a o ensino, investigar a existência de conceitos subsunçores entre os conhecimentos prévios dos alunos. E, caso não existam os conceitos ou ideias com potencial de suporte e ancoragem para as novas ideias, deve-se preparar atividades, com a função de OP, que introduzam tais conceitos (MOREIRA, 1999).

2.4.1 Condições e evidências de uma AS

Na perspectiva da TAS duas condições são necessárias para que a AS se efetive. Com base em Aragão (1976), a AS ocorre quando as novas informações se relacionam a conceitos relevantes (subsunçores), de maneira substantiva e não-arbitrária. Em relação a ser substantiva, denota que uma vez que o aluno aprendeu um conceito de forma significativa, ele será capaz de explicá-lo com suas próprias palavras, utilizando sinônimos ou uma linguagem própria. Quanto à não arbitrariedade, entende-se que deve existir uma relação lógica e explícita entre o novo conceito e algum conceito subsunçor. A partir deste ponto, enuncia-se uma condição para que a AS aconteça, que estabelece

que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, e isto deve ocorrer de maneira não-arbitrária e não-literal (substantiva) (MOREIRA, 1999).

A segunda condição estabelece que é necessário que o aprendiz apresente disposição em relacionar a nova informação, potencialmente significativa, à sua estrutura cognitiva, de maneira substantiva e não-literal. Do contrário, não basta que o material seja adequado, se o aluno manifestar disposição para memorizá-lo, de forma mecânica (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Em relação às evidências de uma AS, uma vez apropriado o conceito ou proposição de forma significativa, o aluno irá demonstrar clareza, precisão, diferenciação e transferência das informações (ARAGÃO, 1976). Sobretudo, cabe ao professor elaborar formas de avaliação sobre as evidências de uma AS, proporcionando ao aluno aplicar os conhecimentos em situações distintas das situações de aprendizagem daquele conteúdo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

2.4.2 Tipos de aprendizagem significativa e teoria da Assimilação

Ausubel, pressupondo que a AS deva ser desejada em relação a um processo mecânico de aprendizagem, classifica três tipos de processo de instrução significativo, que pode ser, representacional, conceitual e proposicional (MOREIRA, 1999).

De acordo com Moreira (1999), a aprendizagem representacional é o tipo mais básico de AS, que faz parte das demais e está relacionada à identificação de objetos com as palavras, símbolos ou signos que lhe referem, ou seja, com base na representação.

A AS conceitual é mais elaborada que a representacional e depende, pois, de associações relativas a objetos ou processos (ARAGÃO, 1976; FRAGELLI, 2010). Segundo Aragão (1976), a AS conceitual se divide em dois tipos, a denominada de AS por formação de conceitos – na qual a formação de conceito vem do contato ou experimentação com os símbolos, objetos ou propriedades, e da interação com as outras pessoas; e ainda, há outro tipo – denominada de AS conceitual por assimilação, que se produz à medida que se amplia o vocabulário –, e ambas acontecem enquanto o ser humano se desenvolve, passando a elaborar conceitos (ARAGÃO, 1976).

O terceiro tipo de AS, a proposicional, é ainda mais elaborado e se refere à elaboração de proposições que podem relacionar um ou mais conceitos e múltiplas representações, utilizando tanto características e atributos denotativos, quanto conotativos (MOREIRA, 1999). De acordo com Aragão (1976), deve-se diferenciar a AS conceitual e

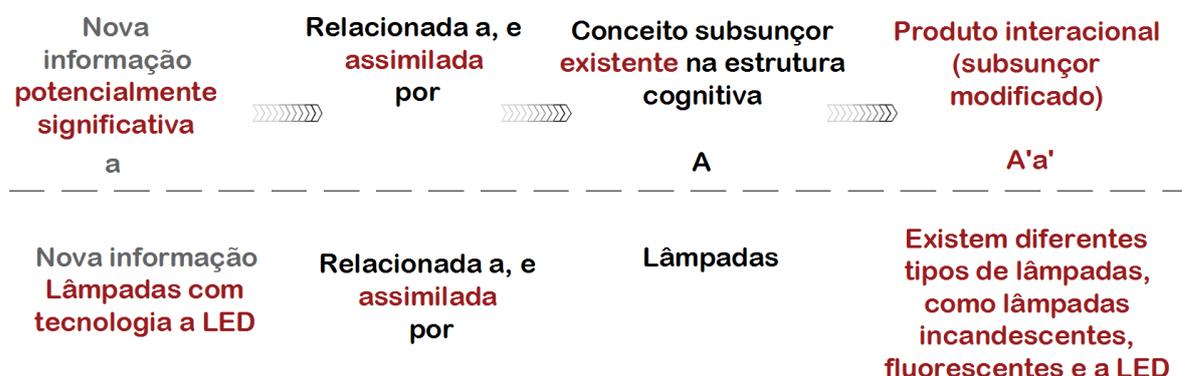
AS proposicional, pois, para que se possa compreender proposições, há que se entender, antes, cada um de seus termos, logo, a aprendizagem proposicional pressupõe a aprendizagem conceitual.

Os dois tipos de aprendizagem significativa – conceitual e proposicional – diferem, uma vez que, no primeiro, os atributos criteriais de um novo conceito são relacionados à estrutura cognitiva para gerar um novo significado unitário, enquanto que no segundo, uma proposição (ou ideia compósita) é relacionada à estrutura cognitiva para gerar um significado compósito. Ambas diferem da representacional, embora a aprendizagem de conceitos seja geralmente seguida por uma representação na qual o conceito recém aprendido torna-se equivalente à palavra conceito a ele relacionado (ARAGÃO, 1976, p. 23).

Cabe ainda destacar que, em seus estudos, Ausubel propõe, para além das formas de AS, o que denomina como teoria da Assimilação na intenção de esclarecer o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, quer para a aprendizagem, quer para a retenção de informações (MOREIRA, 1999).

O esquema da figura 10 representa este processo, no qual uma nova informação potencialmente significativa é assimilada a um conceito subsunçor existente, formando um produto interacional na estrutura cognitiva, mais amplo e mais inclusivo, que os conceitos anteriores (MOREIRA, 1999). Ainda na figura 12, associamos um exemplo de um processo de assimilação dentro do conteúdo de Luminotécnica, em que o aluno já possui o subsunçor e esse é ampliado após um processo de assimilação, numa proposta de AS.

Figura 12 – Esquematização da teoria da Assimilação de Ausubel



Fonte: Baseada em Moreira, (1999, p. 158).

O conceito da teoria da Assimilação pode ser, então sintetizado,

[...] a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição **a**, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, como um

exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo. Tal como sugerido no diagrama, não só a nova informação **a**, mas também o conceito subsunçor **A**, com o qual ela se relaciona, são modificados pela interação. Além disso, **a'** e **A'** permanecem relacionados como coparticipantes de uma nova unidade **a'A'** que, em última análise, é o subsunçor modificado (MOREIRA, 1999, p. 158).

Desta forma, a assimilação ou “ancoragem”, conforme propõe a teoria, operam como facilitadores no processo de retenção da informação ou conceito que se aprende, e Moreira (1999) completa, formulando que a nova informação, já assimilada, fica disponível por um período variável de tempo, e que, após este período, a informação nova tende a se perder, caso não tenha sido associada a um outro conceito.

Um estágio seguinte à assimilação é denominado de assimilação obliteradora, desta forma, um tempo após serem assimilados, os novos conceitos tornam-se espontâneos, e, gradativamente, menos separáveis de seus subsunçores, até que não sejam mais reproduzíveis como entidades individuais (MOREIRA, 1999). O que significa que os conceitos individuais, antes distintos e associados, vão desaparecendo pouco a pouco, e teremos os conceitos novos (subsunçores modificados) ocupando o lugar dos anteriores.

2.4.3 Planejamento de um material de ensino potencialmente significativo

Ao processo de AS, deve ser considerada a parcela de participação do aprendiz, do material e do professor, como define Ausubel,

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não-literal). Uma relação não arbitrária e substantiva significa que as ideias são relacionadas a algum **aspecto relevante existente** na estrutura cognitiva do aluno, como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição. A aprendizagem significativa pressupõe que o aluno manifeste uma disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva – e que o material aprendido seja potencialmente significativo – principalmente incorporável à sua estrutura de conhecimento através de uma relação não arbitrária e não literal (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34, grifo dos autores).

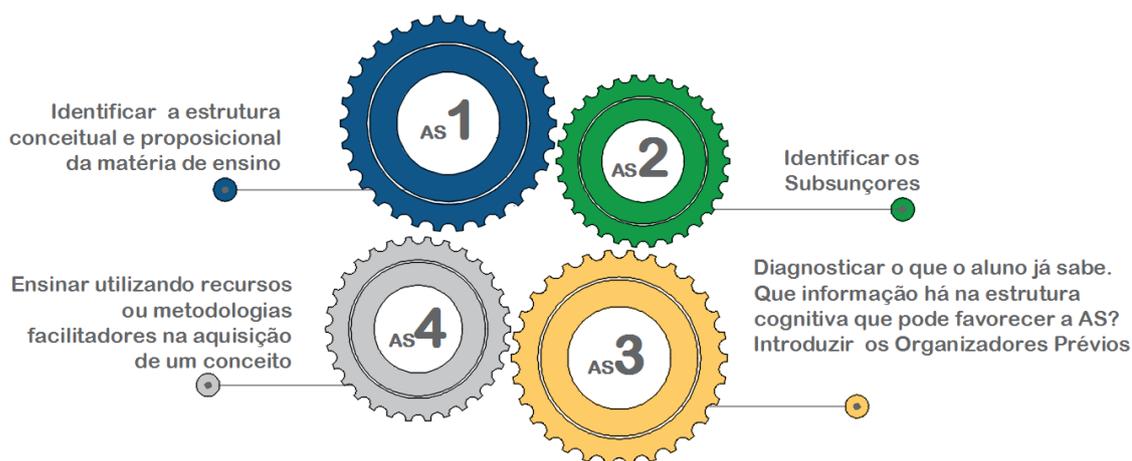
Em face dessa compreensão, para fomentar condições para que a AS ocorra, o professor deve estruturar o material de ensino, de modo a torná-lo potencialmente significativo, seguindo, minimamente, quatro tarefas consideradas por Moreira (1999) como essenciais, conforme mostra o quadro 10.

Quadro 10 – Tarefas fundamentais ao professor na facilitação de uma AS

1	Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.
2	Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.
3	Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.
4	Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimento, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. É óbvio que, para isso, deve levar em conta não só a estrutura conceitual da matéria de ensino, mas também a estrutura cognitiva do aluno no início da aprendizagem e tomar providências adequadas (por exemplo, usando organizadores, ou “instruções-remédio”), se a mesma não for adequada.

Fonte: Extraído de Moreira (1999, p. 162).

De modo simplificado, no capítulo 3, apresentaremos a descrição de cada um dos quatro requisitos ou tarefas fundamentais do planejamento proposto por MOREIRA (1999). Na figura 13, ilustramos como engrenagens, cada um dos requisitos.

Figura 13 – Planejamento com as tarefas fundamentais ao professor na facilitação de uma AS, Moreira (1999)

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Nesta pesquisa, consideramos e relacionamos as tarefas propostas por Moreira (1999) na estruturação da SD desenvolvida, objetivando uma AS de conceitos de Luminotécnica, conforme apresentaremos no Percorso Metodológico, explicitado no terceiro capítulo.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Este capítulo está estruturado pela fundamentação teórico-metodológica que embasou a pesquisa, bem como pela apresentação do contexto educacional que proporcionou o seu desenvolvimento e a elaboração da SD como material instrucional.

3.1 O cenário da pesquisa

O IFG é uma instituição multicampi, especializada na oferta de educação profissional e tecnológica, que articula educação básica e profissional, pluricurricular, na forma de cursos técnicos integrados ao Ensino Médio, técnicos subsequentes, tecnólogos, educação profissionalizante para jovens e adultos, Ensino Superior em bacharelados e licenciaturas, e pós-graduação. Nesta ampla atuação, a instituição se estrutura em ofertar educação pública gratuita na forma de ensino, pesquisa e extensão, numa estreita relação com a comunidade, mantendo sua gênese de Escola Técnica Federal de Goiás e do Centro Federal de Ensino Tecnológico (INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS, [2016]). Pires, Souza e Diogo (2017), ressaltam a importância que a instituição atribui à tríade ensino, pesquisa e extensão, como eixos estruturantes e intrinsecamente relacionados. Sobre os propósitos do desenvolvimento de pesquisas voltadas ao ensino destacam,

[...] desenvolver reflexões e apresentar resultados que sirvam para a qualificação do ensino em seus diferentes níveis e modalidades, tendo em vista a atuação peculiar dos Institutos Federais, verticalizada em ensino médio, ensino superior e pós-graduação e diversificada em ensino técnico, licenciatura, bacharelado e Educação de Jovens e Adultos (PIRES; SOUZA; DIOGO, 2017, p. 9).

O Câmpus Jataí, local de desenvolvimento e aplicação desta pesquisa, está localizado na região sudoeste do Estado de Goiás, existe desde 1988, é a unidade mais antiga das 15 atuais na estrutura multicampi, sendo posterior apenas à construção do Câmpus Goiânia (INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS, [2016]).

Em relação à disciplina de Instalações Elétricas, esta é comum à base curricular das graduações em Engenharia Civil, em todo o território nacional, com base na Lei Federal Nº 5.194/1966³⁷ e na Resolução Nº 1.010/2005³⁸. No IFG, a disciplina é

³⁷ Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5194.htm. Acesso em: 20 fev. de 2017.

oferecida aos alunos de Engenharia Civil, no oitavo período do curso no turno noturno. Participaram da pesquisa, com duração de 45 dias, os 21 estudantes matriculados segundo semestre de 2016, na disciplina de Instalações Elétricas. Os alunos assinaram o Termo de Consentimento Informado e Esclarecido que se encontra no Apêndice P (p. 314), no qual autorizavam o uso de dados e imagens obtidas durante a participação na disciplina, para fins acadêmicos. A pesquisa se desenvolveu no segundo semestre letivo do ano de 2016.

Com este entendimento, planejamos na pesquisa uma avaliação, prioritariamente, qualitativa, com algum suporte de elementos quantitativos, da construção de conceitos ao longo da SD – com a EsM, a IpC e, ao final, a PBL – e da aplicação destes ao PBL, e do material produzido pelos alunos ao longo do desenvolvimento da SD.

A seguir, descrevemos o processo de elaboração da SD baseada na TAS.

3.2 A elaboração de uma SD baseada segundo a TAS

Buscando investigar as contribuições de uma SD, por meio do uso de MA, com o objetivo de que os alunos compreendam significativamente as grandezas fotométricas e colorimétricas, e apliquem este conhecimento na construção de uma proposta luminotécnica adequada, para além da racionalidade técnica, elaboramos uma SD apresentada a seguir. A SD desenvolvida nos horários regulares de aula da disciplina³⁹.

Seguindo as recomendações de Moreira (1999), listadas no capítulo anterior, estruturamos a SD proposta para a pesquisa. O quadro 11 expressa as respectivas ações docentes relacionadas à SD, numa perspectiva da AS, propostas pelo autor e implementadas nesta pesquisa. Devido à dificuldade de se precisar conceitos subsunçores (DIOGO, 2014), e com base na estrutura conceitual e proposicional da disciplina, na identificação dos conceitos necessários à aprendizagem de Luminotécnica, propusemos como subsunçores os conceitos físicos dos princípios ondulatórios da luz (radiação, frequência, comprimento de onda, velocidade), de IRC e TCC, bem como a compreensão de uma proposta de iluminação adequada.

³⁸ Resolução Nº 1.010 de 22 de agosto de 2005, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA). Dispõe sobre a atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema CONFEA/CREA, para efeito de fiscalização do exercício profissional. Disponível em: < <https://goo.gl/cqz4n7>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

³⁹ As aulas são dispostas em blocos de aulas duplas de 45 minutos, totalizando noventa minutos, com intervalos de 15 minutos entre blocos. A organização em unidades de 45 minutos apresentada busca viabilizar a transposição da SD para outras formas de organização de tempo de aula.

Quadro 11 – Correspondência entre as tarefas fundamentais numa AS e o planejamento das ações na elaboração da SD

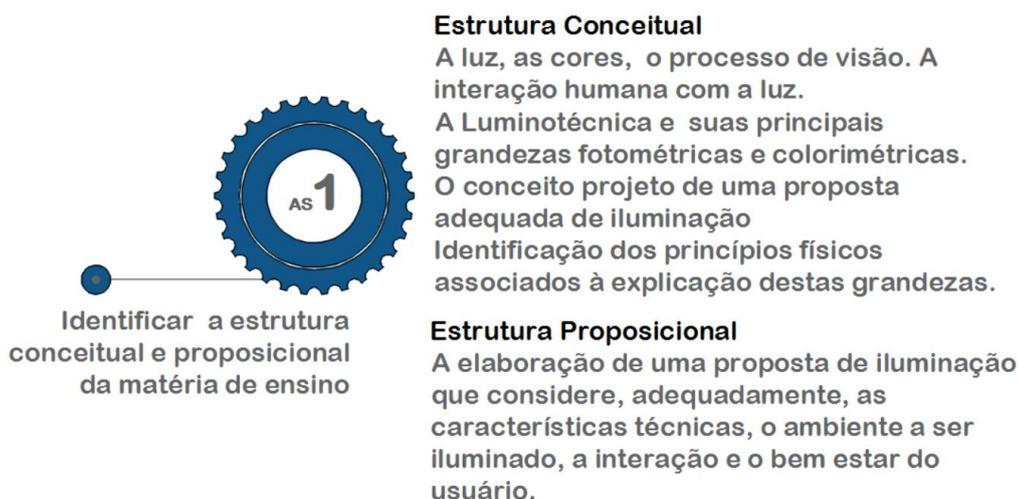
Tarefas fundamentais ao professor para facilitar a AS, segundo Moreira (1999, p. 162).	Planejamento das ações na elaboração da SD
Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.	Estudo a respeito de projetos Luminotécnicos. Relação humana com a luz, conceitos de luz, cores e visão. Identificação das principais variáveis fotométricas e colorimétricas. Identificação dos princípios físicos associados à explicação destas grandezas.
Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.	Princípios físicos ondulatórios da luz (A luz como radiação eletromagnética (frequência, comprimento de onda e velocidade), luz e cores, fisiologia da visão. Espectroscopia. O que os alunos entendem como definição do ato de projetar? Conceito de Índice de Reprodução de Cores. Conceito de Temperatura de Cor Correlata. Interações psicofisiológicas humana em resposta aos ambientes iluminados.
Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.	Elaboração de um questionário para investigar o que os alunos sabem sobre os princípios físicos ondulatórios da luz. Atividade para saber o conceito dos alunos sobre o ato de projetar.
Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimentos, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis.	Utilização das MA – EsM, IpC e PBL – dado o seu potencial para elaborar uma SD que proporcione uma AS de Luminotécnica.

Fonte: Adaptado de Moreira (1999, p. 162).

A SD foi estruturada em seis unidades, denominadas Encontros (E⁴⁰). Para sua construção fizemos um estudo de conteúdo, a partir da definição de projetos de iluminação e das propriedades e efeitos psicofisiológicos relacionados à luz e à sua interação com o homem. Seguindo, investigamos as grandezas centrais de um projeto luminotécnico, que seriam abordadas neste estudo, para enfim, identificar quais grandezas fotométricas e colorimétricas seriam abordadas e quais conceitos físicos eram basilares à compreensão daquelas. De acordo com Moreira (1999), determinamos a estrutura conceitual da matéria a ser ensinada, apresentada na figura 14.

⁴⁰ A identificação dos Encontros está abreviada neste texto com a letra E, seguida do número referente.

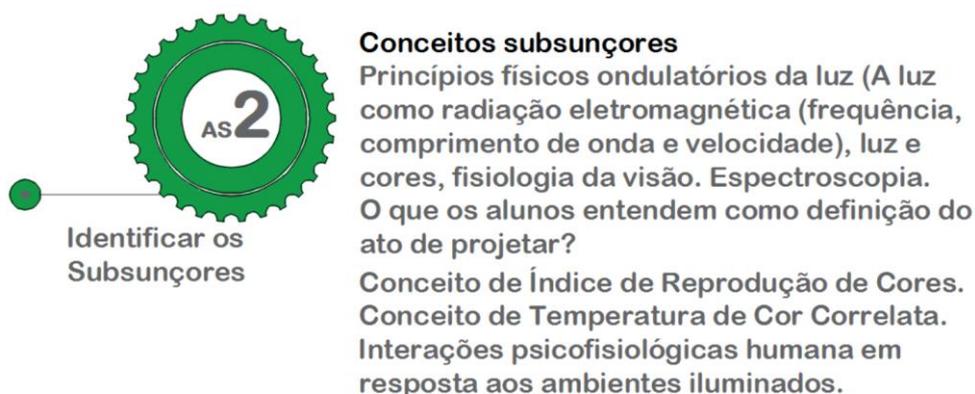
Figura 14 – Primeira tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Com base na estrutura conceitual, definimos os conceitos físicos necessários à compreensão da luz como fenômeno ondulatório e os aspectos da interação humana com a luz sendo, alguns fisiológicos e outros de resposta psicológica. Nesta ação, buscamos identificar os conceitos que pudessem servir de subsunçores, para construir progressivamente, uma estrutura conceitual que evolua de conceitos fundamentais do comportamento ondulatório da luz para conceitos específicos de Luminotécnica, como propõe a AS. Esta segunda tarefa está ilustrada na figura 15.

Figura 15 – Segunda tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

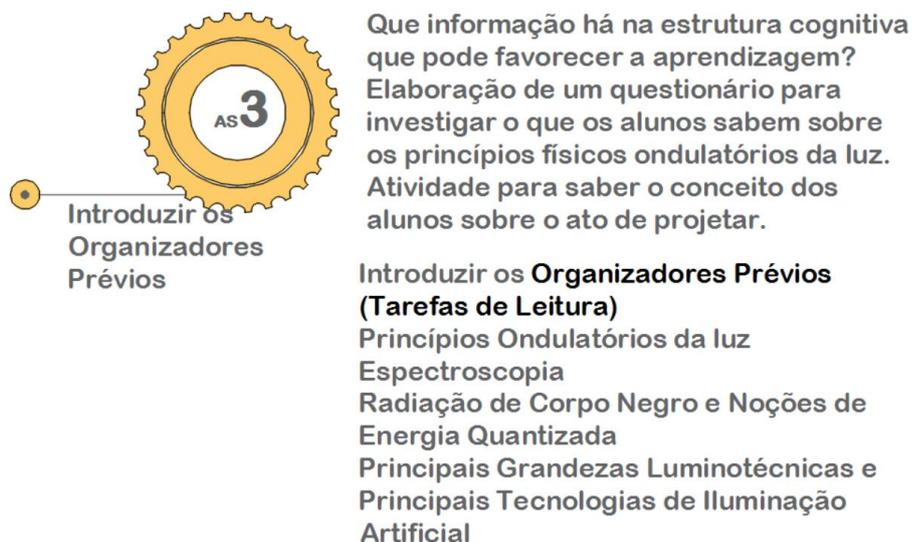
De modo análogo, com base na estrutura proposicional, identificamos como sendo necessário, que aluno tivesse o entendimento do ato de projetar para que pudesse,

durante a SD, ampliar este conhecimento para o conceito de projetar iluminação e à compreensão de uma proposta de iluminação adequada.

A partir do estudo, o ponto seguinte da elaboração da SD foi uma avaliação diagnóstica, para sondar os conhecimentos dos alunos relativos ao conceito de projetar (realizada no início do semestre) e outra relativa aos conceitos ondulatórios da luz (Apêndice A, p. 181) na forma de um questionário, realizada no E1 da SD), para que guiasse a elaboração das primeiras atividades de ensino e determinasse o conteúdo da unidade inicial, como expomos nos Capítulos 3 e 4.

Com base nas respostas ao questionário, identificamos de que forma os alunos compreendiam os conceitos relativos aos fundamentos ondulatórios da luz como radiação eletromagnética, como frequência, comprimento de onda, velocidade, e ainda, observamos que precisavam ser melhor entendidos pelos alunos. Desta forma, foi necessário elaborar um material, que introduzisse estes conceitos, ou melhorassem sua compreensão. Este passo está ilustrado na figura 16. Este material elaborado tem a função de um OP, na TAS. À medida que os estudos da SD foram desenvolvidos, esta tarefa foi realizada novamente, com as TL utilizadas no EsM e IpC.

Figura 16 – Terceira tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Sobre a distribuição destes conteúdos ao longo do estudo de Luminotécnica, justifica a duração da SD, pois diz respeito às atividades de preparações prévias dos alunos para as aulas, ora com as TL da EsM (Apêndice C, p. 184), ora com o estudo para a resolução de problemas da PBL. Em função dessas atividades, optamos por adotar um

encontro a cada semana, tendo assim, uma semana de intervalo para o desenvolvimento das atividades pelos alunos e pela professora.

As TL da EsM foram utilizadas com duas funções, a de OP – constituindo um material preparatório sobre o conteúdo da aula, introduzindo conceitos a serem utilizados como subsunçores – e para que, a professora pudesse saber, antecipadamente, à aula como estava o conhecimento dos alunos a respeito da compreensão dos conteúdos, à medida que evoluíamos na SD.

Por fim, a quarta tarefa diz respeito aos recursos e metodologias com potencial facilitador da aquisição dos conceitos. Para esta tarefa, realizamos o estudo bibliográfico das MA, como metodologias que se apresentam como alternativas para a aprendizagem conceitual, conforme apresentado no Capítulo 2, e selecionamos as que se identificam com os objetivos da pesquisa, conforme apresentados na Introdução deste texto. Esta tarefa encontramos na figura 17.

Figura 17 – Quarta tarefa fundamental numa AS (Moreira, 1999) e o planejamento das ações na elaboração da SD



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Justificamos as metodologias escolhidas para o atendimento aos objetivos da estrutura conceitual e proposicional do estudo de Luminotécnica. De acordo com o apresentado anteriormente, duas preocupações principais acompanharam a elaboração desta pesquisa. A primeira delas é favorecer a compreensão conceitual dos princípios físicos que explicam as grandezas do estudo de Luminotécnica e a importância de elaborar uma proposta de iluminação adequada, do ponto de vista técnico e de interação psicofisiológica com o usuário do ambiente a ser iluminado. Nesse sentido, foram escolhidas metodologias que vêm ao encontro da aprendizagem conceitual – EsM, IpC e PBL – como afirmam os estudos (RIBEIRO, 2005, 2010; MAZUR e WATKINS, 2010; ARAUJO e MAZUR, 2013; MAZUR, 2015). Outro ponto que advoga a favor da EsM e IpC é que estas metodologias possuem potencial de promover o engajamento cognitivo

do indivíduo que aprende, segundo Oliveira (2012) e Oliveira, Veit e Araujo (2015), favorecendo, portanto, a AS.

A segunda preocupação se refere a estimular o desenvolvimento de habilidades que sejam importantes na formação dos futuros engenheiros, como apresentado na seção 2.1. Com esse foco, foi escolhida para o estudo de uma proposta de iluminação, a PBL por se apresentar como uma metodologia com potencial de desenvolvimento de atitudes e competências, conforme afirmam os estudos de (RIBEIRO, 2005, 2010; NETO *et al.*, 2014).

A seguir, descrevemos a elaboração da proposta da SD.

Em tempo, justificamos o frequente uso de cores, recursos fotográficos e de diagramação que foram utilizados na confecção do material a ser apresentado aos alunos, com o intuito de que pudessem ser estimulados, num primeiro contato, com os recursos visuais do material. Este entendimento foi estendido a toda produção de material instrucional⁴¹, desde as atividades, questionários e fichas avaliativas, bem como às minixposições – da IpC e da PBL–, orientadas com o recurso de *software* de apresentação, que contém diversificadas imagens⁴² e vídeos.

3.3 O material elaborado

Nesta seção descrevemos o material elaborado, que compõe a SD, produto instrucional desta pesquisa (Apêndice O, p. 241). Assim, nas subseções, abordaremos cada uma das produções.

A estrutura dos encontros da SD, numa abordagem de AS, pressupõe uma construção progressiva de conceitos, à medida que conceitos mais gerais e inclusivos são estudados, e evoluem a conceitos mais específicos e menos inclusivos. Com tal foco, baseado nas premissas de Ausubel, este foi o caminho que intencionamos percorrer ao longo da SD, buscando proporcionar aos alunos uma AS dos conceitos e ideias estudados.

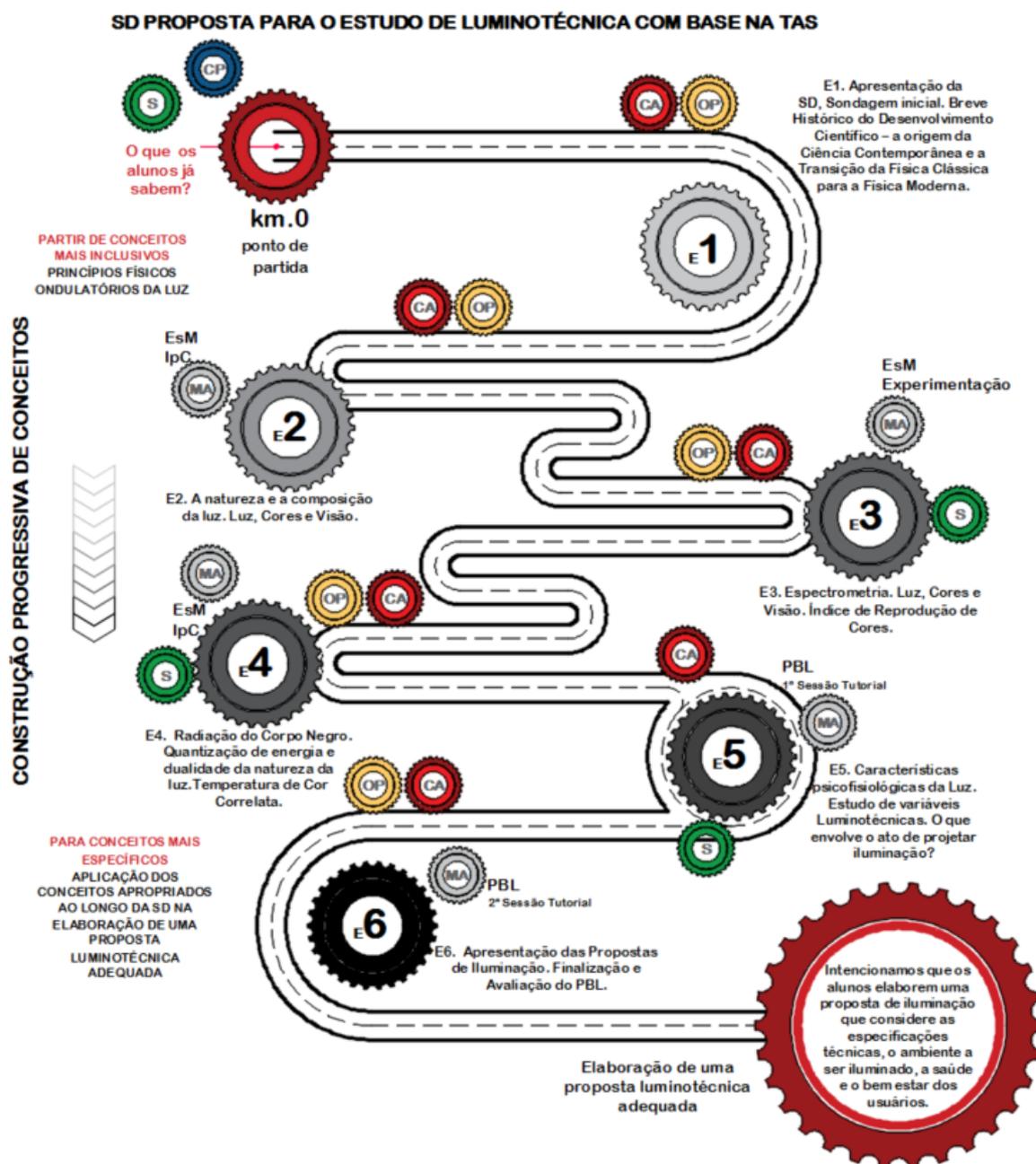
Intencionamos com a figura 18, expressar visualmente, o desenvolvimento e proposta da SD elaborada nesta pesquisa. A figura propõe a estruturação da SD como um caminho a ser percorrido, o qual escolhemos ilustrar na forma de uma estrada, sinalizada

⁴¹ Ressaltamos que poucos materiais foram efetivamente impressos, e, mesmo quando necessário, a versão digital foi apresentada por meio de um aparelho de projeção, e todos os arquivos gerados podem ser impressos utilizando as escalas de cinza, sem o uso das cores, caso seja necessário.

⁴² As imagens utilizadas foram cedidas por repositórios gratuitos e estão devidamente identificadas.

pela forma em linha, contínua e pontilhada. A estrada não é linear, é permeada por curvas, paradas, pontos de partida e de chegada.

Figura 18 – Percurso da SD na perspectiva de uma AS



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

No decorrer desta estrada, demarcamos pontos de “parada”, que marcam passagens, ou trechos do percurso de desenvolvimento da SD. Estes pontos, destacam importantes momentos da SD com base na TAS, como a identificação da estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, marcada por CP; a identificação (e proposição) de conceitos subsunçores, marcada com a letra S; a introdução de OP, na

forma de TL, marcada com o indicador OP; a proposição de metodologias facilitadoras ou utilização de recursos para a aquisição de conceitos, marcada com o indicador MA; a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, marcados com o indicador CA e os Encontros da SD, marcados com o indicador E, seguido do número correspondente ao encontro. Ao lado deste marcador, o conteúdo que identifica os principais conceitos estudados naquele encontro. Escolhemos representar com engrenagens, que via se regra são elementos que se encaixam para seu funcionamento conjunto, os Encontros, e os elementos da SD que representam as tarefas fundamentais ao professor, propostas por MOREIRA (1999).

Estes indicadores, aparecem no percurso, mostrando a complexidade do trajeto percorrido, por nós e pelos alunos. Ao pensar na complexidade, apenas para ilustração, inserimos curvas sinuosas – como as situadas entre os E2 e E3 e entre os E4 e o E5 – para lembrar que a elaboração da proposta, com base nas TAS e nas MA, não é um caminho certo e determinado. O desenvolvimento da SD, depende de um fator genuíno e indeterminado a cada aplicação, que é a identificação do conhecimento do aluno a respeito dos conteúdos a serem abordados no percurso. Este elemento, além de determinar o ponto de partida a cada “parada”, guia a estruturação do passo seguinte, e não apenas torna caminho mais interessante do ponto de vista do trajeto, mas o torna único a cada desenvolvimento.

3.3.1 Questionário para Sondagem dos Conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos Princípios Ondulatórios da Luz

Buscamos planejar a elaboração da SD considerando o conhecimento dos alunos em relação aos conteúdos de Física estudados no núcleo básico dos cursos de Engenharia. Em face disso, foi realizada após a apresentação inicial da proposta no E1, uma atividade de sondagem dos conceitos prévios a respeito dos princípios ondulatórios da luz, apresentada no Apêndice A (p. 181).

As questões foram elaboradas tendo como base os estudos de (MCKAGAN; PERKINS; WIEMAN, 2007). As questões abordaram o conceito físico de onda e de onda eletromagnética, caracterização elementar de ondas eletromagnéticas (amplitude, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação) incluindo representação gráfica, conceito de luz, diferenciação de cores de luz em função da frequência e comprimento de onda. Esses foram os conceitos considerados como necessários ao início

do estudo na SD. Desta forma, desejávamos com o questionário, saber quais conceitos faziam parte da estrutura cognitiva dos alunos.

3.3.2 Ficha para levantamento de dados para as comunicações remotas

Para a implementação das metodologias de IpC e EsM, conforme descrito na seção 2.2.2 e ilustrado na figura 7 deste texto, é necessário estabelecer uma comunicação com os alunos para envio e recebimento de arquivos referentes às atividades. Para tal, desenvolvemos uma ficha de consulta aos alunos a fim de saber se utilizam uma plataforma de comunicação e compartilhamento de arquivos; e em caso afirmativo, qual a mais comum entre eles, além de sua disponibilidade de acesso à *internet* fora do ambiente escolar. Esta ficha segue no Apêndice B (p. 182), para ser respondida pelos alunos no E1.

3.3.3 Tarefas de Leitura

Na perspectiva do uso das MA, o objetivo das TL é criar condições para que o aluno estude o assunto previsto antes da aula e fornecer ao professor informações sobre quais os conceitos mais intrigaram os estudantes, fomentando as dúvidas. Além destes objetivos, na SD proposta as TL têm a função de OP.

Conforme descrito na seção 2.2.1, de acordo com Mazur (2015) e Oliveira, Veit e Araujo (2015) a partir da interpretação das repostas dos alunos, é possível ao professor planejar a aula seguinte, direcionando mais atenção aos pontos que geraram maior dificuldade de compreensão. A este processo metodológico os autores identificam como uma aula feita para dúvidas específicas de alunos específicos, ao que denominam um EsM. Seguindo esta proposta, elaboramos as TL – na forma de textos e tarefas prévias às aulas – contendo ainda imagens ilustrativas e vídeos, que visam despertar o interesse dos alunos e propiciar a compreensão dos conceitos estudados. Os textos de apoio e as TL estão apresentadas no Apêndice D (p. 185).

Foram elaboradas três TL antecedendo, respectivamente, aos Encontros 2, 3 e 4.

As TL para o E2 foram compostas por dois textos. Conforme prevê a metodologia (Mazur, 2015) os textos devem ser compreensíveis aos estudantes e contemplar os assuntos da serem abordados na aula seguinte. Desta forma, o primeiro abordou os Princípios das Ondas Eletromagnéticas – Conceitos básicos de ondas e espectro eletromagnético e o segundo, Luz, Cores e Visão e tinham como objetivo sanar

as dificuldades conceituais dos alunos, demonstradas nas respostas ao questionário de sondagem de conhecimentos prévios, preparando os alunos para os estudos seguintes.

A TL para o E3 abordou o conceito de Espectroscopia e sua importância no estudo de iluminação. Ao final, relaciona alguns tipos de lâmpadas a seus espectros característicos, buscando ainda identificar a capacidade de cada tecnologia, de, em função da composição espectral, reproduzir as cores dos objetos. O objetivo era mostrar aos alunos que as lâmpadas possuem características construtivas que lhes conferem especificidades e limitações de uso e relacionar ao IRC, propriedade relevante ao estudo de iluminação.

As TL para o E4 foram compostas por dois textos, sendo o primeiro sobre os fundamentos da radiação de Corpo Negro, quantização de energia e dualidade da luz. O segundo texto retoma estes conteúdos, contextualizando-os aos estudos da Física Clássica e da Física Quântica, abordando a importância da construção histórica do conhecimento científico. A explicação da radiação de Corpo Negro foi retomada no E4 para explicar a TCC utilizada como referência no estudo de iluminação.

3.3.4 Testes Conceituais

Os TC fazem parte da IpC, constituindo-se de questões que são aplicadas aos alunos, em sala de aula, como parte das etapas da metodologia. Do ponto de vista dessa metodologia, os TC não intencionam, exclusivamente, a mensuração do conhecimento aplicado, mas sobretudo, são responsáveis por fomentar situações de aprendizagem aos alunos, por meio dos debates gerados com as possíveis e, por vezes, polêmicas, respostas corretas (MAZUR, 2015; SANTOS, 2016).

A escolha ou elaboração dos TC é essencial na realização dos objetivos de aprendizagem, o que exige do professor treinamento e dedicação a esta tarefa para a obtenção de questões que cumpram a proposta de estimular o envolvimento cognitivo dos alunos, que os motive a aprender (MAZUR, 2015; SANTOS, 2016). Algumas diretrizes orientadoras do perfil de questões salientam que os TC precisam explorar um conceito central, devem ter alternativas adequadas; não devem ser suficientes para sua resposta, nem ter um texto memorizado ou uma aplicação direta de equações, devem ter uma redação que não apresente ambiguidade e possuir complexidade mediana, nem tão fácil, nem difícil em demasia (CROUCH; MAZUR, 2001; MAZUR, 2015).

No desenvolvimento dos TC para esta pesquisa, confirmamos as dificuldades apresentadas em outros trabalhos (NETO *et al.*, 2014; VIEIRA, 2014; BERNARDES, 2016). Na aplicação dos TC utilizamos duas ou três questões para cada bloco de conteúdo, compostos por questões elaboradas exclusivamente para esta pesquisa, e o uso ou a adaptação testes de concursos e dissertações, que identificamos *a priori*, cumpriram os requisitos. Estas questões estão apresentadas no Apêndice E (p. 209). Foram elaboradas 12 questões, quatro foram adaptadas e seis questões foram utilizadas na íntegra, totalizando 22 questões, para serem aplicadas em dois encontros.

Os blocos de questões foram divididos de acordo com os assuntos abordados na TL que antecedia à aula, e complementando-a, a partir das novas informações apresentadas nas minixposições, anteriores à aplicação de cada bloco de TC. Desta forma, no E2 – A natureza e a composição da luz. Luz, Cores e Visão – os blocos foram divididos em: TC1. Os elementos de uma onda, TC2. Sobre a frequência, TC3. Sobre como enxergamos, TC4. Sobre as cores e a luz e TC5. Sobre a visão. No E4 – Radiação de Corpo Negro e Temperatura de Cor Correlata (TCC) – os blocos foram: TC6. Quantização da energia, TC7. Radiação de Corpo Negro e TC8. Temperatura de Cor Correlata.

Planejamos a aplicação duas questões por bloco de conteúdo, ou seja, questões que tivessem um conceito importante que gostaríamos que os alunos aprendessem ao final da atividade de leitura e debate dos textos. Preparamos uma terceira questão como reserva. Esta seria utilizada caso a questão, ou conceito trabalhado, gerasse maior polêmica. Ou quando, nas duas anteriores, evidenciassem-se equívocos conceituais, sendo necessário um esclarecimento maior e uma terceira aplicação do TC. Quando da aplicação, houve casos em que utilizamos a terceira questão para utilizar o tempo que restava para o término da aula.

Desta forma, desenvolvemos uma quantidade maior de TC, para ajustar as aulas conforme fosse necessário, de acordo com as respostas recebidas nas TL. Santos (2016) destaca a importância de se ter questões extras, em função da aleatoriedade do desenvolvimento da aula. E completa, reforçando que um mesmo acervo pode ser mais adequado a determinadas turmas e encontrar dificuldades ou desencadear argumentações e polêmicas distintas em outras. O professor deve realizar a leitura, e, sobretudo, nas primeiras aplicações, orientar aos alunos que não conversem antes da primeira votação.

O mecanismo de votação utilizado foi o *Plickers*. É um aplicativo gratuito para ser utilizado pelo professor, via computador e *smartphone*, para apresentação das

questões e registro dos dados relativos à aplicação da IpC. Não apresenta versão em Português, mas a interface simples da ferramenta e a disponibilidade de textos e vídeos tutoriais, elaborados em pesquisas educacionais, viabilizam sua utilização. Dentre alguns materiais disponíveis, utilizamos os tutoriais elaborados por Bernardes (2016), Oliveira (2012) e Santos (2016). Ratificamos o termo “excelente” utilizado por Santos (2016) para classificar a experiência com o *Plickers*.

Outros aplicativos foram considerados na escolha, como o *Socrative* e o *ClicPick*, ambos gratuitos. O primeiro foi descartado por necessitar de instalação nos dispositivos de acesso pelos alunos (computadores ou *smartphones*). Ao passo que o segundo requer a aquisição de um aparelho roteador do sinal de envio das repostas do *smartphone* do professor. Ademais, Lima e Santos (2016) relatam experiências exitosas utilizando a rede social *Facebook*⁴³ e o *Google Forms*⁴⁴.

Para o uso do *Plickers*, é necessário imprimir os cartões-respostas, disponibilizados na página do aplicativo, cadastrar as turmas e alunos e as questões.

O limite do aplicativo é 63 alunos/turma.

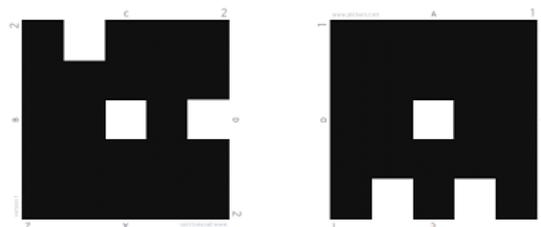
A cada aluno é atribuído um cartão. Os cartões-resposta possibilitam ao aluno responder uma de quatro alternativas, alterando a posição do cartão. Caso o aluno falte à aula, o cartão com seu número não deve ser utilizado por outro aluno, o que inviabilizaria a análise do desenvolvimento do aluno que faltou ao longo das atividades da SD. No momento da aplicação, o aluno ausente deve ser “retirado” da turma *online* para aquele dia de testes, uma vez que para a compilação dos resultados (percentuais) pelo *software*, serão computados o total de alunos mantidos na turma.

A leitura dos cartões acontece por contraste de preto e branco ou diferença de luminâncias como vimos em seção anterior, pela câmera do *smartphone*. Ao imprimirmos os cartões, utilizamos um cartão com gramatura maior, 180g/m³, para agregar resistência ao uso, sendo dois cartões por folha tamanho A4. Não obtivemos um bom contraste na impressão. Ao testar antes da aula, a leitura oscilava. Decidimos por preencher os desenhos, reforçando as imagens com pincel atômico preto, que eliminou totalmente a falha na leitura, como estão mostradas nas Figuras 19 e 20, exemplos de duas fichas originais e duas utilizadas na aplicação da pesquisa.

⁴³ Disponível em: <www.facebook.com> Acesso em: 12 dez. 2016.

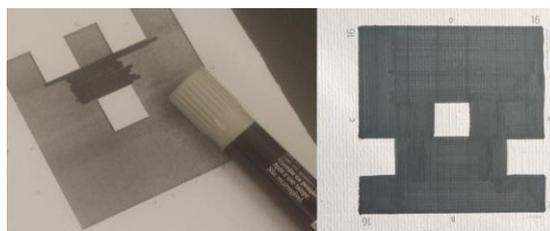
⁴⁴ Utilizamos o *Google Forms* para recebimento das respostas à TL O acesso aos formulários se dá pelo endereço eletrônico disponibilizado pela plataforma *Google*, após cadastrarmos as questões. De modo a facilitar este acesso, o endereço acompanhou as TL digitais, compartilhadas num formato de documento

Figura 19 – Fichas utilizadas para o sistema de votação, fornecidas no *site do Plickers*



Fonte: Site www.plickers.com, 2017.

Figura 20 – Fichas utilizadas para o sistema de votação, impressas e com reforço manual



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Como alternativa à votação das questões, caso houvesse falhas de comunicação via *Internet*, elaboramos cartões de respostas, com letras A a D, impressos em tamanho A4, e recortados. Cada aluno receberia quatro alternativas. Não foi necessário o uso destes cartões, ilustrados na figura 21.

Figura 21 – Fichas alternativas elaboradas para uso no sistema de votação



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Os cartões estão disponíveis para impressão no Apêndice N (p. 240).

3.3.5 Projeto e execução de uma bancada para o estudo de Espectroscopia de fontes de iluminação para as aulas experimentais

Para uso nas aulas experimentais, desenvolvemos e executamos um projeto de uma bancada para o estudo e a aplicação de Espectroscopia de fontes de iluminação. O

intuito foi desenvolver uma ferramenta que viabilizasse a associação dos conceitos relativos ao espectro eletromagnético e a transposição deste conceito, ao comparativo de diferentes fontes de iluminação artificial, introduzindo o conceito de IRC. Uma preocupação adicional foi elaborar um material que proporcionasse facilidade de operação e segurança dos usuários durante o experimento, pois o comparativo aconteceria sem a necessidade de manipulação das lâmpadas (algumas até aquecidas) entre uma e outra medição, por possuir seis bases para ligação, acionadas por interruptores individuais. Outra preocupação, considerando operação e segurança, foi realizar a montagem antecipada do equipamento auxiliar para uso de lâmpadas de descarga a alta pressão⁴⁵, que operam a tensões de cerca de 5.000V, segundo Costa (2013), e que demandaria tempo adicional e implicaria em riscos, se fosse feita durante a aula.

Para a confecção foram utilizados materiais que pudessem ser encontrados com facilidade e que possuem durabilidade. Para a montagem, arquitetamos um formato e as medidas das peças que otimizassem o uso da placa de compensado de madeira⁴⁶ e que pudessem ser fixadas com cola própria. O esquema de corte do projeto e a bancada montada, respectivamente, estão descritos no Apêndice F (p. 218).

A montagem da bancada é composta de duas partes, sendo uma base fixa – com as conexões para os soquetes elétricos e a conexão da bancada à rede elétrica – e uma parte montável – para servir como barreira física, evitando a interferência de luz do ambiente com a luz da fonte a ser analisada. A parte fixa foi assim projetada e executada em função da necessária conexão das instalações elétricas – disjuntor, interruptores, reator, tomada e lâmpadas – que exige mão-de-obra especializada. A parte montável foi assim pensada para que possa ser desmontada, reduzindo o espaço necessário para ser guardada na escola.

3.3.6 Roteiro para as aulas experimentais

Para os episódios de ensino relativos ao conteúdo de Espectroscopia, foram preparados roteiros para atividades experimentais que explorassem os conceitos estudados e sua aplicação ao estudo luminotécnico. A inserção de atividades de

acessar via *smartphone*, com o intuito de estimular a participação dos alunos.

⁴⁵ Lâmpadas que operam com uma pressão interna de cerca de três vezes a pressão atmosférica (COSTA, 2013). No experimento utilizamos uma lâmpada de vapor de sódio a alta pressão de 70W.

⁴⁶ “*Medium Density Fiberboard* (MDF) que significa placa de fibra de média densidade. MDF é uma sigla internacional e é um material oriundo da madeira, fabricado com resinas sintéticas”, segundo informações disponíveis em www.significados.com.br.

laboratório com a manipulação de lâmpadas e equipamentos acessórios para o acionamento visou complementar o processo de AS, com base no que Ausubel denomina como aprendizagem conceitual por formação de conceitos, que se dá pelo contato e experimentação com os objetos (MOREIRA, 1999). No planejamento das atividades, o objetivo era que os alunos pudessem utilizar os conceitos físicos introduzidos com a EsM e IpC – nas exposições, nas TL e nas aplicações dos TC – contribuindo para sua apropriação. E, nestas atividades, os alunos utilizassem os conceitos para o entendimento das tecnologias de iluminação artificial, por meio das variáveis luminotécnicas apresentadas.

As atividades foram montadas com base no experimento proposto por Azevedo (2008) e ampliadas de modo a abordarem tecnologias de sistemas de iluminação recentes, utilizadas nos projetos de iluminação. O objetivo era que os alunos pudessem apreender os conceitos relativos à Espectroscopia e ao IRC – apresentados em seções anteriores – das diferentes tecnologias de produção artificial de luz, e seu impacto nas escolhas feitas pelo profissional de iluminação. Os roteiros estão apresentados no Apêndice G (p. 224).

3.3.7 Proposta de problemas para aplicação da PBL no estudo luminotécnico

Ao profissional que irá trabalhar com projetos de iluminação é necessário conhecer a luz e utilizar deste conhecimento para compilar uma proposta de iluminação que contemple os requisitos específicos de cada projeto, no que tange à técnica, ao conforto e à ambientação e à saúde de seus usuários. Ao final da SD elaborada nesta pesquisa, o objetivo é ter proporcionado este entendimento aos nossos alunos.

Para a proposição da PBL, expusemos dois problemas, simulando que a turma era composta por engenheiros em grupos coletivos (escritórios de prestação de serviços de projetos de Engenharia). Cada grupo deveria apresentar soluções de iluminação adequadas, ou a um hospital ou a uma instituição de Educação Infantil, ambos públicos, para atendimento à comunidade local. Os problemas propostos estão apresentados no Apêndice H (p. 229).

3.3.8 Ficha referencial para o desenvolvimento de uma solução para um problema utilizando a PBL

Conforme descrito na seção 2.2.3, na primeira sessão tutorial da metodologia PBL, quando da apresentação do problema, são previstos procedimentos para sua resolução (SCHMIDT, 1983). Com base em Ribeiro (2005, 2010), elaboramos uma ficha para que os alunos pudessem registrar a estrutura de resolução no E5. A ficha reúne informações de composição dos grupos e divisão dos papéis, identificação do problema, síntese de soluções com base nos conhecimentos prévios, definição dos objetivos de aprendizagem e estratégias de pesquisa para a resolução. A ficha referencial para o desenvolvimento do problema encontra-se no Apêndice I (p. 233).

3.3.9 Fichas referenciais para as Avaliações

Conforme descrito na seção 2.2.3, segundo Ribeiro (2005, 2010), ao final das sessões tutoriais sugere-se refletir sobre o processo e a atuação dos atores. Com este intento, elaboramos, com base na proposta de Ribeiro (2010)⁴⁷, três fichas referenciais para as avaliações, sendo uma para que cada aluno avaliasse a si próprio, inicialmente; seguisse avaliando os pares e finalizasse avaliando a metodologia aplicada.

Uma vez que, nesta pesquisa, utilizamos mais de uma MA, julgamos melhor que o aluno avaliasse o conjunto de propostas metodológicas experimentadas. Desta forma, unimos em um mesmo relatório questões de avaliação das três metodologias. As fichas referenciais para a avaliação⁴⁸ das MA encontram-se nos Apêndices J (p. 234), K (p. 235) e L (p.236).

3.4 Coleta e análise de dados

Apresentaremos nesta seção os fundamentos teórico-metodológicos que embasaram a análise de dados, bem como, os instrumentos de coleta, e a estruturação da análise de dados.

⁴⁷ O professor e pesquisador Luis Roberto de Camargo Ribeiro é o autor brasileiro mais citado em trabalhos abordando MA, no COBENGE, entre 2008 e 2012 (NETO *et al.*, 2014).

⁴⁸ Em específico, para o caso em que desejar uma aplicação apenas do PBL, deixamos separada, neste material, a avaliação da aplicação desta metodologia.

3.4.1 Fundamentos teórico-metodológicos da análise de dados

A metodologia de pesquisa educacional utilizada se orientou por uma interpretação prioritariamente qualitativa, associada a alguns tratamentos quantitativos como suporte de avaliação dos processos de ensino vivenciados. A escolha se justificou por características peculiares encontradas na abordagem qualitativa de pesquisa que ofereceram identidade com os objetivos deste trabalho.

Numa abordagem qualitativa de pesquisa, ao longo dos processos de ensino desenvolvidos, as características qualitativas nos proporcionarão a descrição e a análise das experiências observadas. De acordo com Triviños (2015), esse enfoque tem o pesquisador como instrumento chave, e a fonte de respostas está no ambiente natural em que os processos se dão, que, em nossa pesquisa, foi a sala de aula.

Em relação ao percurso metodológico desta pesquisa, entendemos que o eixo do conhecimento está na interpretação e no sentido que o sujeito dá aos fenômenos estudados e a verdade assim, não reside na objetividade, mas na relativa interpretação de uma realidade, em um dado momento, por determinados sujeitos (GAMBOA, 2013; TRIVIÑOS, 2015). Desta forma, servirão como fonte de avaliação, análise e reflexão os resultados da interpretação dos alunos dos conceitos apreendidos sobre Luminotécnica, bem como, ao final, a avaliação das MA propostas na voz dos alunos, em relação ao referencial teórico.

3.4.2 A coleta de dados

Durante o estudo, foram planejadas e realizadas algumas ações procedimentais, com o intuito de subsidiar instrumentos para o levantamento e posterior análise de dados. Para tal, utilizamos da observação, da elaboração e da realização de atividades e aplicação de questionários, e ainda, da gravação e transcrição das apresentações orais das propostas de solução dos problemas. A diversidade de instrumentos e técnicas de coleta de dados constitui uma caracterização das pesquisas com abordagem qualitativa, nas quais a observação e a análise de documentos assumem um papel elementar (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 1999).

Dos documentos analisados, citamos os textos produzidos pelos alunos, seja na forma da estruturação das propostas nas sessões tutoriais da PBL, seja nas avaliações ao final da proposta – autoavaliação, avaliação pelos pares e avaliação das metodologias

utilizadas – para analisar as possíveis contribuições das MA, conforme elaborada e desenvolvida nesta pesquisa, ao estudo de Luminotécnica, quanto aos indícios de aprendizagem dos alunos e de aceitação ou resistência das proposições metodológicas vivenciadas.

Concordamos com Azevedo (2008) em relação a considerar a produção dos alunos como indicativo de aprendizagem

Embora acredite-se que o processo é de fundamental importância, o produto das aulas também deve ser focado, pois está claro que somente existe ensino se existir aprendizagem. Esse resultado será verificado nas respostas dos alunos e na sua participação nas aulas (AZEVEDO, 2008 p. 60).

Neste entendimento, num primeiro momento, a análise foi voltada às respostas à TL e aos TC, como suporte para avaliação da aprendizagem conceitual das variáveis de iluminação, com a função de OP aos conceitos subsunçores que desejávamos introduzir. A análise contou com tratamento quantitativo das respostas às questões das TL da EsM – na correção pela professora das tarefas dos alunos, e dos TC da IpC – pelos dados estatísticos gerados pelo *Plickers*.

Nas respostas produzidas na atividade experimental sobre Espectroscopia, na influência das argumentações com os pares em sala, nas aplicações da IpC, o enfoque principal se ateu ao teor qualitativo das respostas e como estas se desenvolveram ao longo da SD e influenciaram as conclusões dos alunos na resolução dos problemas na PBL.

Num segundo momento, os instrumentos de coleta de dados foram relativos às atividades desenvolvidas para a resolução de problemas na PBL, sendo as respostas dos alunos na estruturação da resolução e a proposta luminotécnica apresentada por eles oralmente.

Ainda, ao final, com o intuito de avaliar a participação dos alunos nos grupos e a percepção destes sobre os objetivos de aprendizagem das MA aplicadas, utilizamos as repostas aos questionários de autoavaliação, de avaliação pelos pares e de avaliação das MA. Sobre estes dados, desenvolvemos uma análise qualitativa, com o uso de tratamentos quantitativos como suporte, e em observância ao referencial teórico das metodologias, buscando encontrar semelhanças e particularidades em relação à experiência vivida pelos alunos na SD proposta.

3.4.3 A análise de dados

A análise de dados desta pesquisa se divide em dois pilares, um quantitativo e outro qualitativo. O primeiro, com viés quantitativo, utilizou dados estatísticos para verificação de aprendizagem referentes ao desenvolvimento e aplicação das atividades das metodologias de EsM e de IpC. Esta opção de avaliação foi feita por ser indicada na literatura utilizada nesta pesquisa e que ampara a aplicação das metodologias, como em (VIEIRA, 2014; MAZUR, 2015; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015; SANTOS, 2016).

O segundo seguiu um viés prioritariamente qualitativo, no qual foi utilizada a Análise de Conteúdo, na perspectiva de BARDIN (2011). Os dados quantitativos resultantes dos questionários de avaliação das MA foram tratados e analisados sob um ponto de vista estatístico, com reflexões a respeito dos dados qualitativos expressos nas questões abertas.

De acordo com Bardin, (2011, p. 37), “A Análise de Conteúdo é um *conjunto de técnicas de análise das comunicações*”, com o objetivo de obter indicadores, que podem ou não ser quantitativos, que criem condições se de produzir conhecimentos relativos às mensagens analisadas. Portanto, para que tais indicadores possibilitem a inferência (dedução lógica) de informações das condições de produção das mensagens, para além do que se possui registrado (escrito ou falado), há que se utilizar de procedimentos sistematizados, que objetivem descrever o conteúdo do material analisado (BARDIN, 2011).

A partir dos dados coletados, procedemos às fases indicadas por Bardin (2011) como necessárias à ordem e posterior análise. Na fase de pré-análise organizamos o material a ser analisado, sendo conteúdos escritos, digitais escritos e audiovisuais a serem transcritos, sistematizando as ideias iniciais. Na fase seguinte, de exploração do material, realizamos inicialmente o que a autora denomina ‘leitura flutuante’, consistindo de uma leitura de todo o material, de modo a ter uma perspectiva geral do que eles contêm, e, neste processo, estruturar possíveis categorias de análise, em unidades de registro e de contexto (BARDIN, 2011).

Antes de iniciar a fase seguinte, de tratamento do material, seguindo a inferência e interpretação, na qual os materiais serão tratados de modo significativo, buscando relacionar aos objetivos desta pesquisa, num processo de inferência sobre o material analisado, optamos por utilizar o que Bardin (2011, p. 201) denomina de Análise

Categorial, “cronologicamente é a mais antiga; na prática, é a mais utilizada”, e a autora acrescenta,

Funciona por operações de desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos. Entre as diferentes possibilidades de categorização, a investigação dos temas, ou análise temática, é rápida e eficaz na condição de se aplicar a discursos diretos (significações manifestas) e simples BARDIN (2011, p. 201).

No processo de codificação, intencionamos a criação de categorias de análise, buscando que o conjunto mantivesse as características que BARDIN (2011, p. 149-150) considera como fundamentais, como resumimos no quadro 12.

Quadro 12 – Características fundamentais de categorias satisfatórias de Análise de Conteúdo, na perspectiva de Bardin

Exclusão Mútua	Deve haver claras diferenças entre as categorias, de modo que, o mesmo elemento não possa pertencer a mais de uma categoria.
Homogeneidade	Deve haver uma integração lógica e coerente entre os elementos de uma categoria. Esta integração deve ser guiada por um único princípio classificatório, de modo que possa a categoria ser formada por dados de fontes diferentes, e mesmo assim, os dados deverão apresentar uma
	característica homogênea, uma unidade.
Pertinência	Deve estar adaptado ao material de análise escolhido, deve pertencer ao quadro teórico definido e refletir os objetivos da pesquisa
Objetividade e Fidelidade	Deve ser possível aplicar ao material a ser analisado um conjunto de categorias codificado da mesma maneira, mesmo quando submetido a várias análises.
Produtividade	Devem fornecer resultados férteis em índice de inferências, em hipóteses e em dados exatos.

Fonte: Elaborada com base em Bardin (2011, p. 149-150).

Nessa perspectiva, os textos dos alunos – incluindo os produtos da PBL, transcritos em texto – após a leitura flutuante, foram reagrupados de acordo com as categorias determinadas *a posteriori*: a) aspectos técnicos relativos às tecnologias de iluminação; b) aspectos psicofisiológicos da luz; c) aspectos de ambientação, conforto e bem-estar dos usuários; d) compreensão conceitual e aplicação adequada e contextualizada da TCC; e) aplicação adequada e contextualizada do conceito de IRC e a validação da PBL pelos alunos. A partir dessa estruturação, fizemos a desmontagem e a montagem dos textos a fim de atingir os objetivos desta pesquisa, e a análise segue descrita no Capítulo 5.

4 RELATO DOS ENCONTROS DA SD

Neste capítulo segue o relato da aplicação da SD elaborada nesta pesquisa, que aconteceu em seis encontros, de acordo com o cronograma apresentado na seção 2.3, numa turma de Engenharia Civil, composta por 21 alunos, na disciplina de Instalações Elétricas, ministrada no período noturno.

4.1 E1 – Apresentação da SD, Sondagem Inicial e Aula Expositiva

No dia 31 de janeiro de 2017, iniciamos o E1 apresentando a pesquisa de mestrado aos alunos e explicando sua relação com o estudo de Luminotécnica, bem como a importância da compreensão de conceitos físicos no desenvolvimento de projetos, para além do tratamento matemático destes. Essa apresentação teve uma duração de cerca de vinte minutos. Para esta e demais exposições realizadas nesta SD, optamos pelo aplicativo *Prezi*⁴⁹, que é uma ferramenta *online* para a criação de apresentações digitais não lineares. Esta plataforma se diferencia de outros *softwares* de apresentações tradicionais, pois, não formula *slides* individuais, mas uma estrutura unificada, como se toda a apresentação estivesse em um único *slide*. Nossa escolha visou conquistar a atenção dos alunos. As apresentações⁵⁰ no *Prezi* do E1 estão disponíveis nos endereços eletrônicos⁵¹ <<https://goo.gl/309wqt>> e <<https://goo.gl/I3BB11>>.

Com a intenção de motivar e estimular a curiosidade dos alunos para o estudo de Luminotécnica, apresentamos um texto do capítulo introdutório do livro “Projetos de Iluminação”, de Tregenza e Loe (2015), intitulado “A Observação da Luz” que também foi entregue a eles impresso e projetado com o *Datashow*, a fim de facilitar a discussão (Apêndice B, p. 182). No texto, os autores comparam a atuação de um projetista com um compositor, evidenciando que os projetistas precisam conhecer a luz e os efeitos de sua interação com o ambiente e com o homem. Para contextualizar esta fala, exibimos

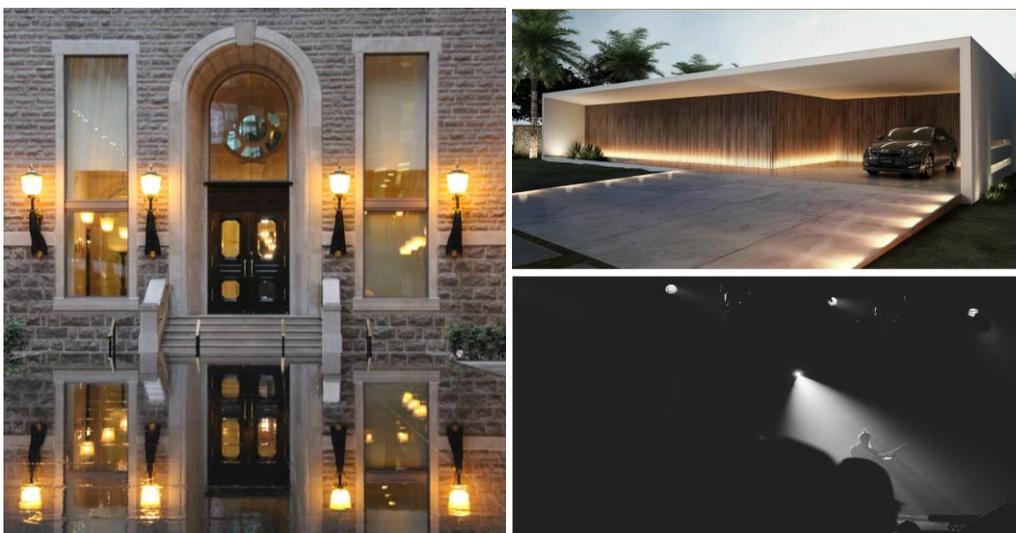
⁴⁹ Para fins educacionais, o *Prezi*© possui uma versão própria, gratuita. A ferramenta é baseada na computação em nuvem, com o uso da *Internet*, para criação, manipulação e edição das apresentações. Segundo o site *prezi.com* esta ferramenta permite a criação de apresentações não lineares, utilizando o conceito de apresentações em *zoom*, utilizados pelo *Google Maps*⁴⁹, do *Google*.

⁵⁰ Em todos os encontros, fizemos o *download* dos arquivos das apresentações antes das aulas, uma vez que os arquivos gerados exigem alta taxa de transferência de dados, em função das imagens e recursos visuais.

⁵¹ Para os endereços de *internet* que listaremos nesta seção, utilizamos, para simplificação dos textos, o encurtador de endereços (*url*) *Google URL Shortner*. A ferramenta é de uso gratuito. Disponível em: <<https://goo.gl/>>. Optamos por manter o *link* de acesso aos endereços, como forma de facilitação de uso deste material. Para o acesso, mantenha a tecla *Ctrl* e clique sobre o endereço.

imagens mostrando diferentes efeitos criados pela luz. Algumas delas estão ilustradas na figura 22.

Figura 22 – Efeitos de luz e possíveis interações humanas que podem ser criadas em Luminotécnica



Fonte: Repositório de imagens *Freepik*.⁵²

Intencionamos nesta, e em outras ações, envolver os alunos, despertando o interesse para o assunto de iluminação. Segundo a TAS, uma das condições necessárias à AS é que o aluno tenha disposição em aprender de forma significativa e não apenas memorizar o conteúdo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Comentamos que a SD estava aberta para sugestões de possíveis alterações das atividades a serem desenvolvidas, caso julgassem necessário, e que, caso tivessem sugestões, avaliaríamos a possibilidade de efetivá-las, para implementação a partir do encontro seguinte, mas nenhum dos alunos deu sugestões.

A seguir, conversamos com os alunos para saber o que já sabiam sobre o assunto. A maioria disse não saber nada sobre iluminação, e a turma verbalizou interesse em aprender, o que representa um fator favorável a uma AS. Na sequência, responderam ao questionário para sondagem dos seus conhecimentos prévios a respeito dos princípios ondulatórios da luz (Apêndice A, p. 181). Com base nas respostas a este questionário, foi elaborada a primeira TL e parte do E2 da SD.

Após responderem ao questionário, apresentamos a EsM e a IpC, que seriam utilizadas a partir do próximo encontro. Reforçamos a importância do estudo prévio, da realização das TL e da participação nas atividades presenciais e remotas para o

⁵² Disponível em: <<http://br.freepik.com/>> Acesso em: 15 dez. 2016.

aprendizado, e posteriormente, para o desenvolvimento da proposta luminotécnica ao final da SD.

Comentamos sobre a importância de entender a luz e sobre a presença dos conceitos de Física neste estudo e em nosso cotidiano. A seguir, questionamos os alunos sobre os estudos de Física e, em especial, sobre a FMC. Todos os alunos relataram não terem estudado formalmente a FMC. Falamos sobre a presença dos artefatos que se desenvolveram a partir do conhecimento gerado pela Física Moderna, ressaltando a importância desta compreensão. Prosseguimos com a apresentação de uma contextualização do desenvolvimento histórico e científico e utilizamos como exemplo desta linha de mudanças os modelos atômicos ao longo do tempo e da história. Comentamos sobre a origem da Ciência Contemporânea e a Transição da Física Clássica para a Física Moderna. A intenção foi mostrar aos alunos a relevância de situar nossos estudos na história da Ciência, que se mistura à própria história da humanidade, e a evolução dos estudos da Física neste contexto. A apresentação está disponível no endereço <<https://goo.gl/I3BB11>>.

Prosseguindo, abordamos os dois principais assuntos da aula com questionamentos como “Por que entender os conceitos luminotécnicos?”, e, seguindo, “Física Clássica ou Física Moderna? Qual delas pode ajudar a compreendermos os conceitos luminotécnicos?”.

Ao final do E1, os alunos responderam a ficha sobre a plataforma de comunicação e compartilhamento de arquivos de uso mais comum (Apêndice C, p. 184).

4.1.1 Preparando o E2

Com base na análise das respostas às questões dos princípios e fenômenos ondulatórios da luz, identificamos que alguns importantes conceitos não estavam bem compreendidos pelos alunos. Destes apresentamos os percentuais de alunos dos quais as respostas não indicavam compreensão, em relação à compreensão do conceito de luz como uma energia que se propaga no vácuo, (76,19%), à compreensão do conceito de frequência, (66,67%), e a diferenciação entre as definições de comprimento e amplitude da onda. De modo geral, nas respostas ao questionário, o percentual médio de acertos foi de 52,38%, sendo que as questões com respostas incompletas, mas que não apresentavam erros conceituais, não foram computadas como erro, mas auxiliaram na elaboração dos

assuntos que deveriam ser melhor estudados na SD, e, portanto, compor o material como OP.

Diante das dificuldades identificadas, decidimos que os princípios ondulatórios da luz fariam parte da TL1, enviada, dois dias após o E1. Destacamos que 9,52% das respostas citaram o comportamento dual da luz, e 4,76% se referiram aos fótons, ao descrever a luz. Esses dados poderiam indicar, que mesmo com a afirmação dos alunos de que não estudaram a FMC, mesmo sem o estudo formal sobre esses conteúdos, alguns alunos aprenderam corretamente, por meio de outra forma de aprendizagem.

A TL1 do E2 foi compartilhada com os alunos em uma pasta do *Dropbox* (Apêndice D, p. 185), pois, de acordo com a análise das fichas respondidas por eles, todos utilizavam essa plataforma. As TL foram elaboradas para atuarem como OP, intencionando uma compreensão básica de alguns conceitos que seriam melhor desenvolvidos em sala (MOREIRA, 1999). As tarefas abordaram dois textos, sendo o primeiro sobre Princípios das Ondas Eletromagnéticas – Conceitos básicos de ondas e espectro eletromagnético, e o segundo sobre conceitos de Luz, Cores e Visão. As respostas da TL1 deveriam ser enviadas ou compartilhadas em pastas individuais do *Dropbox*.

Utilizamos o *WhatsApp*⁵³ para a comunicação extraclasse. À medida que as respostas iam sendo recebidas, enviávamos mensagens confirmando o recebimento e mostrando satisfação pela participação dos alunos. No dia 05 de fevereiro de 2017, domingo, dois dias antes ao E2, reforçamos a importância das respostas para o preparo da aula seguinte. Ao final do prazo, 85,71% dos alunos realizaram e enviaram a TL1.

4.2 E2 – A natureza e a composição da luz. Luz, Cores e Visão: aulas com EsM e IpC

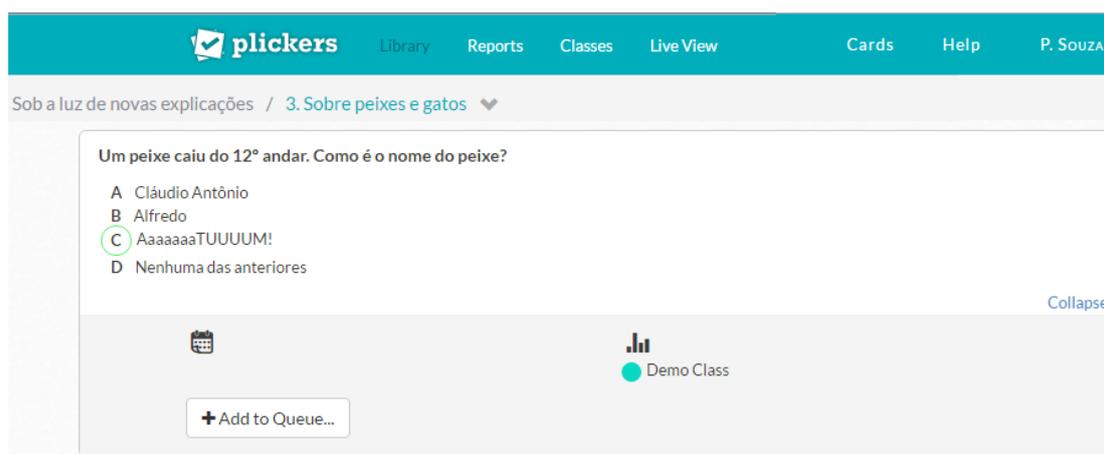
No dia 07 de fevereiro de 2017, iniciamos a aula comentando sobre as dificuldades de interpretação conceituais em destaque nas respostas às questões da TL1 e justificando a necessidade de incluir o assunto de ondulatória neste encontro. Comentamos que nas respostas à TL1 observamos que os princípios ondulatórios da luz não estavam bem entendidos, e em especial, o conceito de frequência destacava-se ainda por estar confuso ou mal compreendido, e, em consequência estes assuntos fariam parte desta aula. Seguindo, explicamos que o encontro seria dividido em cinco blocos de

aplicação da IpC, e, desta forma, teríamos cinco exposições curtas, sendo uma antes de cada bloco. Disponível em <<https://goo.gl/0FnwTb>>⁵⁴.

Com o uso da projeção pelo *Datashow* e *notebook*, exibimos no *Plickers* a turma cadastrada. Entregamos os cartões de respostas, de acordo com o cadastro de cada aluno, e revisamos a dinâmica da IpC. A turma mostrou-se interessada na votação.

Iniciamos a primeira miniexposição, sobre a Natureza e Composição da Luz, abordando os princípios ondulatórios, em especial a frequência e o espectro eletromagnético. Prosseguindo, passamos à etapa de votação⁵⁵, utilizando, inicialmente, questões de teste⁵⁶, com conteúdo aleatório e cômico, com o intuito de testar com a turma o mecanismo de votação e estimular um ambiente descontraído. Uma das questões de teste está mostrada na figura 23.

Figura 23 – Questão de teste aplicada para apresentar e testar a ferramenta de votação utilizada (*Plickers*)



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Procedemos, então, à aplicação dos TC (Apêndice E, p. 209), por blocos de questões, intercalados por miniexposições sobre os assuntos: 1.) Os elementos de uma onda; 2.) Sobre a frequência; 3.) Sobre como enxergamos; 4.) Sobre as cores; 5.) Sobre a visão. Abordamos os blocos 1 e 2, reforçando aos alunos que não conversassem antes da primeira votação de cada questão, como prevê a metodologia. Finalizado os blocos 1 e 2, fizemos um intervalo, realizando após este, os blocos 3, 4 e 5. Uma compilação dos

⁵³ Aplicativo de mensagens instantâneas para *smartphones*.

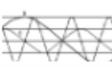
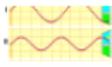
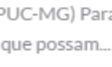
⁵⁴ O conteúdo das três miniexposições está na mesma apresentação, com marcadores para os momentos de aplicação da IpC ao longo da trilha, incluindo explicações, imagens, vídeos curtos, entre três e cinco minutos de duração.

⁵⁵ O envio das questões para o aplicativo, foi feito utilizando o nosso *smartphone*, que se comunicava pela *Internet* com o *notebook* e projetor, exibindo a questão selecionada.

⁵⁶ Na Figura 22 a questão foi aplicada apenas ao teste de cadastro de turma (*Demo Class*). Esta informação é importante e fica registrada no aplicativo, ajuda a não repetir uma questão já utilizada.

resultados dos TC, gerada pelo *Plickers* no E2, pode ser verificada na figura 24, para os blocos 1, 2 e 3, e na figura 25, para os blocos 4 e 5. Os nomes dos alunos foram omitidos e, ao longo da pesquisa, estão identificados por um codinome formado pela letra “A” e um número, no intervalo de 1 a 21.

Figura 24 – Resultados da aplicação dos TC no E2 Blocos 1, 2 e 3

Card ↑#	Student Name	Total %	(Adaptado... 	(Madge) A... 	Em um pon... 	(Madge) A... 	(Adaptado... 	(*Adaptado da PUC-MG) Para que possam... 
			TC1.1	TC1.2	TC2.1	TC2.2	TC3.1	TC3.2
		70%	76%	12%	82%	100%	--%	82%
1		--%	–	–	–	–	–	–
2		71%	B	C	C	D	A	B
3		71%	D	C	C	D	A	B
4		64%	D	C	C	D	A	B
5		64%	D	C	C	D	C	C
6		79%	D	C	C	D	–	B
7		79%	D	C	C	D	–	B
8		--%	–	–	–	–	–	–
9		57%	B	C	A	D	A	B
10		79%	B	D	C	D	–	B
11		71%	D	C	C	D	A	B
12		71%	D	C	C	D	–	B
13		71%	D	C	C	D	A	B
14		71%	B	C	A	D	A	B
15		57%	D	D	D	D	A	B
16		64%	D	C	C	D	A	D
17		86%	D	C	C	D	A	B
18		--%	–	–	–	–	–	–
19		71%	D	C	C	D	A	B
20		--%	–	–	–	–	–	–
21		64%	D	C	C	D	A	D

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Em relação aos resultados observados na figura 24, alguns pontos merecem ser destacados. Sobre o mecanismo de votação, pode ser observado que os alunos A1, A8, A18 e A20 não estavam presentes às aulas e não tiveram suas fichas emprestadas a outros. Assim, o *Plickers* possibilita acompanhar o desenvolvimento de cada aluno.

De modo geral, o índice de acertos nos TC foi satisfatório, superior aos obtidos nas questões de sondagem prévia dos conhecimentos e na TL1. O TC1.1, sobre o conceito de amplitude e comprimento de onda, teve elevado índice de acerto, 76%⁵⁷. O TC1.2 abordou os mesmos conceitos, conforme a organização em blocos de assuntos, e apresentava um grau de dificuldade maior que o anterior. Este teste teve um índice de acertos de 12%. Segundo Mazur (2015), e conforme exposto na seção 2.2.1, esse índice é menor que 30% e indica que o a turma não compreendeu e que necessita de uma nova explicação. E assim, procedemos.

Destacamos que, no bloco seguinte, os TC2.1 e TC2.2 são relativos à compreensão do conceito de frequência, pontuado como o maior equívoco conceitual nos questionários prévios com apenas 33% de acertos e tiveram resultados bem superiores, 86% e 100%, respectivamente. Este resultado, sinaliza uma melhor compreensão do conceito de frequência, com a aplicação da EsM e da IpC.

O bloco seguinte abordou o estudo sobre como enxergamos. O TC3.1 teve um erro de marcação da resposta, foi editado após a aplicação do teste e, por isso, escolhemos descartá-lo para não influenciar nos percentuais. O TC3.2 teve percentual de acertos satisfatórios, de 82%, e, segundo a metodologia, o conceito foi bem compreendido pela turma (MAZUR, 2015).

A figura 25 apresenta os resultados do quarto e quinto blocos.

⁵⁷ Os dados percentuais estão com aproximação decimal, sem casas decimais, mantendo a forma do aplicativo na apresentação das respostas percentuais.

Figura 25 – Resultados da aplicação dos TC no E2 Blocos 4 e 5

Card ↑#	Student Name	Total %	✓ Após uma ... 	✓ Jean ganhou uma camisa listrada de am...	✓ Uma flor,...	✓ (UFES) A visão em ambientes de pouca ...	✓ Os cones e os bastonetes são células ...	✓ Os cones e os bastonetes são células ...	✓ ENEN (2009) Sabe-se que o olho humano...
			TC4.1	TC4.2	TC4.3	TC5.1	TC5.2	TC5.2	TC5.3
		70%	82%	12%	100%	88%	35%	100%	100%
1		--%	—	—	—	—	—	—	—
2		71%	C	D	B	C	A	C	C
3		71%	D	B	B	C	A	C	C
4		64%	C	D	B	C	A	C	C
5		64%	C	A	B	D	A	C	C
6		79%	C	D	B	C	C	C	C
7		79%	C	D	B	C	A	C	C
8		--%	—	—	—	—	—	—	—
9		57%	C	D	B	D	D	C	C
10		79%	C	D	B	C	A	C	C
11		71%	C	D	B	C	C	C	C
12		71%	D	D	B	C	A	C	C
13		71%	C	D	B	C	C	C	C
14		71%	C	A	B	C	B	C	C
15		57%	A	C	B	C	A	C	C
16		64%	C	D	B	C	C	C	C
17		86%	C	D	B	C	C	C	C
18		--%	—	—	—	—	—	—	—
19		71%	C	D	B	C	A	C	C
20		--%	—	—	—	—	—	—	—
21		64%	C	C	B	C	C	C	C

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

O quarto bloco, abordou o conceito de reprodução de cores pela luz e a associação de que a cor percebida do objeto depende da luz que incide sobre o mesmo a cores e a interação com a luz. O TC4.1 obteve um percentual de acertos satisfatório, 82%. No entanto, no TC4.2, deste mesmo bloco, e com grau de dificuldade maior, o índice de acertos foi de apenas 12%, em que podemos observar que a questão relativa à síntese aditiva de luz foi a que gerou maior dificuldade aos alunos. Como o resultado foi inferior a 30%, o conceito foi novamente explicado à turma e, na questão seguinte, o índice de acertos foi satisfatório, com 82%, o que sinaliza que foi compreendido pelos alunos.

O bloco de questões final abordou o processo fisiológico da visão. No TC5.1 o índice de acertos foi bastante satisfatório, de 88%. No entanto, na questão seguinte, com maior grau de dificuldade, o percentual de acertos foi de 35%. De acordo com Mazur

(2015), este é o principal ponto dessa metodologia, quando os resultados ficam entre 30 e 70% de acertos e os alunos devem discutir entre eles, para convencer o colega de seu ponto de vista. No TC5.2, a discussão entre os pares elevou o índice de acertos, passando de 35% para 100%, o que corrobora positivamente quanto à argumentação na aplicação da IpC.

É possível que a argumentação entre os pares no TC5.2, sobre as células fotoreceptoras no olho humano, possa ter influenciado os resultados do TC5.3, que teve índice total de acertos. Este teste abordava o mesmo assunto.

Encerramos o E2 comunicando à turma que o envio da TL2 seria feito da mesma forma que a anterior e que contávamos com a participação de todos. Informamos ainda que aulas da semana seguinte seriam no Laboratório de Física e quem pudesse que trouxesse canetinhas ou lápis de cor para a atividade.

4.2.1 Preparando o E3

Compartilhamos a TL2 dois dias após a aula (Apêndice D, p. 185). Este material abordou uma introdução à Espectroscopia e sua relação com as tecnologias usuais de iluminação artificial, de modo a funcionar como um OP para os estudos do IRC, que seria o principal conceito do terceiro encontro. A partir desta TL2, disponibilizamos que as questões fossem respondidas via formulário eletrônico *Google Forms*. O endereço de acesso à TL2, <<https://goo.gl/sulIV2>>.

Pela comunicação no grupo de *WhastApp*, mantivemos os recados, de modo a lembrar e estimular a participação dos alunos. Algumas dúvidas surgiram no primeiro uso do *Google Forms*, e foram esclarecidas no grupo. Todos os alunos responderam ao teste, percentual superior ao anterior (85,71%). Este dado sinaliza um maior envolvimento dos alunos com as atividades.

Com base nas respostas dos testes da TL2, 76,19% da turma compreendeu o que é a Espectroscopia e como pode ser utilizada para diferenciar a luz emitida por diferentes tipos de lâmpadas. Sobre os tipos de lâmpadas, a TL buscava abordar diferentes tecnologias que são utilizadas em projetos de iluminação, sobretudo por basear que os alunos responderam no E1 que pouco ou quase nada sabiam a respeito do assunto. Os tipos citados nesta tarefa foram as incandescentes, as fluorescentes compactas e tubulares, as halógenas e as de LED. Nas respostas à TL2, apenas 19,05% afirmaram conhecer todas, 23,81% declararam que o texto era confuso, 80,95% que desejar saber mais sobre o

assunto. Destes, numa questão aberta, 71,43% citaram a Espectroscopia ou classificação dos espectros, e 38,1%⁵⁸ citaram os tipos de lâmpadas.

Identificamos um elevado índice de acertos na questão sobre Espectroscopia. No entanto, observamos que algumas respostas continham partes com transcrição literal do texto da TL. Sobretudo, por ser uma atividade introdutória aos assuntos a serem estudados no encontro seguinte, este fato, que poderia a princípio, sugerir uma aprendizagem mecânica, pode oferecer elementos para um processo de construção de uma AS. De acordo com Aragão (1976), à medida que o aluno adquire mais informações, a aprendizagem inicialmente mecânica evolui de modo gradativo e pode vir a se tornar significativa.

Com base nessa observação, consideramos que seria interessante que este assunto fosse explorado na aula seguinte, juntamente com os diferentes tipos de lâmpadas. Outro fator que reforçou a decisão foram as respostas à questão aberta, em que um expressivo número de alunos (cerca de 81%) respondeu que desejava conhecer mais sobre os assuntos abordados nas TL – Espectroscopia e tipos de lâmpadas.

4.3 E3 – Espectroscopia e Índice de Reprodução de Cores (IRC): EsM e Aulas Experimentais

O E3 aconteceu no Laboratório de Física em 14 de fevereiro de 2017. Para este encontro foram utilizados os roteiros e a bancada, produzidos (Apêndices F, p. 218, e G, p. 224). Ademais, levamos diferentes tipos de lâmpadas comerciais, escolhidas de modo a atender à curiosidade expressa na TL2, a destacar espectros de emissão distintos e a privilegiar lâmpadas que são utilizadas em escala comercial e são parte do cotidiano de projetos luminotécnicos. Levamos também canetinhas e lápis de cor para os registros dos alunos.

Inicialmente apresentamos uma visão geral sobre os tipos de lâmpadas, separando-os em relação ao princípio de funcionamento em três grandes grupos: de descarga, representadas pelas lâmpadas fluorescentes e as de descarga de alta pressão utilizadas na iluminação pública, incandescentes e halógenas, e as de estado sólido (LED). Foram levados vários tipos de lâmpadas representando cada uma das categorias e os alunos as manipularam durante a explicação. Algumas estão mostradas na figura 26. Como destacado na seção 3.2.1.3, a inserção de atividades com a manipulação de

⁵⁸ Alguns alunos citaram a Espectroscopia e os tipos de lâmpadas.

lâmpadas visou complementar o processo de AS, com base no que Ausubel denomina como aprendizagem significativa conceitual, por formação de conceitos, que se dá pelo contato e experimentação com os objetos, primordialmente na infância e em menor proporção na vida adulta (MOREIRA, 1999).

Figura 26 – Lâmpadas de diferentes categorias e formatos para manipulação em sala



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Retomamos na exposição alguns dos espectros de lâmpadas mostrados na TL2. Em seguida, mostramos espectros reais de lâmpadas, que fotografamos utilizando a combinação da rede de difração e a câmera do *smartphone*, nos testes que realizamos com a bancada, durante a elaboração dos roteiros. Algumas dessas imagens estão mostradas na figura 27.

Figura 27 – Distribuição do espectro de frequência reais de lâmpadas incandescente e de vapor de sódio à alta pressão (fotos de testes da bancada)



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Foram feitas duas experimentações em sala com o uso dos roteiros e a bancada. Na primeira, usamos diferentes tipos de lâmpadas e os alunos observavam seus espectros com as redes de difração. Nos momentos de observação, as luzes eram apagadas para minimizar ao máximo a interferência de outras lâmpadas do laboratório. Entre as exposições, as luzes eram acesas e os alunos registravam as características dos espectros, com o uso de canetinhas e lápis de cor. Alguns registraram as imagens dos espectros com o uso das câmeras dos *smartphones*, que foram posteriormente compartilhadas. Utilizamos para as observações lâmpadas: incandescente, fluorescente compacta integrada, LED formato bulbo, fluorescente tubular, vapor de mercúrio, vapor de sódio a alta pressão e LED *RGB*. Algumas imagens destes momentos de observação e de espectros registrados pelos alunos estão ilustradas na figura 28. Ao final, responderam às questões do roteiro 1 (Apêndice F, p. 218).

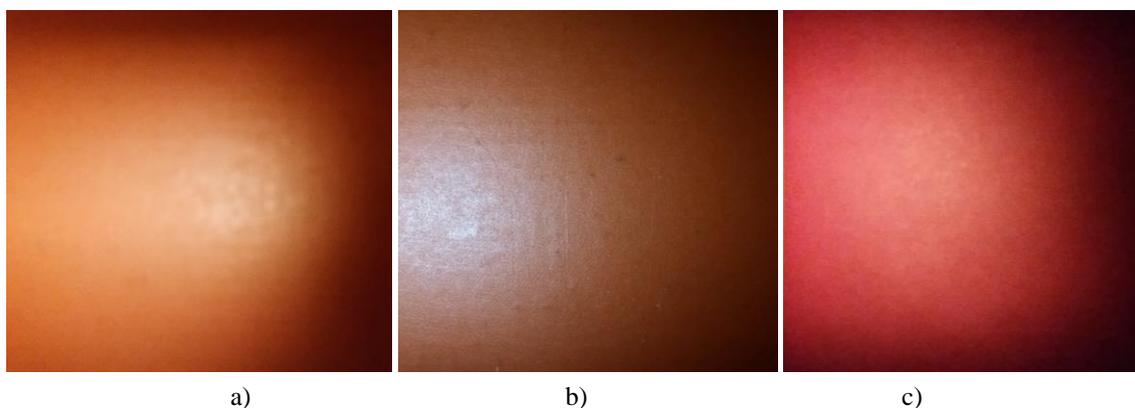
Figura 28 – Observação dos espectros de frequência observados nas experimentações do roteiro 1 e registrados pelos alunos



Fonte: Acervo dos alunos, 2017.

Após um intervalo, realizamos a segunda experimentação. Nesta, expusemos papéis coloridos, que foram iluminados, alternadamente, por três diferentes tipos de lâmpadas, equivalentes em potência e fluxo luminoso, segundo informações dos fabricantes. Foram utilizadas as lâmpadas: LED, fluorescente compacta integrada e incandescente, nesta ordem. A partir de suas percepções de cor, os alunos respondiam às questões objetivas, relativas à fidelidade com que cada cor era reproduzida, comparando-as. Durante as exposições, a iluminação do laboratório era desligada. Alguns alunos registraram com fotos as diferenças na apresentação das cores dos papéis e as enviaram. Uma destas coletas está mostrada na figura 29. Ao fim, os alunos responderam à questão aberta do roteiro 2 (Apêndice F, p. 218).

Figura 29 – Fotos das variações na reprodução de cores, de uma superfície iluminada por lâmpadas de LED (a), fluorescente compacta (b) e incandescente (c), registrada por um aluno



Fonte: Acervo dos alunos, 2017.

Ao final das atividades, confirmamos que o envio dos textos e questões da TL3 seriam compartilhados e os questionários de respostas deveriam ser respondidos da mesma forma que a TL anterior. Informamos aos alunos que a quantidade de conteúdo da próxima atividade seria superior à anterior, e que, por isso estaria dividido por assuntos: Noções sobre a quantização da energia e Radiação de Corpo Negro.

4.3.1 Preparando o E4

Destacamos, a seguir, algumas situações sobre os registros das observações realizadas no E3. Quanto aos registros das composições espectrais, foi feita uma análise qualitativa, uma vez que o espectro observado pode variar, pois a observação e a interpretação da cor variam com o observador. No geral, os registros em relação aos espectros contínuos e discretos e as tecnologias das fontes (por gás, filamento ou diodo LED) foram feitos adequadamente.

Ilustramos três destes registros na figura 30.

Figura 30 – Registros de observações experimentais sobre a caracterização dos espectros dos diferentes tipos de lâmpada

Fontes de Luz Observadas	Espectro		Representação da Imagem observada	Cores que se destacam	Representação da Imagem observada	Cores que se destacam	Representação da Imagem observada	Cores que se destacam
	Contínuo	Discreto						
Lâmpada Incandescente	X			Amarelo, Verde, Azul		AMARELO CIANO		Ciano e amarelo
Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada		X		Verde		VERDE		Verde
Lâmpada LED tipo bulbo	X			Verde		VERDE		Verde
Lâmpada Fluorescente Tubular		X		Azul		AZUL		Azul
Lâmpada de Vapor de Mercúrio		X		AZUL		AZUL		Laranja verde e azul
Lâmpada de Vapor de Sódio a Alta Pressão (durante os primeiros 2 minutos após ligada)		X		Amarelo		AMARELO		Amarelo Violeta
Lâmpada de Vapor de Sódio a Alta Pressão (durante os primeiros 6 minutos após ligada)				Azul Verde				Amarelo Ciano
Luminária de LED RGB com difusor		X		AZUL e VERMELHO		AZUL VERMELHO		Ciano e Vermelho

Fonte: Elaborados pelos alunos, 2017.

Os indícios da compreensão da relação entre a composição espectral da e o IRC das lâmpadas estiveram presentes na maior parte das respostas das questões abertas – 85,71% registram associações corretas. Do total das afirmações, destacamos a questão 1 ([...] como você explicaria a diferença entre os índices de reprodução de cor de cada fonte artificial utilizada?) 57,14% o fizeram com relação às diferentes composições espectrais de cada fonte (lâmpada); 19,05% fizeram referência à tecnologia de produção, e uma aluna citou a composição química associada à diferenciação; 9,52% fizeram referência à composição da luz, não sendo mais específico; 14,29% não especificou, referindo-se apenas à luz como sendo diferente em cada tipo de fonte artificial.

A seguir, transcrevemos algumas destas respostas à primeira questão aberta do roteiro experimental (Apêndice G, p. 224): Com base nos estudos, seus conhecimentos e observações sobre a composição da luz e a espectrometria, como você explicaria a diferença entre os índices de reprodução de cada fonte artificial utilizada?

Em cada tipo de lâmpada têm-se uma tecnologia diferente, seja gás ou metal, ou outra tecnologia na fonte, alterando assim as frequências e cada uma delas, gerando espectros diferentes. (A3, com relação às diferentes composições espectrais de cada lâmpada).

A composição de cada lâmpada influencia nas frequências de onda que serão emitidas, influenciando em intensidade de cores emitidas, quantidade de cores visíveis, ou seja, são espectros diferentes, resultantes de emissões luz diferentes. (A11, com relação às diferentes composições espectrais de cada lâmpada).

A espectrometria e a composição da luz. Com os estudos feitos em sala de aula e pela leitura, os índices de reprodução de cada luz dependem da fonte emissora de luz, ou seja, cada lâmpada emitia cores mais fortes ou

mais claras, outra coisa que mudaria se fosse um observador com algum problema de visão relacionado à distinção de cores. (A18, com relação às diferentes composições espectrais de cada lâmpada).

A maior parte das respostas possui semelhança com estas que destacadas. Desta forma, observamos que cerca de 62% dos alunos fizeram associações corretas entre a composição química, o espectro de frequências e a luz produzida pelas diferentes tecnologias de iluminação. Desta forma, estes resultados apontam indícios de que estes conceitos foram bem compreendidos pelos alunos.

Em relação à questão aberta 2, sobre qual seria a tecnologia de iluminação adequada para a utilização num expositor de frutas em um supermercado, os alunos demonstraram ter compreendido bem a importância de escolha da tecnologia, em relação ao uso específico. Todos os alunos argumentaram em suas respostas a escolha, considerando um IRC adequado como elemento definidor, para melhor aparência dos produtos por destaque das cores reais. A seguir estão alguns argumentos utilizados pelos alunos para justificarem a escolha da lâmpada para a aplicação comercial apresentada, em resposta à segunda questão aberta do roteiro experimental (Apêndice G, p. 224). Se você precisasse escolher um destes tipos de lâmpada para iluminar um expositor de frutas em uma área de hortifrúti de um supermercado, qual das três tecnologias de iluminação testadas seria a mais adequada? Justifique sua escolha.

A lâmpada incandescente é mais adequada, já que seu espectro é composto da maioria das cores possíveis, valorizando as cores das frutas. (A16, sobre a escolha da tecnologia de iluminação mais adequada à uma área de hortifrúti de um supermercado).

Para a iluminação de um expositor de frutas eu escolheria a lâmpada incandescente. Esse tipo de lâmpada reproduz uma luz muito próxima à luz natural, o que realçará a cor das frutas e chamaria mais atenção dos clientes. (A12, sobre a escolha da tecnologia de iluminação mais adequada à uma área de hortifrúti de um supermercado).

Incandescente. Pois é a que mais se aproxima da luz solar, conseqüentemente apresentando uma maior variação de espectro luminoso. (A10, sobre a escolha da tecnologia de iluminação mais adequada à uma área de hortifrúti de um supermercado).

A partir das respostas à esta pergunta é possível observar que há indícios da aprendizagem dos conceitos pelas corretas associações que relacionam a luz produzida por determinada lâmpada e sua tecnologia de fabricação, com o espectro produzido por elas e a respectiva capacidade de reprodução de cores. Estes resultados concordam com Sousa (2011, p. 148) sobre a efetividade do uso do experimento para a aprendizagem de

se “proporcionar experiências nas quais a aquisição de conhecimentos conceituais ocorra de forma contextualizada, permitindo que o aluno reflita sobre uma utilização prática para o que está aprendendo.”.

4.3.2 Sobre as respostas à TL3

Três dias após o E4, compartilhamos a TL3 (Apêndice D, p. 185), disponível nos endereços de acesso referentes às Noções sobre a quantização da energia <<https://goo.gl/VrNugA>>, e à Radiação de Corpo Negro, <<https://goo.gl/ecq61I>>. A dinâmica de envio das TL e das respostas e da comunicação via *WhatsApp* foi a mesma utilizada na TL2.

Recebemos as respostas dentro do prazo e 85,71% responderam ao teste. Como nos testes anteriores, as respostas se concentravam no final de semana anterior à aula.

A compilação das respostas pelo *Google Forms* auxiliou na organização dos dados, sendo que nas questões objetivas podemos contar com ferramentas gráficas. As questões abertas precisam de análise e/ou avaliação, mas a ferramenta auxilia na organização dos dados. Ao analisar as respostas, destacamos indícios de compreensão conceitual relacionados à radiação térmica, radiação visível e sua referência à frequência, com 95,24% de acertos das questões; e sobre transparência e opacidade à luz, 85,71% de acertos. As respostas contêm termos científicos e usuais e não constituem recortes do texto da TL3, o que sinaliza por uma aprendizagem que se distancia de uma aprendizagem mecânica das informações (MOREIRA, 1999).

Com base nestes resultados, podemos pressupor que os conceitos introduzidos como OP auxiliarão como “âncoras provisórias” ou iniciais, segundo (MOREIRA, 2008), aos conceitos subsunçores a serem introduzidos no E4. De acordo com Moreira (2008, p.2), “Segundo a TAS, a utilização de organizadores prévios que sirvam de “âncora provisória” para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos, ideias e proposições relevantes que facilitem a aprendizagem subsequente”.

Santos (2016, p. 94) comenta que as TL podem ajudar a melhorar o aproveitamento do tempo em sala de aula, “As TL trazem bons resultados de *feedback* para o professor, e os estudantes aprendem alguns conceitos sem a necessidade de explicação prolongada em sala de aula. Assim, o tempo de aula é otimizado.”.

Na TL3, em relação à compreensão do conceito de luz sob uma explicação da Física Clássica e da Física Moderna as respostas também sugerem a compreensão

conceitual, 85,71,% afirmaram que houve um desenvolvimento histórico e científico e que a luz foi explicada como onda e posteriormente como partícula. Destas respostas, 61,90% citam que na atualidade há um entendimento do comportamento dual da luz.

No entanto, nas respostas relativas à TL do conceito de Radiação de Corpo Negro e da Energia Quantizada não verificamos o mesmo perfil, mas, sim, trechos recortados, o que sugeriu que os alunos não compreenderam bem. Estes assuntos seriam abordados nos estudos de FMC. No questionário inicial os alunos afirmaram que não tiveram contato com os conteúdos de FMC, o que pode explicar parte da dificuldade dos alunos no estudo dessa TL.

Em relação à questão do gráfico de simulação da Lei de Stefan Boltzmann, 20% não responderam. Os demais realizaram leituras adequadas, relacionando comprimento de onda, temperatura e percepção da cor.

Sobre a compreensão geral dos textos, 61,90% afirmaram que o texto lido não é confuso e 57,14% afirmaram que gostariam que fossem revistos conteúdos em sala. Destes, 66,67% gostariam de mais explicações relativas a conceito de Radiação de Corpo Negro e da Quantização da Energia, 23,81% sobre a simulação e um aluno, A18, não indicou o conteúdo e declarou “É difícil o entendimento porque não temos o costume de fazer esses estudos antes das aulas, devido ao costume de decorar e não aprender.”, o que sugere, conforme Ribeiro (2010), que a alteração da dinâmica das aulas, ocasionada pelas MA, proporcionam ao aluno ter papel mais ativo em seu processo de aprendizagem. A fala do aluno declara uma prática de aprendizagem que, de acordo com a perspectiva ausubeliana, é qualificada como aprendizagem mecânica (ARAGÃO, 1976; MOREIRA, 1999).

Destacamos que, da mesma forma ocorrida na TL2, que apesar de um elevado percentual dos alunos ter declarado que o texto foi compreendido, e ter realizado, a contento, as tarefas, 85,71% responderam que gostariam de saber mais sobre os assuntos abordados, o que direcionou o preparo das aulas seguintes, seguindo as propostas de favorecer um processo de AS (ARAGÃO, 1976) e aplicando a EsM (ARAUJO; MAZUR, 2013).

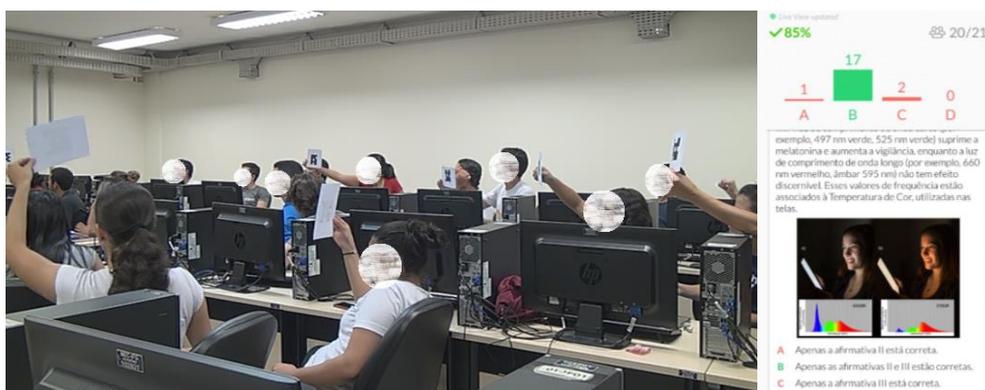
4.4 E4 – Radiação de Corpo Negro e Temperatura de Cor Correlata (TCC): aulas com EsM e IpC

O E4 aconteceu em 21 de fevereiro de 2017. Iniciamos a aula comentando sobre as dificuldades conceituais em destaque nas respostas às questões da TL3 e justificando a necessidade de incluir os conteúdos nestas aulas. Seguindo, explicamos que o encontro seria dividido em três blocos de aplicação da IpC, e, desta forma, teríamos as minixposições antes de cada bloco. As minixposições estão disponíveis em <<https://goo.gl/As10cQ>>.

Iniciamos a primeira minixposição, intitulada ‘Nasce a FMC – Radiação do Corpo Negro e Temperatura de Cor Correlata’, abordando, historicamente, como a quantização da energia e os estudos de radiação importantes neste contexto para a compreensão da TCC, em Luminotécnica. Prosseguindo, passamos à etapa de votação com o uso do *Plickers* (Apêndice E, p. 209), com três TC para cada bloco.

Seguimos com a minixposição do segundo bloco, TCC e os efeitos da luz, sob esta variável e sua interação com a saúde e comportamento humanos e outro momento de aplicação dos TC. A figura 31 ilustra um momento de votação da IpC e a tela do *smartphone* com os dados disponibilizados.

Figura 31 – Momento de votação e apuração na aplicação da IpC



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Após um intervalo, procedemos com a última minixposição, abordando contextos de aplicação em projetos luminotécnicos da TCC, e, a seguir, o último momento de aplicação dos testes⁵⁹. A compilação dos resultados dos TC, gerada pelo *Plickers* no E4, pode ser verificada na figura 32, para o bloco 6.

⁵⁹ Em função do horário de término da aula e do tempo de debates no primeiro bloco, aplicamos neste último, dois dos três testes previstos.

Figura 32 – Resultados dos TC no E4 Bloco 6

Card ↑#	Total %	1. (UEL) A faixa de radiação eletroma...	2. Um radiador ideal - ou também cha...	2. Um radiador ideal - ou também cha...	2. Um radiador ideal - ou também cha...	3. (UFPR)...	3. (UFPR)...	3. (UFPR)...
	TC.6.1	TC.6.2	TC6.2	TC6.2	TC6.2	TC6.3	TC6.3	TC6.3
	56%	29%	67%	57%	14%	38%	48%	95%
1	57%	D	A	D	D	D	D	D
2	50%	B	A	A	D	B	C	D
3	71%	D	A	A	A	D	D	D
4	64%	D	A	D	D	D	D	D
5	50%	B	D	D	D	C	C	D
6	36%	C	A	D	D	B	D	D
7	57%	B	A	A	D	B	C	D
8	79%	B	A	A	D	D	D	D
9	57%	C	A	A	D	A	C	D
10	64%	D	A	A	A	B	B	D
11	50%	B	D	D	D	D	D	D
12	64%	D	D	A	D	D	D	D
13	50%	B	D	D	D	D	D	D
14	50%	C	A	A	D	A	C	D
15	43%	B	D	D	D	C	C	D
16	64%	D	A	A	C	B	D	D
17	57%	B	D	D	D	C	C	D
18	43%	C	A	A	D	A	C	D
18	100%	—	—	—	—	—	—	—
19	36%	A	A	A	D	B	C	C
20	43%	B	D	D	D	C	C	D
21	79%	B	A	A	A	D	D	D

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Em relação a estes resultados, alguns pontos merecem ser destacados. O índice médio de acertos nos TC foi menor que o obtido no E2, sendo de 55%, no geral, e, anteriormente, cerca de 70%.

O TC6.1 obteve índice de acertos inferior a 30%, o que ocasionou uma explicação do conteúdo da questão, logo no início da aplicação dos testes. Após uma explicação, seguimos ao TC6.2, pois conforme prevê a metodologia, o teste não é reaplicado nesta situação, mas um seguinte com o mesmo conceito a ser entendido.

No TC6.2 o índice de acertos de 67%, ocasionou um momento de debate entre os alunos, segundo a metodologia da IpC. Numa votação seguinte, o índice caiu a 57%, o que gerou outro momento de debate. Numa terceira votação o índice foi de 14%. Foi então, necessário que fizéssemos uma explicação aos alunos, para esclarecer os pontos de dificuldades de interpretação conceituais.

É interessante ressaltar sobre a situação descrita para o TC6.2 que foi possível observar que o convencimento em torno da resposta, após a discussão entre os pares, é efetivo. No entanto, este convencimento pode acontecer para o caso de uma parte dos alunos, convencer os demais da resposta incorreta, que foi o acontecido. Reforçamos neste ponto, a indelével participação do professor no processo, para que os alunos não sejam, ao final do processo, convencidos de uma explicação não correta. Cabe ao professor, esclarecer a explicação do conceito, e mostrar os pontos a serem revistos pelos alunos.

No TC6.3 o primeiro índice de acertos foi de 38%, que abriu o momento de debate. Após o debate, o índice subiu a 48%, gerando um novo espaço para discussões. Na terceira votação o índice de acertos foi de 95%. Observamos que a argumentação entre os alunos surte efeito de convencimento e favorece a convergência para a resposta correta, observações estas que concordam com outros estudos relativos ao ensino de Física (OLIVEIRA, 2012; VIEIRA, 2014; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015; SANTOS, 2016), e de Engenharia (FREEMAN *et al.*, 2014). Os assuntos que geram polêmica entre os alunos e que necessitam de uma explicação do professor podem ser aproveitados para que se revisem os conceitos, pois nestes momentos a turma se mostrou muito ativa na defesa de seus pontos de vista.

A compilação dos resultados dos TC, gerada pelo *Plickers* no E4, pode ser verificada na figura 33, para os blocos 7 e 8.

Figura 33 – Resultados da aplicação dos TC no E4 Blocos 7 e 8

Card ↑#	Total %	<input checked="" type="checkbox"/> 1. A energia de um fóton de luz amare...	<input checked="" type="checkbox"/> 2. Considere as afirmações abaixo sob...	<input checked="" type="checkbox"/> 3. Utilizando um controlador, aument...	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Com ba... 	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Com ba... 	<input checked="" type="checkbox"/> 2. Alguns... 	<input checked="" type="checkbox"/> 3. Você é um engenheiro responsável p...
		TC7.1	TC7.2	TC7.3	TC8.1	TC8.1	TC8.2	TC8.3
	56%	14%	90%	90%	45%	85%	85%	30%
1	57%	B	D	D	B	B	B	C
2	50%	B	D	D	B	D	B	A
3	71%	B	D	D	B	B	B	D
4	64%	B	D	D	B	D	B	C
5	50%	B	D	D	D	D	B	B
6	36%	C	C	D	B	D	C	A
7	57%	B	D	D	B	D	B	B
8	79%	B	D	D	D	D	B	B
9	57%	D	D	D	D	D	B	D
10	64%	B	D	D	B	B	B	B
11	50%	B	D	D	B	D	B	C
12	64%	B	D	D	B	D	B	D
13	50%	B	D	D	B	D	B	D
14	50%	D	D	D	D	D	C	D
15	43%	A	B	D	D	D	B	C
16	64%	B	D	B	D	D	B	D
17	57%	A	D	D	D	D	B	B
18	43%	–	–	–	–	–	–	–
18	100%	A	–	–	–	–	–	–
19	36%	B	D	D	B	D	A	D
20	43%	B	D	D	D	D	B	A
21	79%	C	D	A	D	D	B	B

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

O TC7.1 versou sobre o comportamento da luz como partículas e teve índice de acertos de 14%, revelando a necessidade de uma nova explicação.

Os TC7.2 e TC7.3 faziam parte do mesmo bloco de questões que a anterior. Os índices de acertos foram bem superiores, sugerindo indícios de que as dúvidas foram esclarecidas.

O TC8.1, na primeira votação, o índice de acertos foi de 45%, que abriu o momento de discussão. Após o debate o índice subiu a 85%, sugerindo indícios favoráveis à proposta da IpC de interação entre os pares, a respeito do conteúdo.

O TC8.2, dentro do mesmo bloco que o anterior, versa sobre a aplicação dos conceitos de TCC em Luminotécnica e o índice de acertos foi de 85%. Estes índices de acertos oferecem indícios de que estes conceitos foram compreendidos pelos alunos.

No TC8.3 o índice de acertos foi de 30%. Em função do limite do índice e do avançar da hora, os alunos solicitaram que fosse feita uma nova explicação, finalizando a aplicação dos testes e este encontro.

4.4.1 Preparando o E5

Desde o planejamento inicial deste trabalho, intencionamos que os alunos refletissem a respeito do significado de projetar. A partir do E5 abordaríamos a elaboração de um projeto, de uma proposta de atendimento por meio da iluminação. Com o intuito de estimular os alunos a pensarem a respeito, no primeiro dia de aula da disciplina de Instalações Elétricas, eles responderam, com base em seus conhecimentos e vivências, à pergunta: “O que é projetar?”. Compilamos as respostas dos alunos, e confeccionamos um vídeo, utilizando o aplicativo *Powtons*⁶⁰. O aplicativo possibilita a publicação do vídeo, por uma conta gratuita no *YouTube*⁶¹, e que está disponível em <<https://youtu.be/fYvo2hcewrQ>>.

4.5 E5 – Luminotécnica. Proposição do Problema de Luminotécnica, 1ª sessão tutorial da PBL

Em 07 de março de 2017, iniciamos o encontro com uma miniexposição sobre os elementos necessários a um projeto e que devem compor uma solução de iluminação. Nesta exposição a intenção foi formalizar uma proposta de iluminação considerada adequada. Estes elementos estão indicados na figura 34, que mostra que uma proposta de iluminação deve atender a distintas e importantes especificações, sendo estas técnicas, econômicas, ambientais e de conforto e bem-estar do usuário.

⁶⁰ Disponível em <<https://www.powtoon.com/index/>>. O aplicativo tem versão gratuita para teste, com recursos básicos. Acesso em: 05 jan. 2017.

⁶¹ Disponível em <https://www.youtube.com/>.

Figura 34 – Múltiplas características a serem pensadas em uma proposta Luminotécnica



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Como parte seguinte da aula, apresentamos o vídeo elaborado com as respostas dos alunos, do qual falamos na seção de preparação do E5, e que está disponível em <<https://youtu.be/fYvo2hcewrQ>>. A figura 35 ilustra os trechos do vídeo, que tem duração de cerca de dois minutos, intitulado “O que é projetar? Que tal pensarmos? Juntos”.

Figura 35 – Trechos do vídeo “O que é projetar? Que tal pensarmos juntos?”



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A intenção foi estimular os alunos, a partir de suas respostas sobre projetar, a pensarem nas múltiplas variáveis que devem ser consideradas ao se propor uma solução de iluminação, preocupação indelével ao desenvolvimento de toda esta pesquisa. Apresentamos também a estrutura da PBL, explicando a divisão dos papéis no grupo, e enfatizamos que a metodologia pressupõe a participação ativa dos alunos e do professor como tutor. A apresentação do *Prezi* do E5 está disponível em <<https://goo.gl/pNFsug>>.

Salientamos aos estudantes a importância da identificação dos objetivos de aprendizagem e comentamos sobre a responsabilidade da construção coletiva de uma solução, partindo dos conhecimentos prévios de cada um e sendo incrementada com os estudos posteriores.

Os alunos se dividiram, por afinidade, em quatro grupos, aos quais identificaremos com a letra G, e o número atribuído ao grupo (G1, G2, G3 e G4).

Levamos à turma quatro envelopes iguais, sem identificação, cada um contendo uma proposta. Assim, os grupos escolheriam o envelope e depois saberiam, ao abrir, qual instituição iriam atender. Portanto, teríamos duas propostas a serem desenvolvidas para cada um dos problemas apresentados. As carteiras foram organizadas em agrupamentos circulares, como propõem as dinâmicas de PBL (RIBEIRO, 2005). A figura 36 ilustra alguns momentos do desenvolvimento da primeira sessão tutorial da PBL.

Figura 36 – Momentos de desenvolvimento da primeira sessão tutorial da PBL



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Propusemos problemas à turma, a fim de envolver os alunos ativamente em um “cenário” por meio da simulação de atuação profissional, como proposto por Gordon (1998 apud RIBEIRO, 2008). Simulamos um ambiente de um escritório de projetos. Neste contexto, solicitamos aos “profissionais-alunos” que apresentassem uma proposta de iluminação para obras reais, de uso público, pensando no atendimento à sociedade: um hospital municipal e uma creche a ser construída pela Cúria Diocesana em nossa cidade. Foram compartilhados, junto com a proposta da PBL, os arquivos dos projetos⁶² de arquitetura dos dois “clientes”, no formato de arquivos em *AutoCAD*,⁶³ o *software* que

⁶² Solicitamos junto à Prefeitura Municipal de Jataí e à Cúria Diocesana projetos que pudessem ser utilizados para fins didáticos. O hospital municipal encontra-se em fase final de construção. A creche está em fase de projetos. E, ao final, após a avaliação das propostas, a Diocese poderá contar com o estudo luminotécnico para a elaboração de seus projetos executivos finais, pelos profissionais responsáveis.

⁶³ Uso institucional gratuito a estudantes e professores. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

estão ambientados a trabalhar nos projetos, para compor um cenário o mais realístico possível, conforme previsto na estrutura da PBL. Os grupos G1 e G2 ficaram com problema da creche, ao passo que os outros dois, com o hospital.

Delisle (2000) denomina como produto ou desempenho do aluno a atividade a ser produzida pelos estudantes numa aplicação da PBL. Segundo este autor, o produto confere relevância à atividade e uma possibilidade de avaliação por parte do professor.

O produto dá um certo sentido de utilidade a toda a tarefa do PBL. Os alunos avançam no processo e pesquisam sobre as respectivas questões para terem material a apresentar no produto final. Também o professor pode avaliar o sucesso do aluno relativamente aos resultados da aprendizagem (DELISLE, 2000, p. 43).

Os alunos distribuíram os papéis (coordenador, relator e integrantes) e realizaram o *brainstorming*, reunindo as informações necessárias à resolução do problema, com base nos conhecimentos prévios de cada integrante e registraram na ficha de desenvolvimento do problema a primeira sessão tutorial prevista na metodologia (Apêndice I, p. 233).

A ação da professora/pesquisadora nos grupos foi a de esclarecer dúvidas e incitar outros questionamentos e redirecionar, caso necessário, sem fornecer resposta quanto ao teor da solução. Fizemos isto, intercalando entre os grupos. Nos casos em que alguma dúvida pudesse ser útil a mais de um grupo, falávamos à turma toda sobre a questão.

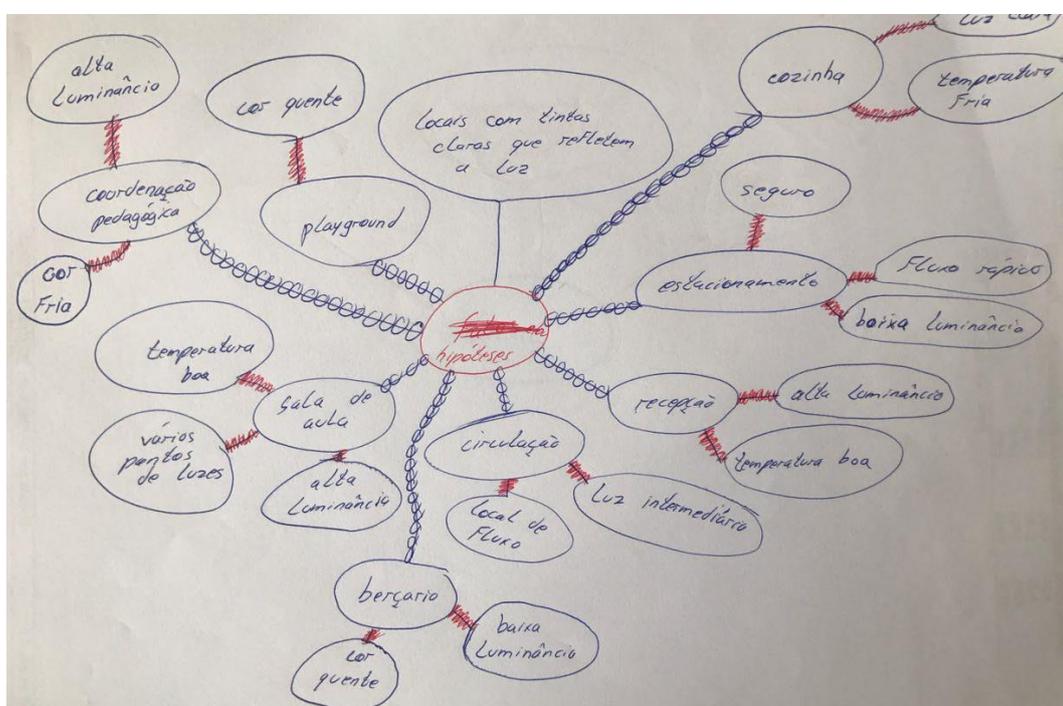
Esta etapa, como destaca Ribeiro (2008), é particularmente difícil para o professor, que está iniciando na aplicação da PBL, pois nela o tutor precisa orientar, sem, no entanto, dirigir, precisa dar suporte, mas sem conduzir os alunos à solução do problema, pois esta deve ser construída pelos próprios estudantes. Segundo Delisle (2000), é preciso orientar sem parecer que está negando ou escondendo a resposta, e completa dizendo que o professor,

Prepara o ambiente, ajuda os alunos a relacionarem-se com o problema, arranja uma estrutura de trabalho, aborda o problema com os alunos, reequaciona o problema, facilita a produção de um produto ou de um desempenho e estimula a autoavaliação (DELISLE, 2000, p. 23).

Interessa destacar que os grupos não tiveram a mesma postura na busca por soluções, o que sinaliza um não direcionamento da professora/pesquisadora em relação ao caminho a seguir. O G2, para citar um exemplo, montou um esquema, reunindo informações técnicas e de ambiência, sobre os locais que iriam projetar, fazendo

referência ao comportamento das pessoas nestes locais, conforme exibido na figura 37. Esta compreensão do grupo mostra uma interpretação inicial dos conceitos que os alunos devem considerar na proposta, no diagrama aparecem classificações como “temperatura boa”, “luz intermediária”, “alta luminância”, “seguro”, “alto fluxo de pessoas” consideradas como “hipóteses”. Ainda que nas descrições falte precisão nos termos, a ideia principal de que o projeto de iluminação deve considerar as funções técnicas e características de uso e o comportamento dos usuários, está presente nos registros de planejamento dos alunos.

Figura 37 – Sistematização para resolução do problema feita pelo G2.



Fonte: Elaborado pelo G2, 2017.

Na definição e registro dos objetivos de aprendizagem, prevista na metodologia, os alunos identificaram diferentes conceitos relevantes a serem esclarecidos, alguns transcritos a seguir, em resposta aos objetivos de aprendizagem da ficha referencial para o desenvolvimento de uma solução para um problema na PBL (Apêndice I, 233).

Pesquisar o que é iluminância e qual o pacote de luz para cada ambiente de acordo com a norma. 2. Estudar o fluxo luminoso, a quantidade de luz esperada para cada ambiente. 3. Pesquisar **os tipos de luz que estimulem a concentração e a aprendizagem, que evite acidentes e aumente a visualização, que gere conforto.** (A9, G1, grifo nosso).

Pesquisar os **tipos de lâmpadas** mais utilizadas e que atendam às normas da ABNT e que também, estejam ligadas à **segurança**. 2. Pesquisar o que a luz **causa no sistema nervoso para que assim gere**

conforto e/ou desconforto. 3. Pesquisar os equipamentos auxiliares para gerar todas **essas sensações.** (A18, G1, grifo nosso).

Pesquisar a **NBR5413** quanto à iluminação. Fazer pesquisas complementares em *sites/ blogs/ artigos online*, em relação aos **tipos de lâmpadas e suas características e as tecnologias atuais.** (A2, G3, grifo nosso).

É interessante notar nos objetivos de aprendizagem expressos, que os alunos – seja utilizando denominações conceituais formais, seja utilizando expressões de entendimento com suas próprias palavras a respeito do assunto – fizeram neste estágio inicial referências tanto às características técnicas, “fluxo luminoso” (A1), “iluminância” (A15), “quantidade de luz esperada para cada ambiente” (A17), “pacote de luz” (A8), “tipos de lâmpadas” (A3), “equipamentos auxiliares, menção às normas” (A2), quanto aos aspectos psicofisiológicos e de ambiência que podem ser proporcionados pela luz (“tipos de luz estimule a concentração e a aprendizagem” (A5), “que evite acidentes” (A2), que gere no sistema nervoso” e “conforto ou desconforto” (A12), que gere “sensações...” (A4).

Em relação a estes aspectos de comportamento e ambiência, as informações foram abordadas no E4, permeando o estudo de TCC. É possível supor que os conceitos subsunçores introduzidos nestas atividades, ao tratar das respostas psicofisiológicas desencadeadas pelas diferentes TCC, foram relacionados à estrutura cognitiva dos alunos.

Em relação aos planos de ação para atingirem os objetivos de aprendizagem, no geral, os grupos registraram diferentes estratégias, com alguns pontos comuns. Alguns alunos definiram que, além das pesquisas em *sites* e livros, iriam visitar um local semelhante – hospital ou uma creche – para observar a iluminação, e outros que, precisavam saber mais sobre a ação da luz no sistema nervoso e que deveriam pesquisar sobre como gerar “essas sensações”. Houve também alguns pontos comuns. Os alunos listaram atividades de pesquisa em normas, catálogos de fabricantes e na *Internet*. Todos organizaram grupos de *WhatsApp* para debaterem o problema e as pesquisas realizadas, antes do próximo encontro.

Um dos grupos gravou as falas dos integrantes, para que retomassem durante a semana as discussões feitas no encontro. Em seguida, as gravações foram enviadas aos integrantes pelo grupo criado no *WhatsApp*. Um outro grupo dividiu os ambientes do projeto entre seus integrantes, nos demais, afirmaram que o desenvolvimento seria coletivo.

Algumas das estratégias para a resolução do problema, expressas no plano de ação da ficha referencial para o desenvolvimento de uma solução para um problema na PBL (Apêndice I, p. 233), estão descritas a seguir:

Cada aluno ficará responsável por pesquisar para os ambientes o tipo de luz, equipamentos auxiliares, custo, manutenção e como **tudo isso influencia no indivíduo e no ambiente, ressaltando que o foco é sempre no indivíduo**, fatores positivos e negativos. (A18, G1, grifo nosso).

Pesquisar NBR5413; **Observar o projeto arquitetônico**; Pesquisar tipos de lâmpadas; iluminância; catálogos e artigos; **Visitar uma creche para conhecer as reais necessidades dos ambientes**; e discutir com o grupo via *WhatsApp* durante o desenvolvimento. (A5, G, grifo nosso).

Como: Leitura das normas/sites; Quem: Todos os membros; Quando: A partir de 13/02; Onde: Cada um no conforto da sua casa e via *WhatsApp*; apresentar em sala de aula. (A7, G3, grifo nosso).

1. Pesquisar acerca da existência de normas técnicas (ABNT) relacionadas a projetos de ambientes hospitalares. 2. Pesquisar acerca dos produtos disponíveis no mercado de iluminação, analisando características técnicas e econômicas. 3. **Visita a hospitais em funcionamento da região, para observação dos pontos positivos e negativos quanto aos sistemas de iluminação dos mesmos; Capela.** (A11, G4, grifo nosso).

Vale destacar o planejamento dos alunos, ao estruturarem os papéis e definirem as atividades, em resposta ao cenário criado para a aplicação da PBL, aproximando-os de um contexto profissional. Valdez, Ferreira e Barbosa (2011) atribuem à metodologia da PBL este estímulo à aprendizagem, ou engajamento cognitivo⁶⁴,

Através de métodos de aprendizagem baseada em problemas, a capacidade de resolver problemas e aplicar o conhecimento é desenvolvida. Os estudantes são incentivados a aprender ativamente e têm o desejo de procura de novos conhecimentos. Os membros da equipe devem estabelecer metas de autoaprendizagem e determinar métodos e tipos de recolha de dados e quais os membros que são responsáveis por essas tarefas (VALDEZ; FERREIRA; BARBOSA, 2011, p. 66).

No planejamento dos alunos foi possível observar a intenção, que se tornou uma ação posterior, de visitar ambientes reais – creches e hospitais – para observar a iluminação nestes locais construídos. Esta ação foi considerada uma contribuição da PBL,

⁶⁴ Expressão utilizada para qualificar a disposição do aprendiz em seu processo de construção de conhecimento (SOUSA, 2011; ARAUJO; MAZUR, 2013; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

na qual os alunos demonstram envolvimento e comprometimento na busca da resolução do problema. De acordo com Araujo e Sastre (2016), esta é uma característica positiva relacionada à PBL. Segundo Araujo e Sastre (2016), a metodologia possibilita aproximar os alunos da comunidade e do mundo exterior à sala de aula, ao enfatizar a reflexão a respeito da solução de problemas reais.

Neste dia não houve intervalo a pedido dos alunos, que preferiram permanecer em sala no desenvolvimento das atividades de estruturação da solução do problema.

Ao final do encontro, indicamos alguns materiais de leitura, que seriam compartilhados como um material preparatório, mas que as buscas precisavam ir além do material fornecido. Este material foi estruturado para ser um OP à elaboração de propostas luminotécnicas. O conteúdo deste material preparatório versou sobre características principais de tecnologias de iluminação mais utilizadas, seguindo à apresentação conceitual de grandezas fotométricas e colorimétricas, a serem consideradas numa proposta luminotécnica, como fluxo luminoso, iluminância, vida útil, luminância entre outros.

Segundo Moreira (2008),

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. Contrariamente a sumários que são, de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Para Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa. Ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas” (MOREIRA, 2008, p. 2).

Desta forma, a apresentação das grandezas intencionava introduzir conceitos relacionados à elaboração da proposta, e após estes, e outros estudos, os alunos deveriam ser capazes de utilizar o material nas ações comparativas de escolha das tecnologias de iluminação na proposta que iriam apresentar.

Em função do feriado de Carnaval, na terça-feira seguinte ao E5, os alunos tiveram 14 dias até a próxima sessão tutorial da PBL. A preparação para o E6 foi realizada pelos alunos, e, por isso, não aparece descrita neste texto, antecedendo o próximo encontro.

4.5.1 E6 – 2ª sessão tutorial da PBL, Apresentação das Propostas e Avaliação

No sexto, e último, encontro da SD, em 14 de março de 2017, os alunos realizaram a segunda sessão tutorial da PBL, reunindo-se para compartilhar os estudos individuais realizados e chegar a uma solução para o problema. Os alunos relataram que, ao se encontrarem durante a semana, nos outros dias de aula, discutiram sobre o desenvolvimento da proposta.

Registramos uma variação da aplicação da metodologia, pela comunicação dos alunos no período entre as sessões. A metodologia prevê que os alunos realizem os estudos individuais e compartilhem os resultados na segunda sessão tutorial. No entanto, todos os grupos relataram que os estudos individuais foram realizados, e as informações foram compartilhadas e debatidas entre os integrantes, utilizando o grupo no *WhatsApp*, durante a semana, e não apenas na segunda sessão tutorial. Desta forma, as soluções chegaram ao último dia, já bastante desenvolvidas, e os alunos queriam conversar entre eles, organizar o trabalho, e esclarecer algumas dúvidas.

Observamos neste ponto, que as tecnologias de informação e comunicação alteram a forma inicial proposta pela metodologia PBL. Esta alteração, pode vir a contribuir para o compartilhamento das informações de forma remota e propor novos formatos de configuração das MA, neste caso a PBL.

Após cerca de quarenta minutos, os grupos iniciaram as apresentações das propostas. Cada grupo ficou livre para escolher como iria apresentar a solução criada. Dois grupos o fizeram utilizando projeção de *slides* que tinham preparado, G1 e G4. O G2 apresentou na forma impressa, entregando os dados organizados de modo resumido aos presentes e solicitando que acompanhassem à medida que as explicações fossem feitas. E o G3 o fez com a fala dos integrantes, sem projeção ou impressão.

O formato de apresentação dos dados da proposta também diferiu entre os grupos. Alguns apresentaram dados tabelados, organizados por ambientes, outros fizeram na forma de um texto dissertativo. A apresentação com *slides* se aproximou de uma aula expositiva, ao passo que os alunos que não utilizaram em toda a apresentação pareciam estar mais à vontade. Alguns comentaram terem visitado lojas virtuais e outras lojas da cidade, para as cotações. Todos os alunos participaram. A ordem das apresentações foi escolhida pelos próprios alunos, apenas orientamos que fossem seguidos os grupos com o mesmo tipo de problema para que a turma pudesse acompanhar e ou/comparar as soluções.

Observamos e fizemos anotações, durante as apresentações dos grupos. Informamos aos alunos que o intuito destas anotações era registrar a experiência nesta pesquisa, bem como, a forma como a metodologia seria implementada em nosso contexto, para analisar posteriormente, e pedimos que não se intimidassem ou se incomodassem.

As propostas dos grupos contemplaram satisfatoriamente as premissas relativas à abrangência dos parâmetros considerados. Observamos ainda, que a maior parte dos alunos não precisou ler enquanto falava e prestou atenção às apresentações dos colegas. Os grupos usaram cerca de quarenta minutos em média, para cada apresentação, sendo que o G4 demorou cinquenta minutos.

Durante as apresentações, os alunos justificaram as escolhas das diferentes tecnologias de iluminação, tendo como base muitos dos elementos desejados, como o conforto, a ambientação, o comportamento e o bem-estar das pessoas, a acuidade visual, o IRC, a TCC, o consumo de energia elétrica, o investimento financeiro, a segurança.

Os Grupos G1, G3 e G4 organizaram as informações por ambientes, em cada ambiente, falavam sobre as características escolhidas. O G2 agrupou os dados por “categorias”. Por exemplo, ao citar o fluxo luminoso, citaram-no para cada um dos ambientes, da mesma forma, como o fizeram para a TCC, o IRC, a vida útil, e demais variáveis.

O G4 apresentou as características das lâmpadas e de luminárias de modo comparativo, e destacou vantagens e desvantagens. Após este comparativo inicial, os alunos do grupo comentaram sobre a proposta elaborada, com base nas lâmpadas que julgaram melhores. Apenas o G4 usou pouca ou quase nenhuma escolha de LED na proposta. A não utilização de LED pelo G4 gerou polêmica na turma, pois a maioria dos alunos se posicionou a favor desta tecnologia.

Todos os grupos consideraram na proposta vários tipos de lâmpadas, adotando halógenas, fluorescentes e vapor de sódio, o que indica o estudo por parte dos alunos no desenvolvimento das propostas.

Os G2 e G4 disseram que fizeram cotações em lojas virtuais e abandonaram o uso de opções com LED em função do custo alto. Sustentaram que as escolhas foram feitas com base no IRC e TCC, por ser um hospital, e no custo, por ser uma obra pública. Se referiram ao LED como uma tecnologia nova e de difícil instalação. Comentaram que é importante comparar a troca das fontes convencionais por LED, considerando o fluxo luminoso, e que esta é uma informação pouco esclarecida ao consumidor, que pode

“confundir eficiência com um pacote menor de luz”, como comentou o aluno A3, quando as opções têm preços equivalentes.

Após a apresentação dos grupos, esclarecemos algumas dificuldades conceituais presentes nas falas, conforme previsto no encerramento da sessão tutorial, cabendo à professora esclarecer dúvidas e redirecionar os debates, rumo a conclusões corretas, caso necessário (RIBEIRO, 2005). A turma mostrou-se participativa. As apresentações das propostas dos grupos foram gravadas. O áudio foi transcrito e irá subsidiar instrumentos de análise e avaliação da aplicação da PBL, no Capítulo 5.

Encerramos solicitando que cada aluno respondesse aos questionários de avaliação previstos para o fechamento da PBL – a autoavaliação, a avaliação do grupo e a avaliação da PBL, Apêndices J (p. 234), K (p. 234) e L (p. 236). Este último foi utilizado para avaliar as MA utilizadas na SD. Os resultados das respostas a estas avaliações estão apresentados⁶⁵ no Apêndice R (p. 357).

⁶⁵ Algumas foram utilizadas na vertical para aumentar o tamanho das fontes, na intenção de otimizar a leitura.

5 REFLEXÕES COM BASE NA PBL

Ao longo da experiência de elaboração e aplicação da SD, alguns resultados foram analisados, ora para o planejamento do passo seguinte, ora para as análises e avaliações parciais de construção progressiva de significados. As avaliações apresentadas no Capítulo 4 são inerentes às metodologias utilizadas de EsM e de IpC.

Neste capítulo, na seção 5.1, apresentaremos as reflexões feitas com base na Análise de Conteúdo da fala dos alunos durante a apresentação dos produtos da PBL, etapa final da SD. Apresentaremos também, a avaliação referente à AS de conceitos luminotécnicos que intencionamos que os alunos construíssem ao longo da SD. De acordo com a TAS, a aplicação destes conceitos a uma situação diferente, sinaliza por AS.

A seguir, na seção 5.2, analisaremos a avaliação da PBL na voz dos atores protagonistas, os alunos. Nesse processo, buscamos encontrar semelhanças e particularidades da experiência vivida pelos estudantes durante o desenvolvimento da SD e os resultados de pesquisas sobre a PBL encontrados na literatura.

Como descrito na seção 4.5, a turma se dividiu em quatro grupos, os dois primeiros elaboraram e apresentaram suas propostas de iluminação para uma instituição de ensino pública, voltada ao atendimento do público infantil, e os dois últimos o fizeram para um hospital municipal. Os alunos da turma participaram do início ao fim da PBL. No entanto, em relação à seção 5.1, optamos por analisar apenas um dos grupos, frente à complexidade desta etapa, o volume de dados para uma pesquisa de mestrado e a extensão deste texto. Ressaltamos que os demais grupos obtiveram resultados próximos, tão válidos quanto os apresentados nesta análise, e, por sorteio, selecionamos um, o G4.

5.1 Reflexões com base na Análise de Conteúdo na apresentação das propostas de iluminação

De acordo com Sousa (2011, p. 143), “A validação ou não da metodologia PBL pelos alunos, observada sob uma perspectiva da Análise de Conteúdo, é fator decisivo para evidenciar a legitimidade da PBL como uma metodologia que potencializa o aprendizado [...] de forma significativa.”.

A definição das categorias de análise foi feita com base na proposta de Bardin (2011), buscando considerar os critérios de Exclusão Mútua, Homogeneidade,

Pertinência, Produtividade, Objetividade e Fidelidade. Desta forma, foram definidas quatro categorias com base nos conceitos que a SD se propôs a proporcionar a aprendizagem. Para guiar a análise e avaliação das propostas de iluminação, elaboradas pelos alunos, por meio da implementação da PBL estas categorias foram:

1. Aspectos técnicos relativos às tecnologias de iluminação.
2. Aspectos psicofisiológicos da interação da luz com os usuários.
3. Aspectos de ambiência e conforto do ambiente e bem-estar dos usuários.
4. Compreensão conceitual, aplicação adequada e contextualizada da TCC e do IRC.

Para além destas quatro categorias criadas para este estudo, também analisamos outras duas categorias, presentes nas propostas de PBL encontradas na literatura (RIBEIRO, 2005, 2010; SOUSA, 2011):

1. Criatividade e autonomia no desenvolvimento das atividades.
2. Aproximação dos alunos à comunidade.

Portanto, em nossa análise, buscamos nas falas dos alunos elementos que representem estas categorias que nos forneçam indícios de que a SD propiciou uma AS.

5.1.1 Análise e avaliação das propostas luminotécnicas

Nesta análise, com base em Costa (2013), Tregenza e Loe (2015) e Innes (2016), nos guiamos pelos principais conceitos considerados numa proposta de iluminação considerada adequada.

5.1.2 Aspectos técnicos relativos às tecnologias de iluminação

Quanto aos aspectos técnicos relativos às tecnologias de iluminação escolhidas para utilização no projeto, os alunos deveriam desenvolver um estudo de grandezas luminotécnicas, elétricas e estruturais, como iluminância, fluxo luminoso, princípio de funcionamento das lâmpadas e aspecto construtivo, necessidade ou não de equipamentos auxiliares para o acionamento, tempo de vida útil médio esperado, tensão nominal, potência nominal média, entre outros. Estes termos, específicos ao estudo luminotécnico serviram como indicadores, segundo Bardin (2011), para a análise nesta categoria.

Vale ressaltar que essas especificações não foram estudadas em sala de aula, mas foram abordadas no material compartilhado com os alunos ao final do E5, para que o utilizassem na preparação para o E6, como consulta direta e como orientador de outras

pesquisas. Os alunos A3, A10, A11, A12, A13 e A19 formaram o G4. No quadro 13 transcrevemos algumas falas dos estudantes a partir da apresentação da proposta e destacamos em negrito, os trechos relacionados a esta categoria.

Quadro 13 – Categoria de Análise. Parâmetros técnicos. G4

Proposta de iluminação para atendimento a um Hospital Público Municipal	
Aluno(a)	Transcrição íntegra da fala do aluno
A3	<p>No Morgue nós escolhemos a lâmpada fluorescente tubular, né? Ééé... o índice é maior que 80, temperatura de cor 3 mil ou 4 mil Kelvin, uma cor morna, potência consumida estimada de 28W, vida útil prevista de 45 mil horas, está alta, fluxo luminoso de 2.600 lúmens por lâmpada. Por que nós escolhemos este tipo de lâmpada? Nesse ambiente, não é realizada uma autópsia, né? O exame ou exame cadavérico ... então, eu não preciso nada de... com lâmpada especial, forte demais, eu preciso ler nomes, números, reconhecimento facial, às vezes, né? Então, por isso, essa justificativa.</p> <p>[...]Mas professora, outra observação, assim, uma experiência minha, que eu comprei LED e usei e fiquei insatisfeito... eu não sei... a senhora pode falar melhor, mas eu acho que essa tecnologia ela deveria ser mais estudada ainda, mais aprimorada, eu acho. Não é... eu acho que não é isso tudo ainda, acho que não é tudo isso ainda, ainda!!! Não estou falando que é ruim não, mas que propagando maior que o produto, porque? Porque eu comprei e dois meses depois ela estragou, não pedi o cupom fiscal, me ferrei... troquei todas as lâmpadas de LED da nossa empresa, não tive a redução nem de 1 centavo na energia, porque? Caí nessa do povo falar, 'não, troca porque LED e você vai pagar metade da sua energia da sua casa' (risos da sala). Troquei tudo, gastei o olho da cara, joguei um monte de reator fora, não virou nada.</p>
A10	<p>Sobre a UTI e a sala de cirurgia pós-anestésica, nós escolhemos a lâmpada fluorescente tubular, com o índice de reprodução de cor maior que 80%, temperatura de cor 5 mil Kelvin, potência de consumo estimada em 110W, a vida útil prevista de 7.500 horas, o fluxo luminoso 7.600 lúmens por lâmpada. É, por que que a gente escolheu essa lâmpada? Ééé... para a iluminação de teto, recomendada pela norma ééé... com a luz natural? Lâmpadas fluorescentes de cor fria, pois reduz o tempo de internação do cliente, auxilia na noção de temporalidade do paciente e na recuperação também, dos pacientes. Ééé... existem fluorescentes com a própria temperatura de cor no mercado que atendem as exigências e são mais viáveis que as halógenas.</p>
A11	<p>Ééé... os consultórios médicos nós escolhemos a lâmpada fluorescente compacta espiral, porque é uma área menor, o consultório do que os outros locais. O IRC é de 80, temperatura de cor ééé... 6.500 uma cor fria para garantir uma boa visibilidade do local, para o médico, né? E o conforto do paciente. Potência estimada em 23W, vida útil prevista 8 mil horas, e o fluxo luminoso 1.472 lúmens por lâmpada. E também tem o fato de que comparação com a fluorescente compacta espiral e a convencional, a espiral ela consegue distribuir melhor a luz no ambiente, em comparação com a convencional.</p> <p>[Sobre a fluorescente compacta] Esse tempo de 20 mil horas está um pouco elevado, mas depende muito do fabricante, e tem lugar que fala 8 mil, tem lugar que fala 16 mil, cada um está um valor diferente, vai depender muito da sua escolha mesmo.</p>
A12	<p>Recepção, ééé... a gente escolheu a lâmpada fluorescente tubular (o aluno apontou para o teto da sala), que é essa daqui que a gente está vendo... ééé... o IRC dela maior ou igual a 80, temperatura de cor 3 mil e 4 mil, por quê que a gente colocou</p>

	<p>essas duas temperaturas de cor? Ééé... acho que até os meninos comentaram isso no trabalho deles, ééé... no local que está a recepcionista, o pessoal de atendimento, a pessoa que chega no hospital, a gente precisa de uma luz mais estimulante, uma luz que proporciona a pessoa a trabalhar e ficar atenta ao que ela está fazendo, a secretária no caso. Então, a gente pensou em uma luz ééé... mais fria, a de 4 mil Kelvin, e talvez o lugar onde a pessoa fica esperando para ser atendido, esperando para visita, alguma coisa assim, possa ser uma cor ééé... ééé... de 3 mil Kelvin e para estimular ééé... estimular não, que vai proporcionar conforto, descanso, enquanto essa pessoa espera. Potência consumida 28W, vida útil prevista 45 mil horas, esse aqui está bem alto, fluxo luminoso 2.600 lúmens por lâmpada.</p>
A13	<p>Capela, a gente escolheu dois tipos de lâmpadas para a capela ééé... uma é a lâmpada vela halógena, é uma vela, e lâmpada fluorescente eletrônica compacta. Ééé... o IRC é aproximadamente 80, temperatura de cor: halógena é bem alta, não espera... 2.800 é baixa, amarela, e a fluorescente ééé... 4 mil Kelvin. Potência consumida 28W na halógenas, 25W na fluorescente eletrônica. Vida útil, bem baixa na halógena 1.500 horas e na fluorescente 6 mil horas. No fluxo luminoso, 400 lúmens nas halógenas e 2 mil na fluorescente. [...]Lâmpadas halógenas, a gente, em alguns casos optou por usar ela, embora seja incandescente, uma variação da lâmpada incandescente, há setores em que ela se encaixa, até por viabilidade econômica e facilidade de implantação.</p> <p>[...] Vantagens, índice de reprodução de cor 100, equivalente as incandescentes e a luz natural do sol. Temperatura de cor, entre 2.800 Kelvin e 3.100 Kelvin, essa temperatura torna o ambiente mais agradável, por se aproximar bastante dá... dá luz natural do sol e ter o índice alto de reprodução de cores, ela proporciona um ambiente mais agradável. Uma variedade de formatos, permite uma flexibilidade maior para instalação. Desvantagens, durabilidade reduzida, ééé... em comparação com fluorescentes ou LED, ééé... Lâmpadas halógenas, não são tão economizadoras de energia, embora consumam menos que as incandescentes, consomem muito mais que compactas e fluorescentes. Então, com relação a consumo e durabilidade ela perde um pouco.</p>
A19	<p>Nosso grupo também utilizou no projeto lâmpadas de vapor de sódio, que é um caso específico do estacionamento, e elas são construídas como tubos de descarga e que contém nesse tubo é excesso de sódio e com a idade ele vaporiza eee... eee... ele acende, né? Ééé... as características principais dela, é que utilizam reator, o índice de reprodução de cores é entorno de 20%, necessita de um equipamento auxiliar, que é o reator, e possui temperatura de cor entorno de 2 mil Kelvin. Essas lâmpadas apresentam vida útil aproximada de 16 mil horas, conforme elas vão sendo queimadas, vão sendo substituídas. Ééé... lâmpadas de vapor de sódio, diferente das de mercúrio não atraem insetos.</p>

Fonte: Elaborada pela autora com a transcrição integral das falas dos alunos, Apêndice R (p.357), 2017.

Na apresentação do G4 identificamos a presença de características técnicas que devem ser consideradas para diferenciar as decisões entre as tecnologias de iluminação.

Em relação à vida útil, os alunos conseguiram em suas pesquisas apurar que esta característica está relacionada à tecnologia de fabricação, e, portanto, os valores podem ser, “Vida útil, bem baixa na halógena 1.500 horas e na fluorescente 6 mil horas.” (A13), “vida útil prevista 45 mil horas, esse aqui está bem alto.” (A12), e que, mesmo sendo um valor especificado pelo fabricante trata-se de uma previsão, que lâmpadas do mesmo tipo podem queimar em tempos de uso diferentes, “a vida útil prevista de 7.500 horas” (A10), “Esse tempo de 20 mil horas está um pouco elevado, mas depende muito do fabricante, e

tem lugar que fala 8 mil, tem lugar que fala 16 mil, cada um está um valor diferente” (A11) e “Essas lâmpadas apresentam vida útil aproximada de 16 mil horas, conforme elas vão sendo queimadas, vão sendo substituídas” (A19). Entretanto, não chegam a concluir que diferentes valores de vida útil para a mesma categoria de lâmpadas se referem a modelos mais comerciais, em mercados de varejo, e outros de melhor rendimento, consideradas categorias profissionais. Não se trata de um julgamento que comprometa as avaliações, mas que, com mais estudos e experiência, é uma informação que poderá ser percebida por eles e será útil nos projetos.

Em relação ao aspecto construtivo, o grupo apontou uma informação interessante ao projetista e ao usuário sobre a lâmpada compacta no formato espiral e não por bulbos em U, mais comuns no mercado. Os alunos justificam este formato como sendo uma opção melhor, de mesmo consumo que uma convencional, mas mais adequada à ambientes menores, “os consultórios médicos nós escolhemos a lâmpada fluorescente compacta espiral, porque é uma área menor, o consultório do que os outros locais. [...] tem o fato de que comparação com a fluorescente compacta espiral e a convencional, a espiral ela consegue distribuir melhor a luz no ambiente, em comparação com a convencional” (A11). Esta é uma informação mais específica ao saber profissional e de interesse das aplicações (COSTA, 2013).

Nas falas, os alunos citaram valores corretos em relação à potência média consumida pelas lâmpadas, “potência de consumo estimada em 110W” (A10), “Potência consumida 28W na halógenas, 25W na fluorescente eletrônica” (A13); e sobre o fluxo luminoso da lâmpada: “o fluxo luminoso 7.600 lúmens por lâmpada.” (A10), “No fluxo luminoso, 400 lúmens nas halógenas e 2 mil na fluorescente.” (A6). Estas variáveis influenciam na geração de economia de energia, seja por apresentarem menor consumo, seja por menor dissipação de calor ao ambiente, implicando em menor custo de manutenção e condicionamento de ar dos ambientes (COSTA, 2013). Os alunos não fizeram uma referência direta ao impacto destas vantagens em relação às tecnologias escolhidas. Não citaram se escolheram as lâmpadas em detrimento de outras menos eficientes, por exemplo, que seria um argumento necessário numa apresentação de uma proposta real. Nas falas interpretam as escolhas como sendo as mais eficientes.

Uma das opções do grupo foi considerada inadequada por alguns dos alunos e ideal para outros e gerou polêmica. O grupo especificou uma lâmpada halógena, tipo vela, para a iluminação da capela do hospital e argumentou ser uma opção economicamente viável, “Lâmpadas halógenas, a gente, em alguns casos optou por usar

ela, embora seja incandescente, uma variação da lâmpada incandescente, há setores em que ela se encaixa, até por viabilidade econômica e facilidade de implantação.” (A13). A justificativa apresentada foi em relação ao custo reduzido desta lâmpada, implicando em menor custo de aquisição e implantação em relação ao mesmo tipo em tecnologia LED e não de menor custo de utilização. Foi possível observar que a polêmica fez com que o grupo procurasse por vantagens e desvantagens desta tecnologia, o que ficou evidente na argumentação dos alunos. O grupo em outro momento, cita a diversidade de formatos disponíveis para a halógena tipo vela e a qualidade da luz produzida por ela como fatores positivos, mas que a lâmpada possui alto consumo e limitada vida útil, “Temperatura de cor, entre 2.800 *Kelvin* e 3.100 *Kelvin*, [...] e ter o índice alto de reprodução de cores, ela proporciona um ambiente mais agradável. Uma variedade de formatos, permite uma flexibilidade maior para instalação. Desvantagens, durabilidade reduzida, ééé... em comparação com fluorescentes ou LED, ééé... Lâmpadas halógenas, não são tão economizadoras de energia, embora consumam menos que as incandescentes, consomem muito mais que compactas e fluorescentes. Então, com relação a consumo e durabilidade ela perde um pouco.” (A13).

Foi interessante observar que a falta de consenso refletiu no levantamento de muitas informações que fomentaram o debate sobre as características técnicas, como aconteceria numa situação profissional. O grupo comenta que ponderou sobre alto valor de investimento necessário para uma tecnologia LED, concordando com COSTA (2013). E, em se tratando de uma obra pública, justificou a escolha de uma tecnologia halógena com base numa experiência que o aluno A3 relatou nas discussões e na apresentação, ter trocado as lâmpadas fluorescentes para opções em LED, buscando uma redução significativa em sua fatura de energia, em função das propagandas que ouviu e que a economia não aconteceu, deixando-o insatisfeito com a tecnologia. E esta ideia anterior ele trouxe para o grupo e foi generalizada às demais tecnologias de iluminação, de que o investimento em LED não compensaria. Se por um lado, esta generalização não é interessante do ponto de vista de projeto, pois cada situação deve ser analisada com suas particularidades, como pontua Costa (2013), por outro, o aluno utilizou de sua experiência para enriquecer o debate no grupo. Observamos neste ponto, uma característica de defesa de ponto de vista, argumentação e visão crítica, estimulada pela PBL (RIBEIRO, 2005).

Em relação à esta interpretação do grupo, foi necessário que a professora, ao final, fizesse um esclarecimento, como prevê a metodologia da PBL, para que os alunos

não levassem consigo, informações inadequadas a respeito do assunto em estudo (RIBEIRO, 2005, SOUSA, 2011). Comentamos com os alunos que é preciso cautela em relação às comparações que são veiculadas pelos fabricantes e comerciantes, ao trocar lâmpadas convencionais por lâmpadas de LED (TREGENZA; LOE, 2015). É comum comparativos, por exemplo, entre lâmpadas fluorescentes e LED que mostram que uma lâmpada “X” fluorescente pode ser trocada por uma “Y”, de LED, gerando uma economia imediata. No entanto, do ponto de vista técnico, a equivalência não acontece em fluxo luminoso, e, em média, as opções em LED possuem cerca de 70% do valor das fluorescentes (COSTA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015). Nesta troca, as novas lâmpadas consomem menos, mas também iluminam menos. Por isso, é preciso cuidado e um conhecimento das variáveis envolvidas na comparação, e o profissional tem um papel relevante no reconhecimento deste tipo de prática comercial que prejudica os resultados dos projetos e o não atendimento adequado e a consequente insatisfação do cliente, como experimentado pelo aluno A3.

Enquanto características técnicas, a TCC e o IRC foram consideradas pelo G4, que, além de especificar o valor adequado às tarefas a serem desenvolvidas nos ambientes, deixou claro que a TCC não é um fator ligado à tecnologia de iluminação, como a potência ou vida útil, conforme destaca Costa (2013), e que podemos produzir com uma iluminação fluorescente o mesmo efeito de luz de uma halógena, gerando menor consumo e mesma TCC, “temperatura de cor 3 mil ou 4 mil *Kelvin*, uma cor morna” (A3), “existem fluorescentes com a própria temperatura de cor no mercado que atendem as exigências e são mais viáveis que as halógenas.” (A10). Nesta consideração, vemos que os alunos se contradizem em relação a terem utilizado a lâmpada halógena, que gerou a polêmica comentada. Pois, se é possível produzir o mesmo efeito de luz, não justificaria, então, ter utilizado uma tecnologia considerada ultrapassada, do ponto de vista de eficiência energética. Observamos que os alunos levantaram uma grande quantidade de informações, o que foi bastante positivo, mas que algumas delas, necessitam de mais tempo para assimilação e uso e sua correlação a outras situações.

A TCC e o IRC, para além das características técnicas, possuem grande influência sobre o ambiente a ser iluminado e a interação com os usuários (COSTA, 2013; PEDROSA, 2013; TREGENZA; LOE, 2015). Desta forma, foram abordadas durante a construção progressiva de conceitos na SD e são de suma relevância num projeto, e que, por tal, sua aplicação será abordada de modo mais dedicado no item 5.1.1.4 desta análise.

Diante das falas observadas é possível inferir que os alunos enunciaram um número expressivo de dados técnicos relativos às tecnologias em suas pesquisas e, nas decisões, os fatores relativos à qualidade da luz produzida, bem como condições econômicas julgadas por eles, influenciaram na especificação dos equipamentos. Estas informações, de forma individual ou conjunta, serviram como critérios comparativos entre as tecnologias de iluminação a serem utilizadas. As considerações feitas pelos alunos se aproximam de situações reais de projeto – o que é desejável em sua formação – uma vez que os custos, quer de manutenção, quer de instalação, juntamente com as especificações de rendimento técnico, necessitam ser avaliados pelos profissionais. De modo geral, os estudantes fizeram referência e uso das variáveis esperadas nesta categoria de análise e o fizeram de maneira correta, o que sugere indícios de que houve uma apropriação a respeito destes conceitos.

5.1.3 Aspectos psicofisiológicos da interação com a luz

Na apresentação da solução do problema de iluminação, os alunos deveriam considerar os fatores psicofisiológicos dos usuários estimulados na interação com a luz dos ambientes em projeto. Estes aspectos, devem ser observados pelo projetista, juntamente com os parâmetros técnicos destacados no item anterior. Costa (2013) pondera que esta é uma tarefa desafiadora,

O sistema de iluminação exige que o especialista **analise o comportamento humano quanto aos aspectos físicos, fisiológicos e psíquicos frente às condições de iluminação do ambiente**. Nesta busca, de melhor atender as exigências humanas, cabe aos especialistas em iluminação, otimizar o ambiente visual considerando custo, energia, desempenho, conforto e aparência. [...] Isto reforça a ideia de que o especialista em iluminação desenvolva algo mais do que a técnica usual, complexa ou não, empregada em Engenharia (COSTA, 2013, p. 42, grifo nosso).

A seguir, analisamos as considerações expressas pelos estudantes em suas justificativas. No quadro 14 destacamos em negrito as falas que apresentam aspectos relacionados a esta categoria, e que aparecem a seguir, na análise. Como indicadores nesta categoria definimos termos relativos ao comportamento humano quanto aos aspectos físicos, fisiológicos e psíquicos frente às condições de iluminação do ambiente.

Quadro 14 – Categoria de Análise. Aspectos psicofisiológicos da interação com a luz. G4

Proposta de iluminação para atendimento a um Hospital Público Municipal	
Aluno(a)	Transcrição da fala
A3	No Morgue nós escolhemos a lâmpada fluorescente tubular, né? [...] Por que nós escolhemos este tipo de lâmpada? Nesse ambiente, não é realizada uma autópsia, né? O exame ou exame cadavérico ... então, eu não preciso nada de... com lâmpada especial, forte demais, eu preciso ler nomes, números, reconhecimento facial, às vezes, né? Então, por isso, essa justificativa. Não eu estou falando que é escuro, eu não circulei...
A10	Sobre a UTI e a sala de cirurgia pós-anestésica, nós escolhemos a lâmpada fluorescente tubular ,[...] É, por que que a gente escolheu essa lâmpada? Ééé... para a iluminação de teto, recomendada pela norma ééé... com a luz natural? Lâmpadas fluorescentes de cor fria, pois reduz o tempo de internação do cliente, auxilia na noção de temporalidade do paciente e na recuperação também , dos pacientes.
A11	Ééé... nós vamos começar pelo estacionamento, nós escolhemos a lâmpada de vapor de sódio ovoide, eee... é... o IRC ela deve ser para garantir a visibilidade , para o condutor do veículo e segurança , e a temperatura de cor 2 mil Kelvin, uma cor quente, porque não há necessidade de uma cor estimulante, no estacionamento, porque vai ser só um local para as pessoas chegarem e saírem do seus veículos , não vai ter uma permanência prolongada ali, então, não há necessidade de uma cor estimulante , e não vai ser realizada nenhuma tarefa complicada, porque no caso de emergências, tem a rampa de acesso direto, né?
A12	Recepção, ééé... a gente escolheu a lâmpada fluorescente tubular (o aluno apontou para o teto da sala), que é essa daqui que a gente está vendo... ééé... [...] ééé... no local que está a recepcionista, o pessoal de atendimento, a pessoa que chega no hospital, a gente precisa de uma luz mais estimulante, uma luz que proporciona a pessoa a trabalhar e ficar atenta ao que ela está fazendo , a secretária no caso. Então, a gente pensou em uma luz ééé... mais fria, a de 4 mil Kelvin, e talvez o lugar onde a pessoa fica esperando para ser atendido, esperando para visita, alguma coisa assim, possa ser uma cor ééé... ééé... de 3 mil Kelvin e para estimular ééé... estimular não , que vai proporcionar conforto, descanso , enquanto essa pessoa espera.
A13	Mas por que, que a gente então, escolheu a halógena e a fluorescente para compor a capela? Ééé... a capela é um local de introspecção, meditação, deee... oração e geralmente a pessoa tem que estar... se sentir relaxada, se sentir... se sentir em paz naquele meio . O quê que a gente achou disso? A halógena, ela é capaz deee... pela, pela baixa... pela baixa temperatura de cor – 2.800 Kelvin, né?
A19	A Circulação, na circulação utilizamos lâmpadas fluorescentes tubulares, também, ééé... o IRC dela é por volta de 80%, temperatura de cor 3 mil, porque, espera-se que o corredor ééé... exista uma certa, ... calma e porque os pacientes que estão em recuperação nos leitos, eles vão olhar para fora do corredor, ééé... existem relatos de que essa luz atrapalha os pacientes a pegarem no sono, e atrapalha na recuperação desses pacientes. Por isso, a gente optou por uma cor mais morna nos corredores .

Fonte: Elaborada pela autora com a transcrição integral das falas dos alunos, Apêndice R (p.357), 2017.

Das falas destacadas no quadro, analisamos alguns pontos que merecem nossa atenção. De acordo com Innes (2016), podemos afirmar que os alunos interpretaram as que a luz influencia a atmosfera do ambiente, e, portanto, sua interação com os usuários, e que o projetista de iluminação é responsável por pensar estas interações.

A luz tem o poder de influenciar o tom e a atmosfera de um espaço. Alterar os padrões de luz, sombra e cor pode deixar os usuários mais relaxados ou alertas; acolhidos e confortáveis, ou frios e desconfortáveis. O uso habilidoso da luz permite que os projetos estejam impregnados das sensações que queremos transmitir aos usuários (INNES, 2016, p. 6).

É possível observar que as reações ora psíquicas, ora fisiológicas, das pessoas na interação com a luz e o ambiente iluminado, foram consideradas pelos alunos. Em suas expressões, os estudantes fazem referência à luz como estimulante das atividades fisiológicas e atenção, “uma cor quente, porque não há necessidade de uma cor estimulante, no estacionamento” e “segurança” (A11), “a gente precisa de uma luz mais estimulante, uma luz que proporciona a pessoa a trabalhar e ficar atenta ao que ela está fazendo” (A12), “... se sentir relaxada, se sentir... se sentir em paz naquele meio” (A13). De suas falas é possível inferir que os alunos associaram a luz à capacidade de influenciar o comportamento das pessoas que utilizam os espaços, por meio do estímulo de sensações, como esperávamos, numa proposta de iluminação que amparasse os usuários, proporcionando sensações e reações apropriadas ao ambiente iluminado em questão.

As falas de A10 e de A19 permitem constatar que o grupo se informou sobre situações peculiares ao ambiente hospitalar, quando mencionam que a luz pode estimular o paciente de forma indesejada ou influenciar na sua recuperação, pois A10 diz que a luz considerada adequada “reduz o tempo de internação do cliente, auxilia na noção de temporalidade do paciente e na recuperação também [...]”, e A19 comenta o que se espera da luz da circulação dos quartos do hospital e justifica a escolha da iluminação com base na resposta psicofisiológica, “porque os pacientes que estão em recuperação nos leitos, eles vão olhar para fora do corredor, ééé... existem relatos de que essa luz atrapalha os pacientes a pegarem no sono, e atrapalha na recuperação desses pacientes. Por isso, a gente optou por uma cor mais morna nos corredores.”. A fala de A19, deixa entrever a responsabilidade do projetista em sua atuação em luminotécnica. Podemos inferir que os estudantes se apropriaram de uma compreensão de projeto que considera os aspectos técnicos, mas que vai além destes, se ampliando à preocupação da influência da luz no comportamento dos usuários e na preocupação com estes. Esta interpretação de projeto vem ao encontro dos objetivos desta pesquisa e da visão que consideramos necessária à atuação do profissional na elaboração dos projetos de iluminação.

Observamos que A3 dedica sua fala à função específica, ao tipo de trabalho, ao citar a proposta para o Morgue, considerando-o como um ambiente onde a tarefa visual

deve ser atendida, mas sem uma resposta esperada dos usuários neste ambiente, “então, eu não preciso nada de... com lâmpada especial, forte demais, eu preciso ler nomes, números, reconhecimento facial, às vezes, né?” (A3). Esta fala, enfatizando a especificação técnica em atendimento às tarefas e acuidade visuais destes ambientes, pode estar ligada às atividades restritas e laborais que ali são desenvolvidas. Nos cuidados e funções de necrotérios, eles não associaram sensações às pessoas neste ambiente, preocupando-se apenas com as tarefas, o que nos sugere que a luz foi entendida como responsável pela associação às emoções e às respostas fisiológicas nos demais ambientes. A resposta esperada da luz enquanto numa TCC alta é adequada ao trabalho no Morgue, como especificado pelo grupo. Ali, associaram à ausência de resposta fisiológica da luz à ideia de ausência de vida, dos corpos tratados no ambiente. No entanto, é possível observar que os alunos associaram a resposta psicológica mais às emoções, que às respostas fisiológicas, e, por isso, referem-se à especificação como “eu não preciso de nada de ... nada especial”. O que o aluno se refere como “especial”, está ligado a outro conceito bem presente nas falas dos alunos, que é sobre a luz com característica de estimular relaxamento e “descanso” (A12), e, desta forma, inferimos que esta última relação da luz aparenta ter sido bem assimilada pelos alunos.

Como comentamos na Introdução deste trabalho, as reações psicofisiológicas, devido à interação humana com a luz, não entravam em ponderação nas propostas luminotécnicas de turmas anteriores da disciplina de Instalações Elétricas, quando utilizando uma metodologia de ensino sem o uso de MA. As decisões dos estudantes, estavam limitadas às considerações técnicas em relação à quantidade de iluminação e fatores de eficiência ou investimento financeiro, evidenciando decisões baseadas na racionalidade técnica (BAZZO, 1998). Tais modelos de decisões, são, comumente, associados aos profissionais de Engenharia, no que se refere à tradição intelectual praticada pelos engenheiros. Bazzo (1998) afirma que, uma postura que amplie este pensamento, considerando a interação com os aspectos humanos e culturais é esperada dos profissionais, e observamos esta ampliação nas considerações dos alunos nesta experiência com as MA no estudo de iluminação.

5.1.4 Aspectos de ambiência e conforto do ambiente e bem-estar dos usuários

Ainda que sejam concepções próximas, abordar fatores psicofisiológicos estimulados pela luz e tratar os aspectos de ambiência e conforto do ambiente e bem-estar

dos usuários proporcionados pela luz são considerações distintas. No primeiro estamos direcionando nosso olhar às respostas psicológicas ou fisiológicas estimuladas no usuário pela luz no ambiente. Por outro lado, quando tratamos de ambiência e conforto, estamos observando as “atmosferas” que podem ser criadas e caracterizarem o ambiente, em função da iluminação artificial. Como acima cita Innes (2016, p.6), “A luz tem o poder de influenciar o tom e a atmosfera de um espaço.”.

Devido à estreita relação entre os fatores psicofisiológico e os relativos à ambiência, utilizaremos nas referências desta seção, trechos das falas dos alunos no quadro 14, utilizada na seção anterior. Nesse sentido, os indicadores para esta categoria, foram definidos por termos que evidenciassem a capacidade da luz de caracterizar o espaço construído, gerando, ou não, condições adequadas de ambiência aos usuários.

Na fala do aluno A12, o aluno comenta da opção para o ambiente da recepção do hospital, “[...] a pessoa que chega no hospital, a gente precisa de uma luz mais estimulante, uma luz que proporciona a pessoa a trabalhar e ficar atenta ao que ela está fazendo, a secretária no caso. Então, a gente pensou em uma luz ééé... mais fria, a de 4 mil *Kelvin*, e talvez o lugar onde a pessoa fica esperando para ser atendido, esperando para visita, alguma coisa assim, possa ser uma cor ééé... ééé... de 3 mil *Kelvin* e para estimular ééé... estimular não, que vai proporcionar conforto, descanso, enquanto essa pessoa espera.”. Em outras falas, os alunos associaram a iluminação a características como “garantir uma boa visibilidade do local, para o médico, né? E o conforto do paciente” (A11) e a uma luz que proporcione no ambiente uma atmosfera de relaxamento, “uma certa ... calma” e “Consegue proporcionar um certo conforto.” (A19). A preocupação em proporcionar conforto e bem-estar ao paciente e aos profissionais que irão trabalhar no hospital foi amplamente abordada na intervenção e na apresentação do grupo, superando, inclusive, os objetivos desta pesquisa.

A maneira como os alunos expressaram o cuidado com as pessoas, na forma de proporcionar a estas um ambiente ora confortável, ora estimulante, denota que houve estudo a respeito às necessidades e um olhar humano e sensível, excepcional ao senso comum de um projeto de Engenharia, e de suma importância aos ambientes construídos. Tregenza e Loe (2015) chamam a atenção para a preocupação do projetista com a ambiência, mesmo quando tratamos de instalações funcionais, como o caso do hospital.

Mesmo quando um cômodo é estritamente funcional – uma oficina, um call center, uma ala de um hospital – não podemos projetá-lo pensando apenas nas tarefas visuais. **Em projetos luminotécnicos, o primeiro passo é sempre identificar o caráter do local; como ele funciona,**

como nos sentimos quando estamos nele e o que lembramos dele depois. Tudo é influenciado pelo que nos rodeia. **A iluminação é parte disso (às vezes a mais marcante), mas o ambiente físico é percebido por meio de todos os nossos sentidos.** Além disso, nossa percepção varia conforme nosso humor e as interações que temos com outras pessoas (TREGENZA; LOE, 2015, p. 87, grifo nosso).

Segundo esses autores, as relações subjetivas que atribuímos aos ambientes, podem ser explicadas por experiências anteriores, e, por isso, tendemos a expressar esses sentimentos em frases que podem mesclar tanto descrições físicas, quanto subjetivas.

A relação entre iluminação e caráter de um recinto é fundamentalmente subjetiva. As sensações que temos a respeito dos lugares – os juízos de valor que fazemos e o quanto estamos conscientes do que nos rodeia – são determinadas pelas experiências que tivemos no passado. Os padrões de luzes e cores são como pistas que indicam as características de um recinto. Isso é possível porque eles acionam relações com locais já explorados pelo usuário (TREGENZA; LOE, 2015, p. 88).

A partir desta explicação; observamos como válida a decisão do G4, de listar no planejamento das ações para a resolução do problema, ao realizar a primeira sessão tutorial no E5, a visitação de hospitais, para observarem os ambientes similares aos que iriam projetar e que intencionavam, portanto, conhecer. A visitação dos locais pode ter ajudado na formação de conceitos e experiências, ao associar memórias, e que lhes acrescentaria uma experimentação do espaço iluminado.

Como projetistas, dependemos da existência dessas associações entre entornos físicos particulares e sentimentos, e também do fato de conexões similares serem compartilhadas por muitas pessoas. Caso contrário, seria impossível projetar (ilustrar ou descrever) um cômodo que transmitisse um caráter específico (TREGENZA; LOE, 2015, p. 89).

Com base nas falas dos alunos, podemos inferir que, a sensibilidade do projetista, sugerida por Tregenza e Loe (2015), ao “projetar” os ambientes em estudo foi experimentada pelos estudantes. A forma como os estudantes, na busca da solução do problema, colocaram-se no lugar dos usuários – médicos, recepcionistas, pacientes e visitantes – foi além das expectativas esperadas nesta pesquisa e sinaliza uma postura diferenciada e atual de atuação profissional, bastante desejável ao projetista luminotécnico. Considerar e planejar estas características nos projetos de iluminação é ao mesmo tempo, necessário e desafiador, mas faz parte de uma concepção atual de projeto, como refletem Martau e Luz (2012, p. 38), “Atualmente, a pesquisa em iluminação está focada nos efeitos psicológicos e biológicos, cor e dinamismo dos sistemas para a criação de atmosferas. Projetá-las e comunicá-las torna-se um grande desafio”.

Na proposta para atendimento hospitalar, as falas dos estudantes sugerem que o conhecimento foi apropriado por eles em relação à função da luz em proporcionar ambiência, conforto e bem-estar aos pacientes e usuários do hospital, e nos possibilita inferir que a SD proposta, contribuiu para a apropriação dos conceitos relativos ao desenvolvimento das propostas de iluminação e de sua adequada aplicação.

5.1.5 Compreensão conceitual, adequação e contextualização da TCC e do IRC

Os conceitos de TCC e de IRC foram abordados na SD por meio de um processo de construção progressiva de significados, como sustenta a TAS. Dessa forma, partimos dos conhecimentos prévios dos alunos, e, em seguida, à compreensão física das variáveis utilizadas na explicação dos conceitos luminotécnicos, nos encontros E1 e E2, seguindo a compreensão dos conceitos em si, nos encontros E3 e E4, e, por fim, na aplicação destes, nos encontros E5 e E6. Como descrito no Capítulo 3, o percurso metodológico de desenvolvimento da SD envolveu a elaboração de materiais introdutórios, como OP, para a compreensão da TCC e do IRC, identificados como conceitos subsunçores no estudo luminotécnico proposto. O planejamento objetivou, por meio da elaboração de um material que fosse potencialmente significativo, e, juntamente com as metodologias utilizadas, que a SD favorecesse uma possível AS dos conceitos, e ao final, que estes conceitos fossem aplicados a situações novas.

Neste contexto, esta categoria de análise buscou indícios de obtenção dessa construção progressiva de conceitos na elaboração das propostas de iluminação, e como indicadores, definimos o uso dos termos de TCC e IRC, bem como sua utilização como referências para a escolha da iluminação ambiente. No quadro 15, destacamos algumas falas transcritas dos alunos a este respeito. A seguir, analisamos a pertinência e adequação das considerações expressas pelos estudantes em suas justificativas, aos conceitos estudados nos primeiros encontros da SD.

Quadro 15 – Categoria de Análise. Compreensão conceitual, aplicação adequada e contextualizada da TCC e do IRC. G4

Aluno(a)	Transcrição da fala
A3	Em relação as características térmicas, né? Ah... a luz fluorescente, ela tem a questão da Temperatura de Cor, o que, que é isso? A Temperatura de Cor, ela não está relacionada à emissão de calor, mas relacionada à cor mesmo, então, quanto maior for a temperatura de cor, maior será a sensação de fria, causada por essa iluminação. Então, temos ... a morna, a amarelada, que tem uma faixa de 3 mil... até 3.500 Kelvin, neutra ou branca de 3.300 a 5 mil Kelvin, ou a fria ou a suave

	<p>até 5 mil <i>Kelvin</i>. [...] Isso! Só saber qual temperatura de cor, por exemplo, qual o tipo de lâmpada, o que depende de uma análise do profissional do projeto.</p>
A11	<p>Ééé... nós vamos começar pelo estacionamento, nós escolhemos a lâmpada de vapor de sódio ovoide, eee... é... o IRC ela deve ser para garantir a visibilidade, para o condutor do veículo e segurança, e a temperatura de cor 2 mil <i>Kelvin</i>, uma cor quente, porque não há necessidade de uma cor estimulante, no estacionamento, porque vai ser só um local para as pessoas chegarem e saírem do seus veículos, não vai ter uma permanência prolongada ali, então, não há necessidade de uma cor estimulante, e não vai ser realizada nenhuma tarefa complicada, porque no caso de emergências, tem a rampa de acesso direto, né? Ambulância, tem o local onde fica as ambulâncias, né? Então, são outros casos.</p>
A12	<p>Recepção, ééé... a gente escolheu a lâmpada fluorescente tubular (o aluno apontou para o teto da sala), que é essa daqui que a gente está vendo... ééé... o IRC dela maior ou igual a 80, temperatura de cor 3 mil e 4 mil, por quê que a gente colocou essas duas temperaturas de cor? Ééé... acho que até os meninos comentaram isso no trabalho deles, ééé... no local que está a recepcionista, o pessoal de atendimento, a pessoa que chega no hospital, a gente precisa de uma luz mais estimulante, uma luz que proporciona a pessoa a trabalhar e ficar atenta ao que ela está fazendo, a secretária no caso. Então, a gente pensou em uma luz ééé... mais fria, a de 4 mil <i>Kelvin</i>, e talvez o lugar onde a pessoa fica esperando para ser atendido, esperando para visita, alguma coisa assim, possa ser uma cor ééé... ééé... de 3 mil <i>Kelvin</i> e para estimular ééé... estimular não, que vai proporcionar conforto, descanso, enquanto essa pessoa espera.</p>
A13	<p>Mas por que, que a gente então, escolheu a halógena e a fluorescente para compor a capela? Ééé... a capela é um local de introspecção, meditação, deee... oração e geralmente a pessoa tem que estar... se sentir relaxada, se sentir... se sentir em paz naquele meio. O quê que a gente achou disso? A halógena, ela é capaz deee... pela, pela baixa... pela baixa temperatura de cor – 2.800 <i>Kelvin</i>, né? – 2.800 <i>Kelvin</i>, ela é capaz de transmitir isso a pessoa que está ali, então a gente pensa assim, ela pode ser utilizada sozinha, na maior parte do tempo, com uma lâmpada fluorescente ou um conjunto de lâmpadas fluorescentes no altar, vamos supor na frente, indicando alguma coisa de hierarquia, indicando que há algo maior, para algo de... ali, entendeu? (risos) no altar. Essa seria a lâmpada fluorescente de 4 mil <i>Kelvin</i> e na maior parte do tempo, ficaria só uma lâmpada no altar fluorescente e a halógena, nas laterais com arandela, que foi citado lá atrás. Aí, ééé... Se caso, for ter liturgia, alguma coisa, a gente colocaria então, a fluorescente no resto do teto da capela, para esses momentos especiais. [Lâmpadas halógenas] Vantagens: índice de reprodução de cor 100, equivalente as incandescentes e a luz natural do sol. Temperatura de cor, entre 2.800 <i>Kelvin</i> e 3.100 <i>Kelvin</i>, essa temperatura torna o ambiente mais agradável, por se aproximar bastante da... da luz natural do sol e ter o índice alto de reprodução de cores, ela proporciona um ambiente mais agradável.</p>
A19	<p>A Circulação, na circulação utilizamos lâmpadas fluorescentes tubulares, também, ééé... o IRC dela é por volta de 80%, temperatura de cor 3 mil, porque, espera-se que o corredor ééé... exista uma certa, ... calma e porque os pacientes que estão em recuperação nos leitos, eles vão olhar para fora do corredor, ééé... existem relatos de que essa luz atrapalha os pacientes a pegarem no sono, e atrapalha na recuperação desses pacientes. Por isso, a gente optou por uma cor mais morna nos corredores.</p>

Fonte: Elaborada pela autora com a transcrição, na íntegra, das falas dos alunos, Apêndice R (p.357), 2017.

O G4 se diferenciou dos demais, por se propor a explicar os conceitos antes da aplicação – tanto do IRC, como da TCC, do funcionamento das tecnologias utilizadas, entre outros – como transcrevemos no trecho a seguir,

Em relação as características térmicas, né? Ah... a luz fluorescente, **ela tem a questão da Temperatura de Cor, o que, que é isso? A Temperatura de Cor, ela não está relacionada à emissão de calor, mas relacionada à cor mesmo, então, quanto maior for a temperatura de cor, maior será a sensação de fria, causada por essa iluminação. Então, temos ... a morna, a amarelada, que tem uma faixa de 3 mil... até 3.500 Kelvin, neutra ou branca de 3.300 a 5 mil Kelvin, ou a fria ou a suave até 5 mil Kelvin.** (A3, Apêndice Q, p. 315, fala 131, grifo nosso).

A opção pela forma como estruturaram a apresentação evidenciou uma interpretação dos estudantes dos conceitos utilizados. Sobre esta verbalização, a teoria de Ausubel permite considerar que, em um processo de AS, “[...] o resultado é quase sempre alguma variação mínima entre a forma como o aluno internaliza a informação e como o professor percebe a informação” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 43). Utilizando de uma linguagem própria, mais simplificada, os alunos expressaram corretamente os conceitos, e, a seguir, os aplicaram à proposta de iluminação dos ambientes, informando, ainda, que os profissionais devem conhecer as lâmpadas e suas propriedades, “Isso! Só saber qual temperatura de cor, por exemplo, qual o tipo de lâmpada, o que depende de uma análise do profissional do projeto.” (A3).

O grupo expressou, para além das referências corretas às grandezas de IRC e TCC, uma noção avançada de projeto, segundo a classificação de Tregenza e Loe (2015), por utilizar um recurso que é a criação de cenários de iluminação. O aluno A13 inicia, introduzindo aos demais, a descrição do cenário que espera para o local da capela do hospital, para justificar as especificações escolhidas.

Mas por que, que a gente então, escolheu a halógena e a fluorescente para **compor a capela? Ééé... a capela é um local de introspecção, meditação, deee... oração e geralmente a pessoa tem que estar... se sentir relaxada, se sentir... se sentir em paz naquele meio.** (A13, G4, Apêndice Q, p. 315, fala 153, grifo nosso).

Quando relata a proposta para a iluminação da capela, o aluno diz que escolheram locais distintos para a instalação das luminárias, no teto e nas paredes, e com lâmpadas com TCC distintas escolhida para a composição de um cenário intimista, favorecendo a introspecção, deixando claro que o grupo se condicionou a este fator e atribuiu à qualidade da luz da lâmpada halógena essa interação, “ela é capaz de transmitir

isso à pessoa que está ali” (A13). Ao proporem o cenário de iluminação como solução ao ambiente, os alunos superaram, muito, nossas expectativas em relação aos resultados da SD. O trecho completo da fala, retirado do quadro 15, dá-nos um melhor panorama, no qual o aluno prossegue a apresentação, descrevendo o uso de luz diferente para os momentos especiais de liturgia e os momentos de orações em que as pessoas rezam individualmente,

O quê que a gente achou disso? A halógena, ela é capaz deee... pela, pela baixa... pela baixa temperatura de cor – 2.800 Kelvin, né? – 2.800 Kelvin, **ela é capaz de transmitir isso à pessoa que está ali**, então a gente pensa assim, ela pode ser utilizada sozinha, na maior parte do tempo, com uma lâmpada fluorescente ou um conjunto de lâmpadas fluorescentes no altar, vamos supor na frente, **indicando alguma coisa de hierarquia, indicando que há algo maior**, para algo de... ali, entendeu? (risos) no altar. Essa seria a lâmpada fluorescente de 4 mil Kelvin e na maior parte do tempo, ficaria só uma lâmpada no altar fluorescente e a halógena, nas laterais com arandela, que foi citado lá atrás. Aí, ééé.... **Se caso, for ter liturgia, alguma coisa, a gente colocaria então, a fluorescente no resto do teto da capela, para esses momentos especiais.** (A13, G4, Apêndice Q, p. 315, fala 153, grifo nosso).

Utilizando da aplicação dos conceitos de TCC e IRC os alunos demonstraram, ainda, outro avançado conceito de projeto, referindo-se ao uso hierárquico da luz. Segundo Innes (2016), são conceitos que enriquecem nossa experiência visual.

A luz pode ser uma poderosa ferramenta para estabelecer o tipo de hierarquia visual que almejamos nos espaços internos. A mera decisão de iluminação de uma superfície ou de um objeto, afeta diretamente a maneira pela qual tal objeto é percebido pelo observador. Podemos tomar a decisão de ocultar áreas menos atraentes, ao concentrar a luz nos locais para os quais queremos que as pessoas olhem; podemos fazer com que uma área se projete ou recue visualmente, com o uso sutil das cores; a intensidade e direção da luz também podem discretamente sugerir o que é mais importante, em termos visuais, na cena que temos diante de nós (INNÉS, 2016, p. 75).

A seguir, destacamos trechos das proposições do G4 com o uso do conceito de hierarquia visual.

[...] no altar, vamos supor na frente, indicando alguma coisa de hierarquia, indicando que há algo maior, para algo de... ali, entendeu? No altar. Essa seria a lâmpada fluorescente de 4 mil Kelvin e na maior parte do tempo, ficaria só uma lâmpada no altar fluorescente e a halógena, nas laterais com arandela, que foi citado lá atrás.” (A13, G4, Apêndice Q, p. 315, fala 153).

A12 explica o que intencionavam, ao classificar em duas regiões a iluminação da recepção, utilizando uma luz com TCC menor na área geral, para que os visitantes

aguardem num ambiente onde a luz proporcione “conforto, descanso, enquanto a pessoa espera”, e outra área com mais alta TCC, para os guichês de atendimento, proporcionando mais atenção a quem trabalha e sinalizando para quem chega ao hospital o lugar onde deve ser direcionar primeiramente.

Destacamos que a elaboração de cenários e o conceito de hierarquia visual não foram abordadas em sala de aula, nem no material complementar, o que sugere a construção desses conceitos pelos alunos, numa perspectiva de uma MA, na busca de informações além do material sugerido como OP, ou mesmo na SD.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aplicação de conceitos para a resolução de problemas, evidencia uma AS,

A solução criativa de problema, é, em geral, a única maneira válida de testar se os estudantes **realmente** compreendem significativamente as ideias que são capazes de verbalizar. [...] Podemos dizer que a solução de problema é um método válido e prático de medir a compreensão significativa das ideias (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 122, grifo dos autores).

Com base em Innes (2016), as proposições destes alunos podem ser classificadas como apropriadas e bem-sucedidas, pois o autor afirma que, para a boa aplicação do conceito, é necessário que o projetista se coloque no lugar de quem irá utilizar o ambiente, o que foi extensivamente observado na proposta elaborada,

Para utilizar de modo bem-sucedido a hierarquia visual da luz, precisamos nos colocar no lugar dos usuários dos diferentes tipos de espaço. Um ambiente no qual as pessoas estão agitadas e precisam se orientar rapidamente, como a entrada do setor de emergência de um hospital, exige um tipo de hierarquia visual muito diferente de um espaço no qual as pessoas querem se entreter e passar bastante tempo, como um museu ou uma galeria de arte. Em ambos os casos, o que nos permite criar as soluções de luminotécnica mais apropriadas é imaginar ou visualizar a cena tanto do ponto de vista do usuário como adotando sua disposição mental (INNES, 2016, p. 75).

Portanto, foi possível observar nas expressões utilizadas pelos estudantes a consideração e a aplicação adequada e contextualizada dos conceitos de TCC e do IRC, para atender e caracterizar os ambientes por meio da iluminação artificial.

Ao final desta análise, vale destacar que no primeiro encontro da SD os estudantes afirmaram não saber sobre iluminação e na atividade da TL2 apenas 19% responderam conhecer todos os tipos de lâmpadas citados no texto (lâmpadas de descarga, incandescentes e halógenas, e de estado sólido – LED). No entanto, na apresentação dos produtos foi possível observar o uso apropriado dos conhecimentos

esperados para uma proposta de iluminação e das tecnologias a serem utilizadas. Estes resultados sinalizam que os conhecimentos foram construídos ao longo da SD, e, sobretudo, nesta etapa final, foram construídos pelos próprios alunos numa experiência de aprendizagem pela PBL (RIBEIRO, 2005; VEIT, 2015).

5.1.6 Desenvolvimento de competências

Neste ponto, ainda que brevemente, gostaríamos de fazer duas considerações a respeito do desenvolvimento de competências, de acordo com Ribeiro (2005; 2010)⁶⁶, normalmente relacionadas à PBL e observadas em nossa experiência.

5.1.7 Criatividade e autonomia no desenvolvimento das atividades

Interessa destacar que, conforme comentado no E6, no Capítulo 4, cada grupo escolheu uma forma distinta para a apresentação de sua proposta que se estruturou de forma distinta das demais, o que foi um ponto positivo observado, estimulado pela forma livre que os alunos tiveram para escolher o modo como apresentariam os resultados das discussões.

Outro destaque, em relação aos grupos diz respeito à proposição de cenários e de hierarquia visual apresentadas a partir dos estudos dos alunos e que foi além do esperado na elaboração da SD. De acordo com Almeida (2015), as diferenciações das formas de apresentação, bem como a criação de cenários e de hierarquia visual, retratam criatividade dos alunos, proporcionada pela metodologia PBL, sendo este um traço positivo visto nas MA.

As metodologias ativas de aprendizagem ressurgem no âmbito educacional, como uma provocação de mudança no ato do ensinar e aprender. Muda-se o foco, o elemento de destaque é a aprendizagem, abandona-se a fragmentação mecânica e racional, dá-se lugar para a integração, **para a criatividade, para o desafio, para o construir**. Usamos a palavra ressurgir, porque as discussões sobre as metodologias ativas apesar de parecerem recentes, são antigas (ALMEIDA, 2015, p. 59, grifo nosso).

Esta caracterização de singularidade nas ações deixa entrever o exercício de autonomia e criatividade, estimulado pela forma de implementação da PBL (PASSOS;

⁶⁶ Em seus textos, Ribeiro (2005, 2010) o autor faz referência ao conceito de competência por Perrenoud (2000) e às competências elencadas no documento de Diretrizes Nacionais para os Cursos de Engenharia (BRASIL, 2002).

HERDY; PASSOS, 2010; RIBEIRO, 2010; BERBEL, 2011; VALDEZ; FERREIRA; BARBOSA, 2011).

Em concordância com os resultados encontrados por Sousa (2011) e Ribeiro (2005) sobre o uso da PBL e aquisição de conhecimentos, observamos que a maioria dos alunos demonstrou segurança na aquisição dos conhecimentos e defesa de seus pontos de vista, o que ficou evidente quando os estudantes explicavam um conceito ou escolha de projeto, à turma.

5.1.8 Aproximação dos alunos à comunidade

Uma contextualização interessante foi realizada pelo G4, em relação ao impacto gerado pelo descarte de lâmpadas e a necessidade de divulgar os pontos de coleta para reciclagem e a realidade do município, como observamos na afirmação do A11, “Aqui em Jataí, se não me engano tem 4 Ecopontos, só que a população não sabe muito dessa informação, eu só soube que existia isso, depois que já estava na faculdade”. Os alunos pesquisaram os prejuízos das substâncias químicas que afetam a saúde humana no caso do contato com os cursos d’água e sobre os pontos de coleta que existem em nossa cidade e destacaram o fato de serem pouco conhecidos pela maioria da população, como destacamos no trecho a seguir:

Ééé... com relação ao **impacto ambiental das lâmpadas**, sobre as lâmpadas fluorescentes, essas lâmpadas elas contêm substâncias químicas que afetam os seres humanos, como o mercúrio, um metal pesado que uma vez ingerido ou inalado, causa efeitos desastrosos ao sistema nervoso. Ao romper-se uma lâmpada fluorescente ocorre a emissão de vapores de mercúrio que são absorvidos pelos organismos vivos. **Se elas forem descartadas em aterros, as lâmpadas contaminam o solo, e mais tarde, os cursos d’água, e chega até a cadeia alimentar.** Ééé... o impacto sobre o meio ambiente causada por **uma única lâmpada é desprezível, basta somar, as lâmpadas descartáveis, terá efeito sensível aos locais que são dispostas.** (A10, Apêndice Q, p. 315, fala 158, grifo nosso).

Nas falas dos estudantes observamos a interação destes com a comunidade, ao visitarem o ambiente hospital para conhecer as características do lugar, e que pudessem ajudar na elaboração da proposta de iluminação, e neste ponto, concordamos com Ribeiro (2005).

A adequação da PBL ao ensino de Engenharia poderia ainda ser vista sob um outro ângulo: a oportunidade que este método apresenta de cooperar com o cumprimento de uma terceira função da universidade ainda não mencionada neste trabalho: a extensão. A inclusão nos

currículos/disciplinas de alguns ‘problemas da vida real’ (GORDON, 1998) que afetam a comunidade cujas ‘soluções’ demandam conhecimentos de engenharia poderia inserir os alunos nesta função essencial da universidade (RIBEIRO, 2005, p. 152).

O autor afirma que a PBL favorece esta aproximação dos alunos com o meio e a comunidade onde vivem, potencializando a realização de ações de extensão do ensino, muito desejadas no Ensino Superior. Desta forma, podemos aproximar as soluções pensadas pelos alunos dos problemas vividos pela comunidade. Nesta ação, não somente a comunidade pode ser beneficiada, como podemos contribuir com a formação de nossos futuros profissionais.

5.2 Reflexões sobre a experiência com a PBL na voz dos atores

Conforme descrevemos no E6, ao final do desenvolvimento e da aplicação da SD, solicitamos aos estudantes que registrassem, sob a forma de fichas avaliativas⁶⁷, suas impressões sobre as experiências de aprendizagem. Nesta última categoria de análise buscamos refletir sobre as respostas dos alunos nessas ponderações e as relações com a literatura a respeito de outras experiências com as MA, e, de modo especial, com a PBL.

Berbel (2011) salienta a importância de se considerar nas atividades de ensino, por meio de MA, a participação do aluno, desde o planejamento das atividades até o momento de avaliação, como forma de proporcionar o seu protagonismo no processo de aprendizagem.

As metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. Quando acatadas e analisadas as contribuições dos alunos, valorizando-as, são estimulados os sentimentos de engajamento, percepção de competência e de pertencimento, além da persistência nos estudos, entre outras (BERBEL, 2011, p. 28) .

As fichas referenciais de avaliação foram baseadas nos estudos de implementação de Ribeiro (2005, 2010) e Rodrigues e Araújo (2007). Com base nas respostas dos estudantes às fichas de avaliação, julgamos que a maioria avaliou de forma positiva o processo com as MA. Quando perguntados sobre como classificam o uso das MA para o aprendizado de Luminotécnica, 90% deles responderam como Bom ou Muito Bom. Sobre o conhecer as MA, apenas 14% já tinham ouvido falar, e para 95%, era a primeira vez que utilizavam, mesmo estando no oitavo período do curso de graduação.

Este índice de respostas indicando satisfação na experiência com a PBL concorda Ribeiro (2005); Strobel e Van Barneveld (2009); Sousa (2011); Almeida (2015), como também a identificação dos alunos com a aula tradicional no ensino de Engenharia (BAZZO, 1998; RIBEIRO; FILHO; MIZUKAMI, 2003; RIBEIRO, 2005, 2007b; ARAUJO *et al.*, 2016).

Utilizando uma classificação graduada em Insuficiente, Regular, Bom e Excelente, os alunos avaliaram a PBL, considerando os critérios motivação, relevância, integração de conhecimentos, facilidade em obter materiais de pesquisa, tempo para as atividades, apresentação dos produtos de aprendizagem e alcance dos objetivos educacionais da disciplina.

5.2.1 Identificação com o uso das MA e adequações às áreas de estudo

Ao serem perguntados a respeito da identificação com o uso das MA em relação ao ensino convencional, 76% responderam que preferem utilizar as MA no estudo de assuntos de disciplinas que envolvam projetos, como foi o caso do estudo de Luminotécnica. E apenas 24% gostariam de as utilizar em todas as disciplinas, resultados estes que concordam com outras pesquisas (RIBEIRO; FILHO; MIZUKAMI, 2003; RIBEIRO, 2005; RODRIGUES; ARAÚJO, 2007; SOUSA, 2011). Destacamos algumas falas⁶⁸ a este respeito.

Gostei muito da experiência, achei que foi muito positiva. Entretanto, **não dispense as aulas expositivas**, acredito que o misto dos dois métodos seja o melhor. Foi muitíssimo interessante **pelo fato de proporcionar debate**. (A13, G4, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

Acredito que um misto de metodologia ativa e convencional seria ideal. **Com relação a conceitos mais complexos e de difícil compreensão o auxílio da aula expositiva convencional é ideal, pois caso contrário o aluno ficaria muito tempo para conseguir compreender melhor**. Porém, em certas matérias do curso, a metodologia ativa seria ideal como em matérias de projetos nas quais o aluno conseguiria maior aprendizado de conteúdo, comparado a aulas somente expositivas. (A11, G4, Resposta à questão 13, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237, grifo nosso).

Acredito que as duas formas ajudam a desenvolver habilidades. **Porque as pessoas respondem diferentemente a determinadas situações**.

⁶⁷ As fichas avaliativas compõem os Apêndices J (p. 234), K (p. 235) e L (p. 236).

⁶⁸ Nas subseções relativas à avaliação da experiência com o PBL, assumimos a opção de manter as falas dos alunos com recuo de citação direta longa, evitando alternar a formatação entre citações longas e curtas, visando destaque e facilitar a leitura.

(A13, G4, Resposta à questão 10, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237).

Podemos inferir com base nas respostas dos alunos (76% identificam-se com a PBL para disciplinas que envolvam projetos), que esta “preferência” dos alunos está relacionada à metodologia favorecer a aprendizagem do conteúdo estudado por eles (RIBEIRO, 2005).

Contrariando o índice avaliação positiva da metodologia, alguns alunos registraram nos comentários que a PBL não é adequado às disciplinas cujos conteúdos envolvam cálculos, corroborando os resultados de Ribeiro (2005) e Sousa (2011). Nos resultados encontrados por Ribeiro (2005), que realizou implementações na disciplina de Teoria Geral da Administração (TGA), os participantes – alunos de Engenharia⁶⁹ afirmam que a PBL é adequado para aplicação em disciplinas de áreas do conhecimento de Ciências Sociais, mas que não são adequadas ao desenvolvimento de disciplinas das Áreas Exatas, como nos resultados de Sousa (2011). Ribeiro (2005) reflete que uma possibilidade para este entendimento se traduz na dificuldade ou impossibilidade que se tem em imaginar um contexto de aplicação curricular da PBL à Engenharia, e completa falando da interiorização humana de imaginar uma situação diferente da que se está acostumado, e cita Thurler (2001, p. 28),

Os atores não imaginam poder funcionar de outro modo, não percebem que a organização do trabalho existente é o resultado de uma construção social, com sua parte de arbitrário. Apesar de toda a reflexão, mesmo admitindo que uma outra organização fosse possível, abstratamente, estão certos de que seriam incapazes de funcionar de outro modo, ou pensam que isso acarretaria consequências graves para a qualidade de ensino (THURLER, 2001, apud RIBEIRO, 2005, p. 28).

Ao compararem as MA utilizadas, dos 21 participantes, dez responderam “preferiram” mais a experiência com a EsM e a IpC, e outros dez, a PBL. Um estudante respondeu ter “gostado” igualmente das MA utilizadas. Uma possível explicação pode ser encontrada na fala do aluno A13, ao comparar as metodologias, “Porque as pessoas respondem diferentemente a determinadas situações”. A fala do aluno A13 reforça a necessidade de revisão dos métodos de ensino utilizados nos cursos de Engenharia.

As avaliações comparativas entre as MA propostas nesta pesquisa, não foram analisadas em relação a nenhum outro estudo, pois o uso dessas metodologias, da forma que aconteceu na elaboração da SD, buscando construir conceitos com a EsM e a IpC, e,

⁶⁹ O estudo foi realizado com alunos dos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Civil e de Produção de uma universidade pública de São Carlos, interior de São Paulo (RIBEIRO, 2005).

de forma progressiva, ampliar este entendimento na elaboração e aplicação das soluções na PBL, não foi encontrada em outra pesquisa. Esta proposta foi pioneira neste sentido. No entanto, as diferentes e equilibradas identificações apontadas pelos alunos, contribuem para afirmar que é necessário se pensar alternativas ao ensino de Engenharia, pois uma mesma forma de ensinar não é capaz de oferecer condições de aprendizagem a todos. Diversificar as formas de ensino pode vir ao encontro dos diferentes perfis de apropriação e desenvolvimento dos aprendizes.

5.2.2 Integração de conhecimentos entre teoria e prática

Na avaliação sobre a PBL a característica que mais agradou os alunos foi proporcionar a integração de conhecimentos entre teoria e prática, que foi avaliada como excelente por 66,67% dos participantes e boa pelos demais. Na ficha de autoavaliação, um dos principais pontos destacados pelos alunos na utilização de uma abordagem PBL, quando se referem à potencialização dos processos de aprendizagem está na aproximação e articulação entre teoria e prática profissional. Estes resultados concordam com os estudos analisados, Ribeiro (2005); Oliveira *et al.* (2010); Sousa (2011) e Araujo *et al.* (2016), conforme exposto em alguns trechos transcritos a seguir da fala dos alunos.

Achei bastante enriquecedor **pensar em um problema real, pensar sobre as opções variáveis de implantação, ir além do que dizem as propagandas dos produtos.** (A17, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

Particularmente para mim, foi uma **experiência nova** esse tipo de avaliação. **Senti que consegui visualizar a disciplina diretamente na prática. O meu aprendizado foi maior.** (A20, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

Achei muito interessante por poder **solucionar um problema luminotécnico como profissional.** (A5, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

O entendimento dos alunos de que, ao realizarem uma aplicação nesta perspectiva, estão adquirindo ou ampliando a capacidade de compreenderem a realidade dos ambientes reais de trabalho pelo exercício de pensar soluções em Engenharia concorda com outros estudos de PBL (RIBEIRO, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2010; SOUSA, 2010, 2011; NETO *et al.*, 2014).

5.2.3 Relevância para a aprendizagem e construção do conhecimento

A segunda característica melhor avaliada foi sobre a PBL ter sido relevante para o aprendizado. Cerca de 57% avaliaram como excelente e outros 43% classificaram como boa. Ao passo que, na autoavaliação, o item com maior apreciação pelos alunos, na experiência com a metodologia foi “Adquiri conhecimentos novos por meio do processo de solução do problema”, com cerca de 76% dos alunos tendo avaliado como excelente a experiência com a metodologia, no que compete à aprendizagem. Nos comentários dos alunos na autoavaliação, destacamos alguns trechos de suas reflexões a respeito.

Pude compreender a essência de se projetar visando a iluminação. (A21, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

Pude conhecer diferentes tecnologias. (A5, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

Apreendi muito com as apresentações, **agora tenho uma visão bem mais ampla sobre iluminação.** (A9, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

Foi bastante interessante ver, principalmente, **o efeito sobre o humor nas pessoas que estão sob devida iluminação.** (A16, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

Estes resultados denotam que a maioria dos alunos considera que houve a ampliação e/ou aquisição de conhecimentos no processo, alinhados com os estudos de (RIBEIRO, 2005, 2007a; STROBEL; VAN BARNEVELD, 2009; SOUSA, 2011; REZENDE *et al.*, 2014). Em específico, os estudos do tipo metanálise de Freeman *et al.* (2014), que analisaram 225 trabalhos em áreas de Ciências, Engenharia e Matemática, afirmam que a aprendizagem ativa aumenta o desempenho do aluno nestas áreas.

Em nossa análise, chamamos a atenção ao registro da aluna A2, na autoavaliação sobre “Alguns comentários que gostaria de deixar registrados a respeito da experiência com a PBL”,

A proposta de iluminação hospitalar me fez refletir sobre o tanto que é complexa para um projetista a sua elaboração, por ter inúmeras variáveis a serem pensadas e analisadas. (A2, G3, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 237, grifo nosso).

É interessante observar em seu relato que as atividades a levaram à reflexão, o que pode ser acompanhado nos registros que fez em outros momentos da SD. Na TL2,

relativa à Espectroscopia e a abordagem inicial de tecnologias de iluminação⁷⁰, quando perguntada sobre “Quanto aos tipos de lâmpadas citados no texto, e sobre os quais você conhece, comente sobre que tipo de conhecimento possui (conhecimento teórico, conhecimento prático, já teve contato? Já comprou? Possui em sua casa ou ambiente de trabalho?”, a aluna A2 afirmou conhecer todas as citadas, à exceção das halógenas.

[Conheço] As lâmpadas incandescentes, fluorescentes e de LED. O conhecimento que tenho delas é mais prático: as incandescentes esquentam mais, o ambiente fica “amarelado” e sua vida útil é menor; as fluorescentes iluminam mais o ambiente e emite menos calor; e as de LED possuem vida útil maior e são mais caras. Aqui em casa, temos só de LED. (A2, G3, TL2, Apêndice D, p. 185).

Após a finalização da sessão tutorial da PBL, ao final do E6, os alunos responderam às fichas de autoavaliação. Nesta, em comentário à afirmação, “Adquiri conhecimentos novos por meio do processo de solução do problema”, a aluna relata “Sim, ao avaliar melhor os tipos de lâmpadas e verificar que nem sempre a LED é a melhor opção.” (A2, Resposta à ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234).

É possível afirmar que houve elaboração do conhecimento pela aluna, que associou os conhecimentos novos, aos conceitos que já existiam em sua estrutura cognitiva. De acordo com um processo de AS, os conceitos subsunçores, como é o caso dos tipos de lâmpadas, faziam parte do conhecimento prévio da aluna. A informação nova – no caso, as análises contextualizadas dos tipos de lâmpadas e as informações que levaram à reflexão sobre as variáveis a se considerar na decisão da especificação da iluminação – se ligaram aos conhecimentos relevantes presentes em sua estrutura cognitiva. No entanto, de acordo com a Teoria da Assimilação proposta por David Ausubel como parte da TAS, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), não apenas as novas informações são assimiladas, mas também o conhecimento prévio. Assim, a concepção de que, a tecnologia LED seria sempre superior às demais, é alterada, pois a aluna afirma, ao final, que “nem sempre, LED é a melhor opção”. Com base em Ausubel, Novak e Hanesian (1980), podemos supor que as novas informações foram assimiladas pela aluna.

Em tempo, um comentário a respeito de cerca de 76% dos alunos terem avaliado como excelente a experiência com a metodologia, no que compete à aprendizagem. A metodologia PBL contempla mais de uma forma de avaliação – autoavaliação, avaliação pelos pares e avaliação da metodologia – e o cruzamento destes dados, ajuda o professor

⁷⁰ Atividade descrita seção 4.2.1, anterior ao E3.

na observação do desenvolvimento do aluno, da turma e das práticas de ensino realizadas (Ribeiro, 2005). No entanto, neste processo é importante reconhecer que os alunos respondem ao professor que os avalia, e que, em meio ao elevado índice de respostas positivas, existe a possibilidade de que alguns alunos, preocupem-se mais em corresponder às expectativas do professor ao propor uma metodologia nova, que expressar sua avaliação real a respeito da experiência. Mesmo não sendo possível, verificar esta afirmação, uma possível explicação para que ela seja verdadeira, reside no hábito dos alunos, em relação ao sistema escolar tradicional, no qual os processos de avaliação considerando a opinião dos alunos como fator relevante, são pouco presentes (BAZZO, 1998; ANASTASIOU; ALVES, 2004).

5.2.4 Motivação como facilitador da aprendizagem

Sobre ter proporcionado motivação, 57% dos estudantes consideraram a metodologia excelente, ao passo que outros 33% consideraram boa, e 10% como regular. Observamos em algumas falas, a presença de indicadores como afirmações dos alunos, de terem se sentido motivados ou interessados, durante o processo. Algumas falas dos alunos destacam o interesse proporcionado pela experiência de estudos e debates em sala.

A experiência foi **boa com muito aprendizado e mais dinâmica** dentro da sala de aula. As aulas foram **dinâmicas promovendo maior interesse e participação dos alunos** em comparação com as aulas convencionais. (A11, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234).

Trata-se de **um método mais eficiente de aprendizagem**, já que trata de **discussões dinâmicas** a respeito da matéria. (A21, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234).

A experiência foi muitíssimo interessante pelo fato de proporcionar debate. **Acredito que o debate seja a melhor maneira de produzir conhecimento**. (A12, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234).

Acredito que para a aprendizagem conceitual é melhor a metodologia ativa, porque o estudo prévio antes das aulas torna as coisas mais interessantes. (A9, Resposta à questão 11, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237).

Acredito que as duas formas ajudam a desenvolver habilidades. **Porque as pessoas respondem diferentemente a determinadas situações**.

(A13, Resposta à questão 10, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237).

De acordo com a TAS, a motivação é um fator determinante, atuando como facilitador para as tarefas de aprendizagem, otimizando o processo de AS faz parte do escopo desta pesquisa o aprofundamento sobre a disposição do aluno em aprender, a influência que a motivação e a disposição exercem no aprendizado. No entanto, ao observar a participação dos alunos nas atividades de preparação para as aulas na EsM, superior a 95%, a participação nas votações e os debates em sala, quer no momento de aplicação da IpC, quer nas atividades experimentais, bem como o interesse demonstrado nas pesquisas e resultados apresentados como produto no fechamento da PBL, podemos inferir que houve engajamento cognitivo por parte dos alunos que participaram ativamente de todas as atividades. Esta observação vai ao encontro dos resultados encontrados por outras pesquisas com as MA (RIBEIRO, 2005; SOUSA, 2011; VALDEZ; FERREIRA; BARBOSA, 2011; ALMEIDA, 2015; ARAUJO; ARANTES, 2016).

Algumas falas sugerem afirmações que ponderam sobre o uso das MA na SD proposta, terem favorecido a aprendizagem,

[As MA] auxiliam o aluno a pensar e não só decorar. (A15, Resposta à questão 09, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237).

Dá certa autonomia para o agente buscar e apreender, debater e chegar à conclusão, fruto da aprendizagem. (A1, Resposta à questão 09, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237).

Através do incentivo ao aluno na procura por novas informações e entendimento das mesmas, induz ao futuro profissional a praticar o mesmo diante de técnicas e materiais desconhecidos por ele. (A11, Resposta à questão 09, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237).

A partir do momento que eu consigo falar sobre um conceito com minhas próprias palavras, absorvo mais. (A15, Resposta à questão 11, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237).

Podemos inferir que os processos de construção de conhecimento relatados pelos alunos no item anterior foram favorecidos pelos processos de facilitação da aprendizagem estimulados pelo interesse em se apropriar dos conteúdos (MOREIRA, 1999).

5.2.5 O tempo como fator limitador

A pior avaliação pelos alunos, com 43% como boa e 38% como regular, foi em relação ao tempo suficiente para o desenvolvimento das atividades. Referências ao tempo utilizado para o desenvolvimento das atividades serviram de indicadores desta categoria.

Alguns comentários dos alunos a respeito da relação com o tempo investido nas pesquisas estão abaixo transcritos.

O sistema é bom, eu gostaria de tê-lo sempre, **mas deve ser feito com maior prazo para se adequar e para realizar a pesquisa.** É algo novo para todos que necessita de mais estudo para implantação. (A18, G1, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

A proposta foi boa, mas o curto tempo prejudicou um pouco maiores desenvolvimentos e aprofundamento. (A4, G2, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234).

O pequeno prazo para desenvolver o trabalho trouxe dificuldades nos horários compatíveis. (A5, G2, Resposta à Ficha referencial de avaliação do grupo, Apêndice K, p. 235, grifo nosso).

Todos possuem fortes opiniões e personalidade. **É um método bom para a interação de todos e busca por conhecimento, mas que exige tempo e dedicação para se obter êxito.** (A18, G1, Resposta à Ficha referencial de avaliação do grupo, Apêndice K, p. 235, grifo nosso).

A demanda de tempo exigida pelas MA de EsM e pela PBL foi a desvantagem mais citada pelos alunos, resultado, este, que corrobora a literatura (RIBEIRO; FILHO; MIZUKAMI, 2003; RIBEIRO, 2005; SOUSA, 2010; NETO *et al.*, 2014; SOUZA; DOURADO, 2015).

Podemos analisar as observações dos alunos sobre a questão do tempo dedicado à PBL sob duas perspectivas. Na primeira delas é preciso dar razão aos alunos, visto que o aumento de tempo de estudos fora da sala de aula é real, necessário e inerente às implementações da PBL, quaisquer que sejam os formatos⁷¹ (RIBEIRO, 2005; SOUSA, 2011). Souza e Dourado advogam a respeito da importância do tempo utilizado na PBL.

O tempo é uma das grandes limitações para o uso da ABP. Não é possível realizar a construção do conhecimento de forma rápida como se faz nos métodos tradicionais⁷². Com a ABP⁷² é necessário mais tempo

⁷¹ O PBL pode ser desenvolvido em diferentes formatos, sendo curriculares, híbridos ou parciais, como apresentado na seção 2.5.

⁷² Estes autores utilizam a sigla em Português para a metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas.

para que seja possível aos alunos alcançarem um nível de aprendizagem satisfatória. A dificuldade apresenta-se, também, porque, ao fazer com que os alunos sejam ativos e autônomos em sua aprendizagem, se reconhece que o tempo da disciplina deve ser ampliado para a obtenção de um bom resultado, pois, caso não haja esse tempo, os alunos podem se sentir inseguros acerca do conhecimento adquirido. Também o professor tutor necessita de mais tempo para preparar os cenários problemáticos e para acompanhar os alunos no desenvolvimento da aprendizagem por meio da ABP (SOUZA; DOURADO, 2015, p. 196).

Na segunda, o desconforto gerado por esse tempo adicional de estudos extraclasse, provavelmente, surge, pois, os alunos não estão habituados a se prepararem com antecedência às aulas, uma vez que é comum nas metodologias tradicionais os estudos serem posteriores à apresentação dos conteúdos em estudo ou antecederem às avaliações (RIBEIRO; FILHO; MIZUKAMI, 2003).

É interessante notar, contudo, não é consenso que a questão do maior tempo investido seja um ponto negativo. A fala da aluna A15 relata como uma vantagem este estudo antecipado e atribui a ele uma contribuição em seu processo de aprendizagem em relação ao início da disciplina numa metodologia convencional,

A parte teórica sobre energia, potência, ... conceitos das aulas iniciais da disciplina [anterior ao desenvolvimento e aplicação da SD] ficaram menos fixas do que conceitos finais de Luminotécnica. Talvez seja pela mudança de metodologia que **me “obrigou” a estudar o conteúdo antes da aula, e já poder trazer dúvidas ou até mesmo curiosidades.** (A15, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

As palavras da aluna sugerem que em relação às aulas convencionais do início do semestre na disciplina, a “fixação” das informações foi menor. Utilizando termo “fixar” com referência ao aprendizado, a aluna deixa entrever que os conceitos finais foram aprendidos e que o estudo prévio operou de forma a criar OP para favorecer um processo de AS dos conceitos.

5.2.6 As interações nos grupos

Outra característica destacada como um ponto negativo da metodologia foram as diferenças nos pontos de vista, gerando debates e discordância entre as opiniões. Os alunos avaliaram bem a aplicação da metodologia, no que confere a se relacionar com outros colegas. Quando questionados sobre “Você se sentiu à vontade nos momentos de interação em dupla e em grupo?”, 81% dos alunos responderam que sim, o tempo todo, ou na maioria das vezes.

Outro dado que se relaciona a este está indicado na avaliação que cada aluno fez, em relação ao grupo, avaliando, separadamente, cada um dos integrantes de seu grupo⁷³. Os itens versaram sobre presença e participação, relevância das contribuições, disposição em realizar as tarefas e pesquisas, disposição e respeito em ouvir as opiniões dos outros e contribuições relativas à organização geral e construção consensual da solução. Julgamos com base nas respostas que, de modo geral, a relação entre os integrantes foi considerada positiva, sendo que o percentual médio de itens avaliados como excelente ficou em torno de 80%.

No entanto, apesar da aceitação da metodologia e da avaliação positiva entre os pares, a dificuldade de chegar a um consenso gerou críticas ao processo da PBL, registradas em alguns comentários, das quais destacamos algumas transcritas a seguir.

A metodologia estimula a atividade em grupo e isso torna a experiência interessante em alguns pontos. **Porém há algumas discordâncias que acabam gerando atrito de ideias.** (A19, G4, Resposta à Ficha referencial de autoavaliação, Apêndice J, p. 234, grifo nosso).

O grupo interagiu bastante, houveram divergências de opiniões, mas entramos em consenso. (A20, G2, Resposta à Ficha referencial de avaliação do grupo, Apêndice K, p. 235, grifo nosso).

Uma das dificuldades de se trabalhar em grupo é ouvir, esse problema esteve presente nessa atividade. No mais, o grupo se interagiu e se dedicou para a realização da proposta. (A12, G4, Resposta à Ficha referencial de avaliação do grupo, Apêndice K, p. 235, grifo nosso).

[...] Aprendemos a lidar com divergências de ideias, trabalhar em grupo, pensar como profissional. (A20, G2, Resposta à questão 10, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237, grifo nosso).

Observamos a compatibilidade entre os resultados da avaliação pelos pares com as falas que destacam a dificuldade de relacionamento e processo de consenso. Ao avaliar, individualmente, cada integrante dos grupos, fica destacado junto aos que relataram comentários a este respeito a menor nota dada a alguns participantes pela maioria dos integrantes.

⁷³ Apêndice K (p. 235)

5.2.7 A autoregulação e aprendizagem passiva

Algumas críticas, ainda que em número pouco expressivo, solicitam uma atuação mais reguladora por parte do professor na solução dos problemas e alguns alunos relatam como negativa a participação ativa.

Houve dificuldade na escolha da lâmpada e para definir como apresentaríamos. Eu colocaria um trabalho mais bem elaborado e discutido em grupo. (A15, G1, Resposta à Ficha referencial de avaliação do grupo, Apêndice K, p. 235, grifo nosso).

Não acredito plenamente, **o professor é mais preparado para a transmissão de conhecimento.** (A12, G4, Resposta à questão 11, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237, grifo nosso).

Um ponto negativo é que **depende muito da participação do aluno.** (A20, Resposta à questão 10, G2, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237, grifo nosso).

Um ponto negativo é que **a pesquisa constante** (A2, G3, Resposta à questão 10, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237, grifo nosso).

Um ponto negativo é **ter que trabalhar fora da zona de conforto com muita pesquisa** (A1, G3, Resposta à questão 10, da Ficha referencial de avaliação das MA, Apêndice M, p. 237, grifo nosso).

Podemos supor, com base em Ribeiro (2005) que, as desvantagens pontuadas pelos alunos se desenvolvem a partir de um processo de comparação, e con(formação) a uma cultura escolar predominante e sólida. Como Freeman *et al.* (2014) nos recordam, uma cultura escolar em que a transmissão de conhecimento é a base do processo de ensino e aprendizagem, remonta a cerca de novecentos anos e rever esse processo histórico requer, minimamente, pesquisa, trabalho e tempo, além de disposição.

Concordamos com Ribeiro (2005) de que a metodologia PBL não se dedica, sequer se propõe, a solucionar todos os problemas no ensino de Engenharia, mas vem contribuir como uma alternativa para os processos de ensino. Almeida (2015) bem considera a relevância do contexto de ensino de cada realidade e a pertinência de se pesquisar alternativas, sendo a PBL uma das “férteis” e possíveis formas,

São caminhos diferentes e que precisam ser bem percorridos por cada um com sua abordagem metodológica, pois acreditamos que é o caminho que faz sentido para o pesquisador e que lhe dá a grata satisfação de contribuir para o avanço do conhecimento. E cada método

dará conta de uma parte do todo e nenhuma metodologia, por si, traz respostas finais a toda complexidade do ser humano (ALMEIDA, 2015, p. 59).

Neste ponto do processo de reflexão, concluímos que as MA, como foram desenvolvidas e experimentadas nesta pesquisa, foram aprovadas pelos alunos como metodologias capazes de favorecer a aprendizagem de Luminotécnica. Sobre as dificuldades de adaptação dos alunos, as falas confirmam a cultura e tradicional das relações de ensino e aprendizagem a que os alunos estão arraigados. Destacamos que os alunos demonstram disposição em experimentar alternativas à configuração existente.

AO FINAL, ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Com base no processo de pesquisa realizado em nosso contexto, e nos pressupostos apresentados, este trabalho respalda a busca por contribuições ao ensino de Engenharia, que proporcionem ao aprendiz ser responsável pela construção de seu conhecimento, a partir da criação, pelo professor, de condições necessárias para que a aprendizagem se efetive. As MA se apresentam como possíveis alternativas às mudanças que reforçamos como necessárias.

Em relação à questão de pesquisa, motivadora deste estudo – quais as possíveis contribuições do uso das MA para a aprendizagem significativa de Luminotécnica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Jataí? – elencaremos a seguir algumas considerações a partir da proposta e da experiência desenvolvidas.

Esperamos colaborar para o ensino e a aprendizagem de Luminotécnica, e, indiretamente, ao ensino de Engenharia, por meio da descrição do desenvolvimento, da aplicação e da análise realizadas nesta pesquisa. Acreditamos que este estudo, trouxe elementos que reforçam a necessidade de revisão da forma de se olhar e de se fazer o ensino, pela criação de alternativas à estrutura predominantemente transmissiva destes cursos, fruto de um processo histórico que destaca a racionalidade técnica. Neste sentido, como objetivamos inicialmente, acrescentamos elementos ao debate por metodologias de ensino alternativas ao ensino dito tradicional, como possibilidades pedagógicas em busca de melhorias no ensino de Engenharia.

A construção de conceitos de forma gradual e progressiva, considerando os conhecimentos prévios dos alunos – como propõe a TAS – favorece uma estrutura de saberes que seja relevante ao aprendiz. Em relação a uma retomada dos resultados observados ao longo do processo da SD, com as MA de EsM e IpC, inferimos que as respostas dos estudantes fornecem indícios de que os conceitos de TCC trabalhados nas atividades dos encontros E1, E2, E3 e E4, foram apropriados de modo significativo pelos participantes. A análise e avaliação dos dados indica que as TL, cumpriram com seu papel de OP, introduzindo conceitos subsunçores na estrutura cognitiva dos alunos. Na PBL, pela reflexão sobre os problemas e na aplicação do conhecimento na resolução destes, a partir de uma compreensão de solução luminotécnica envolvendo fatores técnicos e de interação com o usuário, os alunos ampliaram sua formação, superando a racionalidade técnica e se aproximando da comunidade. Em face destas inferências,

consideramos que o material elaborado para a SD pode ser classificado como potencialmente significativo para o ensino de Luminotécnica.

E em relação às respostas dos alunos analisadas nas fichas de avaliação das MA, estas concordam com as proposições da produção teórica, relacionando estas metodologias ao estímulo do desenvolvimento de competências. Com base nessa análise, e nas características próprias à nossa realidade, consideramos que as MA contribuíram para estimular o desenvolvimento de habilidades e competências importantes na formação dos futuros engenheiros, como a resolução de problemas de modo coletivo, a argumentação e a pesquisa para a resolução de problemas.

Nos permitimos o entusiasmo enquanto “professores-pesquisadores” e afirmamos que os alunos construíram os conceitos luminotécnicos e uma compreensão de projeto que envolve a técnica, a pesquisa e a sensibilidade para considerar o ambiente, o comportamento, a saúde e o bem-estar das pessoas. Desta forma, quanto ao objetivo de oportunizar a compreensão física conceitual das grandezas do estudo de Luminotécnica, e a importância de elaborar uma proposta de iluminação adequada, do ponto de vista técnico e de interação psicofisiológica com os usuários do ambiente, reiteramos que este objetivo foi amplamente alcançado pela SD proposta.

Esta pesquisa se mostrou pioneira ao propor o uso articulado das MA de EsM, IpC e PBL, como proposta de verificar os resultados dessa combinação, se valendo das potencialidades de cada uma das metodologias. Ao utilizar a EsM e a IpC para a apropriação de conceitos, e ao intencionar a aplicação destes numa situação de elaboração de soluções, por meio da PBL, num processo de construção progressiva de conceitos, podemos afirmar que a SD desenvolvida favoreceu a AS de Luminotécnica, como um dos objetivos deste estudo.

Observamos ainda, que o uso das MA da forma proposta, evidenciou a potencialidade das MA como metodologias de ensino e aprendizagem, para além dos protocolos padronizados de utilização. As reflexões sobre esta experiência, advogam em favor do desenvolvimento de novas formas de oportunizar a aprendizagem dos alunos pelas MA, e fragilizam as críticas às MA como protocolos prontos e acabados.

Acreditamos que as abordagens metodológicas propostas pelas MA sejam um caminho alternativo, com potencialidades a serem exploradas, e com dificuldades a serem minimizadas, superadas. Pela diversidade e riqueza representadas pelas relações humanas de ensino e aprendizagem, seria no mínimo ingenuidade crer que algumas metodologias, pudessem, por si só, cumprir o papel de ensinar a todo aprendiz. Reiteramos que, as MA

experimentadas, apresentam potencialidades para o ensino e a aprendizagem de Luminotécnica, e que podem vir a contribuir com a formação do engenheiro, favorecendo processos de aprendizagem, de protagonismo e de engajamento dos alunos.

Em relação às dificuldades, vale registrar que o maior obstáculo foi o volume de material a ser preparado para cada um dos encontros. Mesmo com intervalos semanais entre eles, estas tarefas demandaram um tempo significativo na jornada de trabalho da professora-pesquisadora. Desta forma, como a preparação dependia do *feedback* dos alunos em relação às atividades das TL, por exemplo, a preparação de cada aula foi única e laboriosa. Este tempo pode ser um fator limitador do uso das MA, quando o professor precisar preparar material para mais de uma turma, com conteúdos diferentes.

Como proposição a novas pesquisas sugerimos a elaboração e aplicação de uma SD com o uso das MA, na disciplina de Instalações Elétricas, ao longo de um semestre letivo, alternando entre o uso de MA e aulas prioritariamente, expositivas, de modo a observar se as mudanças originadas pelas MA influenciam numa possível mudança de hábitos de estudos nos alunos, em relação à preparação antecipada às aulas.

No processo desta pesquisa, observo com ânimo de pesquisadora, as diferentes possibilidades formativas. Como engenheira eletricista, me formei num processo de educação que privilegiou a transmissão de conhecimentos, e por vezes, como profissional da Engenharia e da Educação, observo a influência nas minhas ações, de um processo formativo embasado na racionalidade técnica. E durante o desenvolvimento da pesquisa, me reconheço no processo de mudança, por novas formas, novos conhecimentos, novos conceitos. Afirmo, que o valor desta pesquisa não reside, apenas, em seus resultados, mas em um *continuum* com seu processo de elaboração, pois por meio dele, refletimos sobre o aprender e o ensinar.

Ao final, observo que, ressignifiquei a forma de pensar o ensinar e o indelével suporte do referencial teórico das teorias de aprendizagem, para o planejamento do ensino. Em minha ação docente, passei a considerar como o aluno aprende e o papel do professor como criador intencional, de condições favoráveis à uma aprendizagem significativa numa postura ativa. Reconheço que a pesquisa contribuiu de forma singular com minha formação docente. Não por ter proporcionado o “saber” ensinar, mas por eu ter experimentado a importância de compreender de forma diferente, os meus alunos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Três americanos ganham Nobel de Medicina por estudos sobre ritmo circadiano**. Disponível em: < <https://goo.gl/Q5KPIV>>. Acesso em: 15 out. 2017.

ALMEIDA, E. C. S. **Aprendizagem na Educação Superior: a auto-trans-formação do estudante na aprendizagem baseada em problemas (problem based learning - PBL)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

ALMEIDA, E. C. S.; MUSSI, A. A. O aprender pela práxis: a Aprendizagem Baseada em Problemas. In: ENCONTRO INTER-REGIONAL NORTE, NORDESTE E CENTRO-OESTE SOBRE FORMAÇÃO DOCENTE PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA E SUPERIOR, 1, 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: UnB, 2015.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas Ciências Naturais e Sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2 ed. ed. São Paulo: Thomson, 1999.

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processo de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. Joinville: Universille, 2004.

ARAGÃO, R. M. R. de. **Teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel: sistematização dos aspectos teóricos fundamentais**. 1976. Tese (Doutorado em Ciências da Educação). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1976.

ARAUJO, A. V. R.; SILVA, E. S.; JESUS, V. L. B.; OLIVEIRA, A. L. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, p. 543–547, 2017.

ARAUJO, I. S. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em cinemática**. 2002. Dissertação (Mestrado em Física). Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362–384, 2013.

ARAUJO, U. F.; ARANTES, V. A. Comunidade, conhecimento e resolução de problemas: o projeto acadêmico da USP Leste. In: ARAUJO, U. F.; SASTRE, G. (Ed.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. 3. ed. São Paulo: Summus Editorial, 2016. p. 236.

ARAUJO, U. F.; SASTRE, G. **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. 3. ed. São Paulo: Summus Editorial, 2016.

ARAUJO, W. J.; LOPES, R. P.; FILHO, O. D.; BARROS, P. M. M.; OLIVEIRA, R. A. Aprendizagem por problemas no ensino de Engenharia. **Revista Docência no Ensino Superior**, v. 6, n. 1, p. 57–90, 2016.

- ARTIGUE, M. Engenharia Didáctica. In: BRUN, J. (Ed.). _____. **Didáctica das matemáticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 193–217.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: iluminação de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- _____. **NBR 8995**: iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AZEVEDO, E. R.; NUNES, L. A. de O. Iluminação artificial: do fogo às lâmpadas de LED. **Ciência Hoje**, p. 38–42, 3 jul. 2015.
- AZEVEDO, M. C. S. P. **Situações de ensino-aprendizagem**: análise de uma sequência didática de Física a partir da Teoria das Situações de Brousseau. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- BARBOSA, A. C. L. S. **Abordagens educacionais baseadas em dinâmicas colaborativas on line**. 2008. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- BARBOSA, C. V. T. **Percepção da iluminação no espaço da arquitetura**: preferências humanas em ambientes de trabalho. 2010. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica. In: _____. **Ciência, tecnologia e sociedade e suas implicações**. Florianópolis: EdUFSC, 1998. p. 111–178.
- BENDER, N. W. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 32, n. 1, p. 25–40, 2011.
- BERNARDES, J. **Aplicação do método Peer Instruction na abordagem das leis de Newton no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. UFRGS, Porto Alegre, 2016.
- BOHM, D. **Sobre a criatividade**. São Paulo: UNESP, 2011.
- BOHM, D.; PEAT, F. D. **Revoluções, teorias e criatividade na ciência**. São Paulo: Perspectiva, 1989.
- BOMMEL, W. Van. O espectro das fontes de luz e os níveis baixos de iluminação : o básico. **O Setor Elétrico**, v. 50, p. 1–6, maio 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/S5Erjt>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

BORGES, M. C.; CHACHÁ, S. G. F.; QUINTANA, S. M.; FREITAS, L. C. C.; RODRIGUES, M. L. V. Aprendizado Baseado em Problemas: Problem-based learning. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 47, n. 3, p. 301–7, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução nº 1362, de 11 de março de 202. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 32. 2002. Disponível em: <<https://goo.gl/V5X4x6>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

BRONDANI, S. A. **A percepção da luz artificial no interior de ambientes edificados**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. e. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. **Arquivo Brasileiro de Oftalmologia**, v. 69, n. 3, p. 766–775, 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/HUw75D>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

CAJOCHEN, C.; FREY, S.; ANDERS, D.; SPATII, J.; BUES, M.; PROSS, A.; MAGER, R.; WIRZ-JUSTICE, A.; STEFANI, O. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED): backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 5, p. 1432–1438, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/aKSfHp>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

CANOVA, A.; RISSETI, R.; LENS, J. A.; MIQUELIN, C. A. Utilização de planilhas eletrônicas para a solução de problemas na disciplina de mecânica vetorial para engenheiros na UTFPR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 35, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UnicenP, 2007.

CARLINI, A. L. **Aprendizagem Baseada em Problemas aplicada ao ensino de Direito**: projeto exploratório na área de relações de consumo. 2006. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós Graduação em Educação. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

CAVALLO, C. CIE Brasil. **Revista Lume Arquitetura**, v. 3, p. 6–10, 2006.

COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica**: cálculo e avaliação. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2013.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, v. 69, n. 9, p. 970–977, 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/eJB7Pk>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

CROUCH, C. H.; WATKINS, J.; FAGEN, A. P.; MAZUR, E. **Peer Instruction**: engaging students one-on-one, all at once Research-Based Reform of University Physics. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://goo.gl/JK6V7C>>. Acesso em: 7 abr. 2016.

DARÉ, A. C. **Lighting design**: o significado da luz no desing de interiores e na qualidade de vida dos idosos. 2014. Tese (Doutorado em Design). Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

DELISLE, R. **Como realizar a aprendizagem baseada em problemas**. Lisboa: Edições ASA, 2000.

DEUS JÚNIOR, G. A. de; ALVES, R. H. F.; CASTRO, M. S. De; LEMOS, R. P. A produção de recursos multimeios na formação de Engenheiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 46, 2016, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2016.

DISTLER, R. R. Contribuições de David Ausubel para a intervenção psicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, v. 32, n. 98, p. 191–199, 2015.

DUMONT, L. M. M.; CARVALHO, R. S.; NEVES, A. J. M. O Peer Instruction como proposta de metodologia ativa no ensino de Química. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, v. 2, n. 2446–9416, p. 107–131, 2016.

EDUCATION, B. I. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: guia para professores de ensino fundamental e médio. São Paulo: Penso, 2008.

ENEMARK, S.; KJARERDAM, F. A ABP na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário. In: ARAUJO, U. F.; SASTRE, G. (Ed.). **Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior**. 3. ed. São Paulo: Summus Editorial, 2016. p. 236.

FARIA, A. F.; VAZ, A. M. Engajamento Cognitivo na Física em função de condutas dos alunos durante investigação em grupo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

FONSECA, I. C. L. **Qualidade da luz e sua influência sobre a saúde, estado de ânimo e comportamento do homem**. 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

FONSECA, I.; PORTO, M. M.; FANCHIOTTI, A.; GONÇALVES, A. Natural Light and Environmental Stress. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHTECTURE, 23, 2006, September, Geneva. **Anais...** Geneva: Universidade de Geneva, 2006.

FRAGELLI, R. R. **Uma abordagem de redes quantizadas e objetos multiformes para modelagem de domínio em sistemas de tutoria inteligentes**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Mecânica, Brasília, 2010.

FRAGELLI, R. R.; RISPOLI, V. D. C.; EVANGELISTA, T. S.; STURZBECHER, A. J.; FREITAS, B. N.; LIMA, D. N.; SAMPAIO, E. J. R. S.; TAVARES, I. T. B.; MOTA, K. M. PlayCálculo: uma experiência de aprendizagem ativa em Fundamentos de Matemática para Cálculo Diferencial e Integral. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON PROJECT RESEACHES IN ENGINEERING EDUCATION, 1, 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: UnB, 2012.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/6xzjHs>>. Acesso em: 10 out. 2016.

GAMBOA, S. S. **Projetos de pesquisa, fundamentos lógicos**: a dialética entre perguntas e respostas. Chapecó: Argos, 2013.

GENTIAL, R. M.; FURLANETTO, E. C. Aprendizagem Baseada em Problemas: Educação e Saúde numa tessitura interdisciplinar. In: CONGRESSO INTERNACIONAL GALEGO-PORTUGUÊS DE PSICOPEDAGOGIA, 10, 2009, Braga. **Anais...** Braga: Universidade do Minho, 2009.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F.; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM CIÊNCIAS, 8, 2012, Campinas. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2012.

GUERRINI, D. P. **Iluminação**: teoria e projeto. 2. ed. São Paulo: Érica, 2010.

HIGUCHI, S.; NAGAFUCHI, Y.; LEE, S. II; HARADA, T. Influence of light at night on melatonin suppression in children. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 99, n. 9, p. 3298–3303, 2014.

INLED. **Luminária LED de alto brilho versus lâmpadas de Vapor de Sódio**. Disponível em: <<http://www.inled.ind.br/>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

INNES, M. **Iluminação no design de interiores**. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gil, 2016.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS. 2016. Disponível em: <<http://ifg.edu.br/>>. Acesso em: 28 jan. 2017.

JARROSSON, B. **Humanismo e técnica**: o humanismo entre economia, filosofia e ciência. Trad. de Isabel de Almeida Brito. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

LASRY, N. Clickers or flashcards: is there really a difference? **The Physics Teacher**, v. 46, n. 4, p. 242–244, 2008.

LEMES, T. de C.; JUNIO, M. F. R. A Física Moderna e Contemporânea nos cursos de Engenharia: análise de currículos da UFSC e UNIFEI. **Revista do Ensino de Engenharia**, v. 30, n. 2, p. 24–34, 2011.

MACHADO, S. D. A. Educação Matemática No Ensino Superior. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8, 2004, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2004.

MANRIQUE, A. L.; DIRANI, E. A. T.; CAMPOS, L. C. PBL em um curso de Engenharia Biomédica: a experiência da PUC-SP. In: INTERNACIONAL CONFERENCE PROBLEM BASED LEARNING AND ACTIVE LEARNING METHODOLOGIES, 1, 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2010.

MARTAU, B.; LUZ, N. Projeto de iluminação: ferramentas de representação da luz. **Revista Lume Arquitetura**, p. 38–44, 2012.

MAZUR, E. **Peer Instruction**: a revolução da aprendizagem ativa. Porto Alegre: Penso, 2015.

MAZUR, E.; WATKINS, J. Justing-in-Time techand Peer Instruction. In: **Simkins, S. Maier, M.** [s.l.] Stylus, 2010. p. 36–62.

MCKAGAN, S. B.; PERKINS, K. K.; WIEMAN, C. E. Reforming a large lecture modern physics course for engineering majors using a PER-based design. **AIP Conference Proceedings**, v. 883, p. 34–37, 2007.

MONTEIRO, S. B. S.; SOUZA, J. C. F. de; ZINDEL, M. L.; SANTOS, F. H. S.; VILHENA, M. A.; KLING, M. A. B.; OLIVEIRA, E. C. Metodologias e práticas de ensino aplicadas ao cursos de Engenharia de Produção: análise da percepção dos alunos de projetos de sistemas de produção da Universidade de Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40, 2012, Belém. **Anais...** Belém: UFPA, 2012.

MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**, v. II, p. 15–33, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/LXGb4B>>. Acesso em: 10 maio. 2016.

MOREIRA, M. A. A teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organizaçilo de conteúdo de Física. **Revista Brasileira de Física**, v. 9, n. 1, p. 275–292, 1979. Disponível em: <<https://goo.gl/E1BZye>>. Acesso em: 12 maio. 2016.

_____. A teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. In: MOREIRA, M. A. (Ed.). MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 1. ed. São Paulo: EPU, 1999. p. 151–165.

_____. Organizadores Prévios e a Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena Educacion Científica**, v. 7, n. 2, p. 23–30, fev. 2008. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br>>.

MÜLLER, M. G.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; SCHELL, J. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, p. e3403-1–20, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/HWf5Qh>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

NETO, O. M.; SANTOS, C. A. M. dos; PAULA, I. C. de; GRIMONI, J. A. B. **Desafios da educação em engenharia: formação em Engenharia, internacionalização, experiências metodológicas e proposições**. Brasília: ABENGE, 2014.

NOBRE, A. L. **Lighting design**. 2. ed. São Paulo: C4, 2007.

OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. UFRGS, Porto Alegre, 2012.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180, 2015.

OLIVEIRA, W. L. A.; DIAS, A. M.; APOLINÁRIO JUNIOR, A. L.; DUARTE, A. A.;

OLIVEIRA, T. Aplicando PBL no ensino de Arquitetura de Computadores. In: INTERNACIONAL CONFERENCE PROBLEM BASED LEARNING AND ACTIVE LEARNING METHODOLOGIES, 1, 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2010.

PASSOS, F. L.; HERDY, F. H.; PASSOS, F. V. Aprendizado baseado em problemas: o PBL aplicado nos cursos de Engenharia e Arquitetura no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 38, 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC, 2010.

PEDROSA, I. **Da cor à cor inexistente**. 10. ed. Rio de Janeiro: SENAC Nacional, 2013.

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. **Illuminação**. Florianópolis: Editora UFSC, 2000.

PIRES, L. L. de A.; SOUZA, M. J. F. S.; DIOGO, R. C. **Ensino de Ciências e Matemática**: do mundo das ideias à sala de aula. Goiânia: Editora IFG, 2017.

REZENDE, L. A.; SILVA, H. F.; PRADO, S. F. do; NETO, M. B. Análise da percepção de graduandos em Engenharia quanto à implantação de Metodologias de Aprendizagem Ativa. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11, 2014, Resende. **Anais...** Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2014.

REZENDE JÚNIOR, R. A. de; DEUS JÚNIOR, G. A. de; CASTRO, M. S. de; LEMOS, R. P.; ALVES, R. H. F. Aplicabilidade de metodologias ativas em cursos de graduação em Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41, 2013, Gramado. **Anais...** Gramado: UFGRS, 2013.

RIBEIRO, L. R. C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. 2005. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós Graduação em Educação. Univesidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

_____. **Radiografia de uma aula de Engenharia**. São Carlos: EdUFSCar, 2007a.

_____. Um sistema de avaliação no ensino de Engenharia: a visão dos alunos em uma experiência com o PBL. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 35, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UnicenP, 2007b.

_____. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): uma experiência no ensino superior**. São Carlos: EdUFSCar, 2010.

RIBEIRO, L. R. C.; FILHO, E. E.; MIZUKAMI, M. G. N. Uma experiência com a PBL no ensino de Engenharia sob a ótica dos alunos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 31, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IME, 2003.

ROCHA, H. M.; LEMOS, W. D. M. Metodologias Ativas: do que estamos falando? Base conceitual e relato de pesquisa em andamento. In: SIMPÓSIO PEDAGÓGICO E PESQUISAS EM COMUNICAÇÃO, 9, 2014, Resende. **Anais...** Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2014.

ROCHA, J. S.; DIAS, G. F.; CAMPANHA, N. H.; BALDANI, M. H. O uso da aprendizagem baseada em problemas na Odontologia: uma revisão crítica da literatura.

Revista da ABENO, v. 16, n. 1, p. 25–38, 2016.

RODRIGUES, E. A.; ARAÚJO, A. M. P. O ensino da contabilidade: aplicação do método PBL nas disciplinas de contabilidade em uma instituição de ensino superior.

Revista de Educação, v. 10, n. 1, p. 166–176, 2007. Disponível em:

<<https://goo.gl/HJWnVZ>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

SALVETTI, A. R. **A história da luz**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

SANTOS, M. B. dos. **Uma sequência didática com os métodos Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) e Ensino sob Medida (Just-in-time Teaching) para o estudo de ondulatória no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. UFRGS, Porto Alegre, 2016.

SCHMIDT, H. G. Problem based learning: rationale and description. **Medical Education**, v. 17, n. 1, p. 11–16, 1983.

SCHNAID, F.; ZARO, M. A.; TIMM, M. I. **Ensino de Engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o século XXI**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2006.

SOARES, M. A. **Aplicação no método de ensino Problem Based Learning (PBL) no curso de Ciências Contábeis: um estudo empírico**. 2008. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Por que Prêmio Nobel para o LED azul?** Disponível em: <<http://goo.gl/6Xlm4T>>. Acesso em: 3 maio. 2017.

SOUSA, S. O. Aprendizagem baseada em problemas como estratégia para promover a inserção transformadora na sociedade. **Acta Scient Educ**, v. 32, n. 2, p. 237–245, 2010. Disponível em:

<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciEduc/article/view/11170>>. Acesso em: 1 jun. 2016.

_____. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL – Problem based Learning): estratégia para o ensino e aprendizagem de algoritmos e conteúdos computacionais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. UNESP, Câmpus Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2011.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, v. 5, p. 182, 2015. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2880>>. Acesso em: 5 maio. 2016.

STROBEL, J.; VAN BARNEVELD, A. When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, v. 3, n. 1, p. 44–58, 2009.

TEIXEIRA, I. F. F. **A cor como caracterizadora do espaço: a importância da cor nos jardins-de-infância**. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Lusíada de Lisboa, Lisboa, 2013.

TORRES, P. L.; IRALA, E. A. F. In: Coleção Agrinho. In: TORRES, P. L.; IRALA, E. A. F. (Ed.). **Aprendizagem colaborativa: teoria e prática**. Curitiba: Agrinho, 2014. p. 61–93.

TRACTENBERG, L. E. F. **Colaboração docente e ensino colaborativo na educação superior em Ciências, Matemática e Saúde: contexto, fundamentos e revisão sistemática**. 2011. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Saúde). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Saúde do Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

TREGENZA, P.; LOE, D. **Projeto de iluminação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas, 2015.

TRONCARELLI, M. Z.; FARIA, A. A. A aprendizagem colaborativa para a interdependência positiva no processo ensino-aprendizagem em cursos universitários. **Revista Educação**, v. 39, p. 427–444, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/198464447770>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

UNESCO. **2015 Ano internacional da luz**. Disponível em: <<https://goo.gl/C22vUy>>. Acesso em: 7 maio. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Faculdade de Medicina**. 2016. Disponível em: <<https://www.ufg.br/>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

VALDEZ, M. M. T.; FERREIRA, C. M.; BARBOSA, F. . P. M. Aplicação do método de Aprendizagem Baseada em Problemas no módulo de Luminotecnica no âmbito de uma unidade curricular de mestrado. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 17, 2011, Manaus. **Anais...** Manaus: ABED, 2011.

VALENTIM, M. Peer Instruction nas aulas de Física Eletromagnetismo: uma experiência nas engenharias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 38, 2015, São Bernardo do Campo. **Anais...** São Bernardo do Campo: UFABC, 2015.

VARGAS, C. R. de A. Os impactos da iluminação: visão, cognição e comportamento. **Revista Lumière**, v. 161, p. 88–91, 2012.

VEIT, E. A. Aprendizagem ativa e ensino interativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 38, 2015, São Bernardo do Campo. **Anais...** São Bernardo do Campo: UFABC, 2015.

VIEIRA, A. S. **Uma alternativa didática às aulas tradicionais: o engajamento interativo obtido por meio do uso do método Peer Instruction (Instrução pelos Colegas)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa de Pós Graduação em Ensino de Física. Univesidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

WOOD, B.; REA, M. S.; PLITNICK, B.; FIGUEIRO, M. G. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. **Applied Ergonomics**, v. 44, n. 2, p. 237–240, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2012.07.008>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física VOL IV**: ótica e física moderna. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZHANG, P.; DING, L.; MAZUR, E. Peer Instruction in introductory physics: a method to bring about positive changes in students attitudes and beliefs. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 1, p. 10104-1-9, 2017. Disponível em: <<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010104>>. Acesso em: 1 fev. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questões para Sondagem dos Conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos Princípios Ondulatórios da Luz

SONDAGEM DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS A RESPEITO DOS PRINCÍPIOS ONDULATÓRIOS DA LUZ

1. O que é uma onda? Explique.
2. Defina comprimento de onda e frequência de uma onda.
3. Existe uma relação entre comprimento de onda e frequência? Se existe, qual?
4. Desenhe duas ondas senoidais de mesma amplitude e mesmo comprimento de onda, e que possuam frequências diferentes.
5. Desenhe duas ondas senoidais de mesma frequência e mesmo comprimento de onda, e que possuam amplitudes distintas.
6. O que são ondas eletromagnéticas? Cite pelo menos uma característica e um tipo de uma onda eletromagnética.
7. O que é luz?
8. O que diferencia a luz visível da radiação ultravioleta?
9. Qual a diferença entre a luz azul e a luz verde?
10. Qual a diferença entre a luz verde e a luz vermelha?

APÊNDICE B – Texto apresentado no E1 com o intuito de situar a importância da compreensão conceitual em um projeto de iluminação



UMA INTRODUÇÃO PELAS METODOLOGIAS ATIVAS AOS PROJETOS LUMINOTÉCNICOS À LUZ DA FÍSICA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE LUMINOTÉCNICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA: UMA PROPOSTA COM AS METODOLOGIAS ATIVAS DE EsM, IpC E PBL

A OBSERVAÇÃO DA LUZ - TEXTO DO LIVRO PROJETOS DE ILUMINAÇÃO (TREGENZA E LOE, 2015)

Os compositores sabem muito bem quais são os sons produzidos pela voz e pelos instrumentos. Eles conhecem suas características físicas – seu alcance, o quão fácil ou difícil é cantar ou tocar uma nota em particular. Além disso, eles têm uma boa noção do efeito que a música pode exercer nas pessoas. Poderíamos dizer o mesmo sobre atores, pintores, poetas ou qualquer outro artista. Parte do processo para se aprender a ser criativo consiste em adquirir um vocabulário de sons, palavras, imagens, qualquer que seja o meio. Ele será a linguagem por meio da qual o artista poderá se comunicar. Para o luminotécnico, a língua é feita de luminosidade e de cores em um espaço tridimensional; o nosso meio é a edificação construída. Entretanto, para compartilhar, ensinar e adquirir novas informações, utilizamos uma segunda língua: a palavra falada e escrita. Essa é a linguagem que usamos para chegar aos parâmetros que determinam o nosso trabalho. E, assim como os outros artistas, atribuímos significados especiais a algumas palavras; exemplos disso são: “luminosidade”, “claridade”, “cor” e “espaço”. Elas são equivalentes a “melodia”, “harmonia” e “ritmo” para os músicos.

Contudo, tais palavras não possuem significado para alguém que não está familiarizado com o que elas descrevem: o projetista deve ter um profundo conhecimento das lâmpadas, das janelas e dos materiais reais. Depois disso, precisamos de palavras que descrevam o que podemos observar e, em seguida, das que descrevem conceitos abstratos.

O primeiro capítulo é, portanto, um guia para se observar o mundo visível. O objetivo não é compilar uma biblioteca mental de imagens, embora isso pudesse ser útil. A nossa meta é encontrar a resposta para a pergunta: “Quais são as regras que determinam o comportamento da luz?”

*Quais são as regras que determinam o
comportamento da luz?*

*E como elas influenciam os projetos de
luminotécnicos?*

APÊNDICE C – Ficha para levantamento de dados para as comunicações remotas

LEVANTAMENTO DE DADOS PARA AS COMUNICAÇÕES REMOTAS

NOME _____

EMAIL _____

Já é cadastrado em uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox® Google Drive® Google Docs® Outra. _____

Você já é usuário de uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox® Google Drive® Google Docs® Outra. _____

Você utiliza smartphone? Sim. Não.

Você possui acesso à internet via smartphone fora do ambiente escolar?

Sim. Não.

NOME _____

EMAIL _____

Já é cadastrado em uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox® Google Drive® Google Docs® Outra. _____

Você já é usuário de uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox® Google Drive® Google Docs® Outra. _____

Você utiliza smartphone? Sim. Não.

Você possui acesso à internet via smartphone fora do ambiente escolar?

Sim. Não

NOME _____

EMAIL _____

Já é cadastrado em uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox® Google Drive® Google Docs® Outra. _____

Você já é usuário de uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox® Google Drive® Google Docs® Outra. _____

Você utiliza smartphone? Sim. Não.

Você possui acesso à internet via smartphone fora do ambiente escolar?

Sim. Não

[IMPRIMIR CÓPIAS DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE ALUNOS DA TURMA]

APÊNDICE D – Tarefas de Leitura

TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O E2

TL1. TEXTO 1

Princípios das Ondas Eletromagnéticas – Conceitos básicos de ondas e espectro eletromagnético.

Realizar o estudo do texto 1 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para o professor com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

Para a leitura do Texto 1, acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code. Para esta tarefa, é necessário ler o texto apenas até a seção **O espectro eletromagnético**.

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>



1. Qual o significado de frequência em uma onda eletromagnética
2. Qual o significado de comprimento de onda, em uma onda eletromagnética
3. O que diferencia as ondas de som, de luz e do mar?
4. Observando a figura ilustrativa do espectro eletromagnético apresentada no texto, identifique a percepção de cor (a mais próxima possível que você conseguir identificar), associada a cada um dos comprimentos de onda a seguir.
 - a. 450nm. Cor _____
 - b. 700nm. Cor _____
 - c. 580nm. Cor _____
 - d. 520nm. Cor _____
5. Acesse o endereço eletrônico do repositório do PhET no link a seguir, ou pelo seu QR Code, pela imagem abaixo e à esquerda.

http://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_pt.html



Caso se interesse, assista breve vídeo (2:31) com o Tutorial de explicação para simulador – Ondas no link <https://www.youtube.com/watch?v=81847AqE38c> ou pelo QRCode na imagem acima, e à direita.

Explore o **Simulador Interativo de Onda numa Corda** utilizando o mouse do computador e as opções do software. Divirta-se, questione e observe as possibilidades de movimento de onda numa corda, e responda às questões seguintes.

a) Nos controles do simulador, com o uso do cursor ou do mouse, altere os valores para **Amplitude (50)**, **Frequência (20)** e **Perda de Energia (amortecimento) (0)**. Use o cursor de **Tensão** na posição **Alta**. Vamos simular duas situações. A primeira com modo **Pulso** e após um tempo no modo **Oscilador**. Aplique um pulso à onda (botão verde) e observe o movimento.

1. O que acontece com o primeiro ponto verde quando se propaga um pulso? E quando se propaga uma onda (Oscilador)? O que diferencia esses dois modos de estímulo?

2. Com base na sua observação explique a afirmação que diz que uma onda não transporta matéria, apenas energia.

b) Nos controles do simulador, com o uso do cursor ou do mouse, altere os valores para **Amplitude (50)**, **Frequência (40)** e **Perda de Energia (amortecimento) (0)**. Use o cursor de **Tensão** na posição **Alta**. Habilite a **Régua**, o **Cronômetro**, o modo **Oscilador**, e a extremidade. **Sem fim**.

Inicia a aplicação e observe o movimento. Utilizando os botões **Pausa/Play**, manipule o simulador de modo a obter suas leituras. Desse modo, calcule para a onda observada:

A amplitude.

O comprimento de onda.

A frequência.

A velocidade de propagação.

6. Qual o comprimento de onda de uma onda de transmissão de rádio FM cuja frequência é de 93,1MHz?

7. A visão humana enxerga todas as ondas eletromagnéticas que são emitidas pelo Sol? Explique sua resposta.

8. Como a luz é gerada?

9. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.

10. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não. 12. Se sim, quais assuntos?

Curiosidade. O que é o PhET?



SIMULAÇÕES INTERATIVAS
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Mais de 360 milhões de simulações distribuídas.



Entre aqui e simule

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As sims PhET baseam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta.

Informações fornecidas em https://phet.colorado.edu/pt_BR/

TL1. TEXTO 2. Luz, Cores e Visão

- Realizar o estudo do texto 2 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para o professor com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.
- Luz e Cores.

Para a leitura do Texto 2, acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code. <http://www.fisica-interessante.com/fisica-ondas-cores.html>



1. O texto afirma que, segundo a Teoria das Cores, 'cor não é o mesmo que frequência vibratória da luz'. Por que?
2. Quais os fatores que influenciam na cor de um objeto?
3. O texto afirma que "Luzes coloridas são sutilmente utilizadas no comércio para distorcer nossa percepção de forma a 'melhorar' a aparência de alimentos e roupas. Explique o que você entende dessa explicação.
4. Ao final do texto é proposto um desafio: **"De que cor se vê um objeto amarelo se o colocarmos num quarto completamente escuro só com luz monocromática azul"**? Por que?
5. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
6. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não. 8. Se sim, quais assuntos?

O envio das respostas deverá ser feito com até 2 dias de antecedência do próximo encontro, para que sejam analisadas e a aula ser preparada sob medida para as dificuldades encontradas! Para o envio das respostas, compartilhe uma pasta via Dropbox com a professora, e coloque lá, suas respostas. Podem ser digitadas ou manuscritas e escaneadas, como preferir. Atente-se também para a



Divirta-se e conheça mais sobre o conteúdo no episódio **Escondidos na Luz!**

Surpreenda-se com um capítulo de **Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo** numa narrativa interessante, científica e de visual incrível!



Vale a pipoca! ;o)

Duração 42:08



designed by freepik.com

Diversão e Ciência! #ficaadica

TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O E3

TL2 TEXTO 1. ADAPTADO DE AZEVEDO (2008). Realizar o estudo do texto 1 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

AZEVEDO, MARIA CRISTINA PATERNOSTRO STELLA DE. SITUAÇÕES DE ENSINO-APRENDIZAGEM: ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE FÍSICA A PARTIR DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DE BROUSSEAU. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. FALCULDADE DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP).

Já vimos que **a luz é na verdade uma onda eletromagnética**, e sabemos também que esse tipo de onda possui várias frequências (ν) e comprimentos de onda (λ) a ela associados. Dizemos, então, que o **espectro de luz visível** corresponde a um pequeno trecho do espectro eletromagnético, aquele com frequência (ν) compreendida entre aproximadamente entre **$3,8 \times 10^{14}$ Hz e $8,3 \times 10^{14}$ Hz**. Isso significa que há espectros com frequência (ν) fora deste intervalo, que nós não somos capazes de enxergar, **como os Raios X e o Ultravioleta**, ou o **Infravermelho** (dos quais você já deve ter ouvido falar em algum filme. Assim, **a luz branca é na verdade uma junção dos diferentes espectros monocromáticos (uma única cor) que a compõem**. Uma vez dispersos, esses espectros se distribuem sempre da seguinte forma, com os comprimentos de onda (λ) variando de **700nm (vermelho) a 400nm (violeta)**:

Cores	Comprimento de onda (λ) [nm]	Frequência (ν) [10^{14} Hz]
Vermelho	750 a 625	4,0 a 4,8
Alaranjado	625 a 600	4,8 a 5,0
Amarelo	600 a 566	5,0 a 5,3
Verde	566 a 526	5,3 a 5,7
Azul	526 a 500	5,7 a 6,0
Anil	500 a 448	6,0 a 6,7
Violeta	448 a 400	6,7 a 7,5

Para medir seus comprimentos de onda (λ), utilizamos o nanômetro (nm), ou seja, 1×10^{-9} m. Desta forma, só é possível decompor a luz branca nos espectros em que é formada com o uso do **espectroscópio**

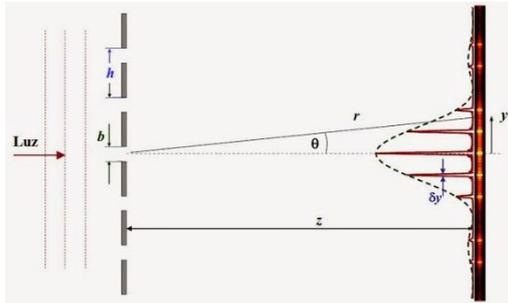
– um aparelho capaz de separar os diferentes espectros de ondas eletromagnéticas emitidos por uma fonte.

Um espectroscópio é um instrumento capaz de dispersar a luz branca emitida por uma fonte, decompondo-a nas várias cores possíveis, o que nos permite determinar os diferentes comprimentos de onda (λ) que a compõem. Esse tipo de operação é possível porque o espectroscópio é construído a partir de **um prisma ou de uma rede de difração**.

A difração é quem permite estudarmos os fenômenos associados ao desvio que a luz sofre em sua propagação ao ultrapassar um obstáculo, como uma fenda, que esteja à sua frente. Porém, como **os efeitos da difração apenas são notados quando os obstáculos (fendas) possuem dimensões comparáveis ao comprimento de onda que desejamos estudar**, para que seja possível verificarmos os efeitos da difração da luz visível nós vamos precisar de fendas bem estreitas, uma vez que o comprimento de onda (λ) da luz é da ordem de 500nm. É possível resolver este problema com o uso de uma rede de difração: um pedaço de vidro com muitas fendas paralelas e próximas entre si. Desta forma, a luz atravessa o espaço ocupado pelas fendas e à frente delas formam-se umas listras (que chamaremos de franjas) claras e escuras. Estas franjas, na verdade, resultam das interferências construtivas e destrutivas, representando as diferenças de caminho percorrido pelas ondas que atravessaram cada uma das fendas que provocaram essas interferências.



Rede de Difração. Fonte: Cortesia da Imagem. Cidepe.



Rede de Difração. Fonte: sites.ifi.unicamp.br

O fenômeno de **interferência construtiva** faz, **é associar cada frequência (ν)** (ou comprimento de onda, λ) da luz que passa por uma fenda, com a mesma frequência (ν) ou comprimento de onda (λ) da luz que passa pelas outras fendas, de forma que o espectro da cor azul que passa por uma fenda interfere construtivamente com o próprio azul que passa por outra fenda, o vermelho com o vermelho e assim por diante, destacando cada cor do espectro de forma separada.

Assim, temos a decomposição da luz branca em várias luzes coloridas, o que nos permite comparar os espectros de luz visível emitidos por tipos de fontes variadas, **como os muitos tipos de lâmpadas**. Por exemplo: se você já foi a uma pista de dança, certamente conhece os efeitos da luz negra, mas já parou para pensar em como ela funciona? Ou na diferença que existe entre a luz emitida por diferentes tipos de lâmpada, como uma lâmpada fluorescente ou de iluminação decorativa? E as lâmpadas de iluminação pública ou as de tecnologia conhecida pela sigla em inglês LED (Light Emitting Diode)?

Para responder a essas e outras perguntas, realizaremos um experimento com um espectroscópio!

Vamos voltar um pouco no tempo e avaliar a experiência das cores de Sir Isaac Newton, que isolou um raio de luz que

passava por entre as frestas de sua janela, fazendo-o incidir sobre um prisma: qualquer meio transparente pode ser considerado um prisma, desde que seja isotrópico (isto é, que apresente as mesmas propriedades físicas em todas as direções) e limitado por superfícies não-paralelas (por isso as figuras de primas que você vê em livros e revistas possuem sempre, aproximadamente, o mesmo formato). Um prisma também dispersa a luz, decompondo-a em suas respectivas cores de espectro eletromagnético de acordo com a frequência (ν) ou comprimento de onda (λ) de cada cor (mas é claro que naquele tempo, Newton não fazia a menor ideia de que o motivo era qual?). **Porém, aqui o fenômeno responsável pela decomposição da luz não é a difração, mas sim a refração.**

Por estarmos lidando com ondas eletromagnéticas, sabemos que todos os espectros de cor componentes da luz branca se propagam no vácuo com a mesma velocidade (c) e que ao mudarem de meio de propagação, cada componente passa a ter sua própria velocidade de propagação (ν), diferente uma da outra. Desta forma, ficou muito mais fácil entender o funcionamento de um prisma: **antes de atravessá-lo, todas as cores componentes da luz se propagavam na mesma direção e com a mesma velocidade, formando o mesmo ângulo de incidência com a superfície ao penetrarem no interior do prisma. Durante sua travessia pelo interior do prisma, todos os componentes da luz sofrem os efeitos da refração (devido à mudança no meio de propagação), fazendo com que cada um deles siga por uma direção diferente, graças ao ângulo de refração de cada frequência, o que gera a dispersão da luz.**



Fonte: Dreamstime.com

Vale lembrar que as ondas sofrerão ainda uma segunda refração ao sair do prisma

para o ar, o que faz com que as cores se separarem ainda mais.

Este é um fenômeno muito comum na natureza: o arco-íris, por exemplo, surge quando gotas d'água são iluminadas pela luz do sol, desde que essa luz incida por trás do observador (é necessário estar de costas para o sol para poder ver o arco-íris). Neste caso, as gotículas d'água em suspensão na atmosfera é que desempenharão o papel de prisma, decompondo a luz branca do sol nos espectros de cor que formam o arco-íris.

Agora pense um pouco: você é capaz de responder por que o arco-íris apresenta suas cores sempre dispostas na mesma ordem? É porque ao atravessar um prisma, o espectro de cor que sofre o menor desvio de seu caminho é o vermelho, que possui a menor frequência (ν). Enquanto o maior desvio, portanto, é sofrido pelo violeta, possuidor da maior frequência (ν).

Portanto, assim como uma rede de difração, um prisma também pode ser utilizado como elemento dispersor em um espectroscópio. É mais apropriado, porém, utilizarmos a rede de difração, devido à baixa resolução apresentada pelo prisma.

Independentemente de qual seja o elemento dispersor utilizado em um espectroscópio, é necessário projetar um raio de luz para podermos visualizar a decomposição da luz. No caso do nosso experimento, isso será feito por meio de um pequeno corte, estreito, que chamaremos fenda. Quando a luz de uma lâmpada passar por esta fenda estreita, você verá a formação de diferentes imagens da fenda, cada uma correspondendo a uma cor. Na verdade, essas imagens coloridas irão se superpor parcialmente, formando uma única faixa colorida que chamamos de **espectro contínuo**. Em um espectro contínuo, a passagem de uma cor para a outra não se faz bruscamente, mas de forma gradual, dando origem às tonalidades conhecidas como “sete cores do arco-íris”. Isso ocorre quando a luz que incide no espectroscópio é formada por todas as cores do espectro visível, iremos observar a formação de imagens de acordo com o número de cores que compõem essa luz, somente será

observada a quantidade de cores presente na luz. Assim para algumas fontes pode acontecer de você observar cores separadas por regiões escuras formando o chamado **espectro de raias** (ou bandas).



Fonte: <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/205/>

As fontes emissoras de luz que emitem a maior parte de sua radiação em comprimentos de onda (λ) discretos, são chamadas de fontes de linhas espectrais.

As fontes de linhas espectrais podem ser usadas de várias maneiras, incluindo-se sua utilização como padrões de comprimentos de onda (λ) para calibração de equipamentos ópticos. Pela análise de linhas espectrais, você facilmente será capaz de entender não apenas o funcionamento da luz negra e dos fogos de artifício, como dissemos lá atrás, mas também compreender as diferenças entre os diversos tipos de lâmpadas existentes, e o porquê de algumas delas “iluminarem mais” que outras.

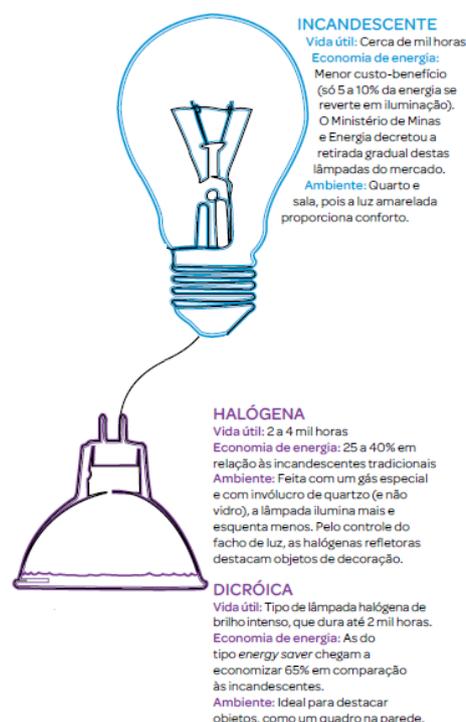
Há diferentes tecnologias de fabricação e tipos de lâmpadas, como incandescentes ou fluorescentes, por exemplo, mas o que há de diferente nelas? Lâmpadas desempenham um papel importante em nosso cotidiano, são responsáveis por grande parte de nossa segurança e conforto.

Antigamente eram chamadas de “luz elétrica” para serem diferenciadas da luz a gás, fornecida pelos lampiões (que ainda podem ser encontrados em locais afastados, onde não haja luz elétrica). Existe uma grande variedade de lâmpadas: são vários os tamanhos, formatos e cores em que podem ser encontradas. De modo simplificado, elas se dividem, basicamente, em dois grandes grupos: **as lâmpadas de descarga elétrica em um gás e as lâmpadas incandescentes**. Ao longo de nosso estudo, o funcionamento e as características serão alvo de maior aprofundamento, no momento, vejamos algumas diferenças básicas.

Lâmpadas incandescentes são aquelas que possuem um filamento metálico em seu interior. Com a passagem de uma corrente elétrica, esse filamento se torna incandescente, emitindo luz. No interior desse tipo de lâmpada há algum gás inerte, ou mesmo vácuo, para evitar a oxidação do filamento; quando o filamento se rompe, deixa de haver a passagem da corrente e dizemos que a lâmpada “queimou”.

Essas lâmpadas utilizam filamentos de Tungstênio, que chegam a atingir 2500 °C com a passagem da corrente elétrica. No entanto, são lâmpadas que desperdiçam uma grande parcela da energia elétrica que recebem com a produção de radiação no espectro infravermelho, o que não auxilia na iluminação por não pertencer ao espectro de luz visível. Porém, o infravermelho interage fortemente com nossa pele, é ele o responsável pela sensação de calor que sentimos ao aproximar a mão de uma lâmpada acesa.

A luz emitida por lâmpadas incandescentes modifica nossa percepção da cor dos objetos, mas seria possível conseguir que emitissem uma iluminação próxima a luz solar, se a temperatura do filamento pudesse ser maior – o que é difícil de se conseguir, já que as ligas condutoras possuem o péssimo hábito de se romperem sob altas temperaturas. Além do que, mesmo que emitam um largo espectro de radiações visíveis, o pico de intensidade de emissão está na região do infravermelho, o que as torna ineficientes, e por isso foram suspensas do mercado brasileiro em 2016 as de potência superior a 25W.



Fonte: Revista Cyrella, Ano 03, 11.

Para suprir essa carência da reprodução da cor, e da limitada vida útil, foram criadas as lâmpadas halógenas – incandescentes nas quais o gás utilizado dentro dos bulbos é da família dos halogênios e prolongam a vida útil e melhoram as condições de cor – oferecendo um brilho especial à luz, sendo utilizadas em projetos de destaque ou decorativo. Apesar das melhorias, são também lâmpadas com filamento, e por tal, apresentam alto consumo de energia elétrica.

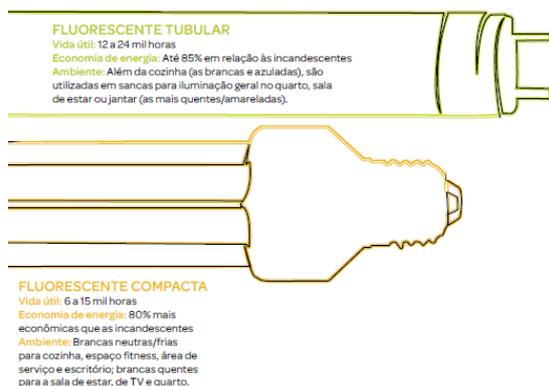
A 1ª lâmpada incandescente utilizável foi feita por Thomas Alva Edison em 1879 e as primeiras lâmpadas industriais foram fabricadas em 1881.

O outro grande grupo de lâmpadas existentes são as lâmpadas de descarga elétrica são aquelas constituídas por um tubo contendo gases ou vapores, capazes de estabelecer um arco elétrico com a passagem de corrente. Os gases mais utilizados são o Argônio, o Neônio, o Xenônio, o Hélio ou o Criptônio e os vapores como Sódio, Mercúrio e outros. Esses gases ou vapores podem estar à baixa, média ou alta pressão. As de vapor de Mercúrio, Sódio, Xenônio são alguns exemplos de lâmpadas de alta pressão.

Um tipo bem conhecido de lâmpada de descarga elétrica a baixa pressão é a lâmpada

fluorescente – podendo ser tubular ou compacta – um tipo de lâmpada em que a luz é produzida por cristais de fósforo (um pó fluorescente) que recobrem a superfície interna do tubo.

Quando a corrente elétrica passa pelo gás ele emite ondas na faixa do ultravioleta, que são absorvidas pelo pó, que as reemite numa distribuição de radiações visíveis.



Fonte: Revista Cyrella, Ano 03, 11.

Nas lâmpadas tubulares de comprimento variável, com um eletrodo de tungstênio em cada extremidade, contendo em seu interior o vapor de Mercúrio ou Argônio a baixa pressão.



Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br>

São lâmpadas que emitem pouca radiação fora da faixa visível, e que por isso apresentam alto rendimento e baixo consumo de energia elétrica. Abaixo, veja o gráfico do espectro das lâmpadas fluorescentes: Já as lâmpadas de Vapor de Mercúrio e as lâmpadas de Vapor de Sódio contêm um tubo de descarga feito de quartzo para suportar elevadas temperaturas. O gás está à baixa pressão. A emissão de radiação ocorre porque, ao ligarmos a lâmpada, o gás é submetido a uma tensão fazendo com que os íons acelerem e se choquem, emitindo radiação.



Fonte: Revista Cyrella, Ano 03, 11.

Uma outra tecnologia de iluminação vem conquistando espaço no mercado produtivo e de consumo. São as lâmpadas a LED. Nesta tecnologia, um diodo emissor de luz é adequadamente polarizado com uma corrente elétrica para produzir luz. Entre as principais atratividades do LED estão a prolongada vida útil e o baixo consumo energético, aliado à versatilidade do formato da lâmpada que pode ser feita para a substituição das tecnologias anteriores. Desta forma temos lâmpadas a LED no formato de incandescentes, halógenas, fluorescentes, entre outras. Como desvantagem pode-se elencar o alto custo dos produtos e a qualidade da luz, em termos de reprodução de cores, por exemplo.

Light Emitter Diode), mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LED, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado sólido (Solid State). [IAR UNICAMP]

Fonte: Laboratório de Iluminação. Unicamp. <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>

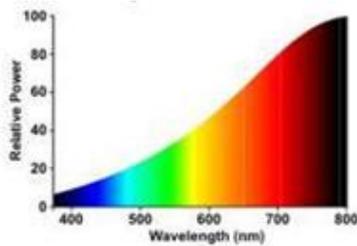


Fonte: Osram - Led Golden Dragon Plus

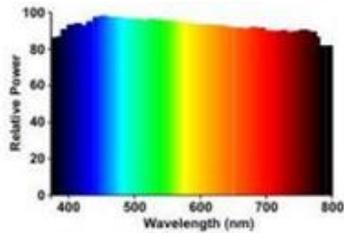
Há ainda tecnologias de iluminação de uso restrito como lâmpadas de indução ou a cátodo frio (por exemplo, luz neon).

Cada gás emite radiação em frequências diferentes, como pode ser exemplificada nas figuras a seguir dos espectros:

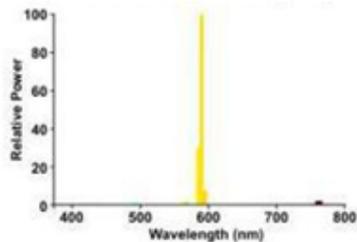
Lâmpada Incandescente



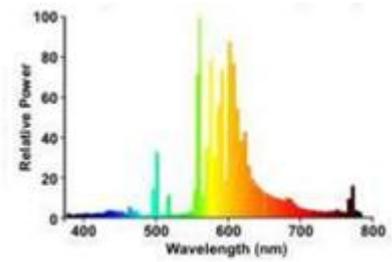
Especial Luz do Dia (D65) (Fotografias)



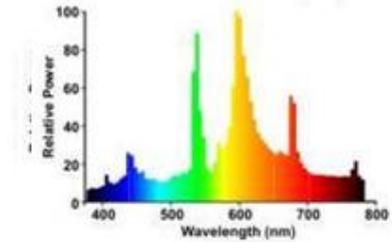
Descarga a Vapor de Sódio a Baixa Pressão



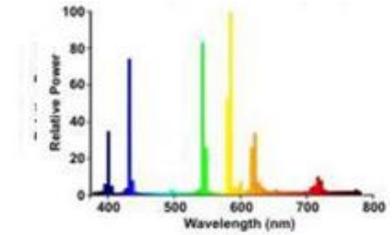
Descarga a Vapor de Sódio a Alta Pressão



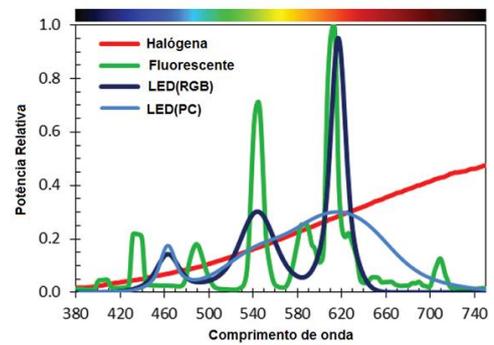
Descarga a Multivapores Metálicos



Descarga a Vapor de Mercúrio e pó fluorescente

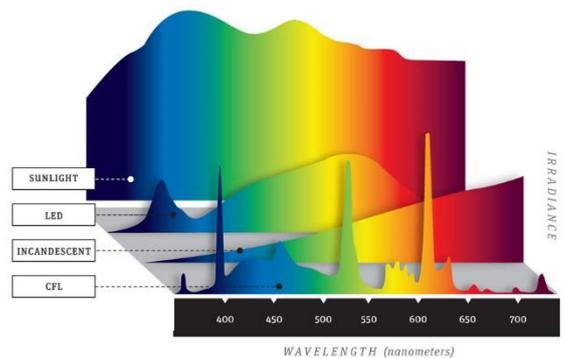


Comparativo entre alguns espectros



Fonte:

<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/8024-lampadas-de-leds-iluminacao-diferente-art1435>



Fonte: Popular Mechanics

<http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/test>

s/incandescent-vs-compact-fluorescent-vs-led-ultimate-light-bulb-test#slide-



Questões sobre a TL

1. O que é a espectroscopia?
2. O que é o espectro de absorção? E o de emissão?
3. Qual a importância da espectroscopia no estudo de iluminação?
4. Quanto aos tipos de lâmpadas citados no texto, há algum que você desconhece?
5. Quanto aos tipos de lâmpadas citados no texto, e sobre os quais você conhece, comente sobre que tipo de conhecimento possui (conhecimento teórico, conhecimento prático, já teve contato? Já comprou? Possui em sua casa ou ambiente de trabalho?
6. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não.
7. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
8. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não
9. Se sim, quais assuntos?



Responda as questões via Google Forms e aproveite a formatação rápida e prática! Para responder acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code.

<https://goo.gl/XDgrl3>

TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O E4

TL3 TEXTO 1. Adaptado de – Os Fundamentos da Física – Temas Especiais - A Radiação do Corpo Negro, EDITORA MODERNA e do Trecho do Khan Academy sobre Ondas Eletromagnéticas. Realizar o estudo do texto 1 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

Um corpo em qualquer temperatura emite radiações eletromagnéticas. Por estarem relacionadas com a temperatura em que o corpo se encontra, frequentemente são chamadas **radiações térmicas**. Por exemplo, “percebemos” a emissão de um ferro aquecido, mas não enxergamos as ondas por ele emitidas. É que em baixas temperaturas a maior taxa de emissão está na faixa do infravermelho.



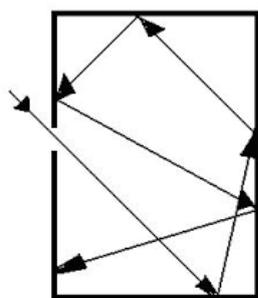
Fonte: [1] Casodecasa.com [2] Pinterest.com

Aumentando-se gradativamente a temperatura de um corpo, ele começa a emitir luz visível, de início a luz vermelha, passando a seguir para a amarela, a verde, a azul e, em altas temperaturas, a luz branca, chegando à região do ultravioleta do espectro eletromagnético.



Fonte: [3] Explorecuriosity.org [4] G1.globo.com [5]

Para o estudo das radiações emitidas foi idealizado um corpo, denominado corpo negro. O **modelo prático** mais simples de um corpo negro é o de uma pequena abertura num objeto oco (figura 6): qualquer radiação que entra vai sendo refletida e absorvida nas paredes e acaba por ser completamente absorvida. Se o objeto oco for aquecido por uma fonte de calor no seu interior, há emissão de radiação pelo orifício.



Importante!
Nesse modelo, é a abertura
que constitui o corpo
negro.

Fonte: [6] Velhaquantica.blogspot.com

O corpo negro absorve toda radiação que nele incide, isto é, sua absorvidade é igual a 1 ($a = 1$) e sua refletividade é nula ($r = 0$), decorrendo deste último fato seu nome (negro). **O corpo negro não tem cor à reflexão, mas pode ter cor à emissão.**

Todo absorvente é bom emissor. Logo, o corpo negro, além de absorvedor ideal, é também um emissor ideal. Sua emissividade é igual a 1 ($e = 1$). Um corpo negro, independentemente do material com que é confeccionado, emite radiações térmicas com a mesma intensidade, a uma dada temperatura e para cada comprimento de onda. Daí decorre o uso do corpo negro para o estudo das radiações emitidas. Através do orifício tem-se a emissão de radiação por aquecimento.

Na figura 7 apresentamos dados experimentais relacionando a intensidade da radiação emitida por um corpo negro em função do comprimento de onda, a uma dada temperatura.

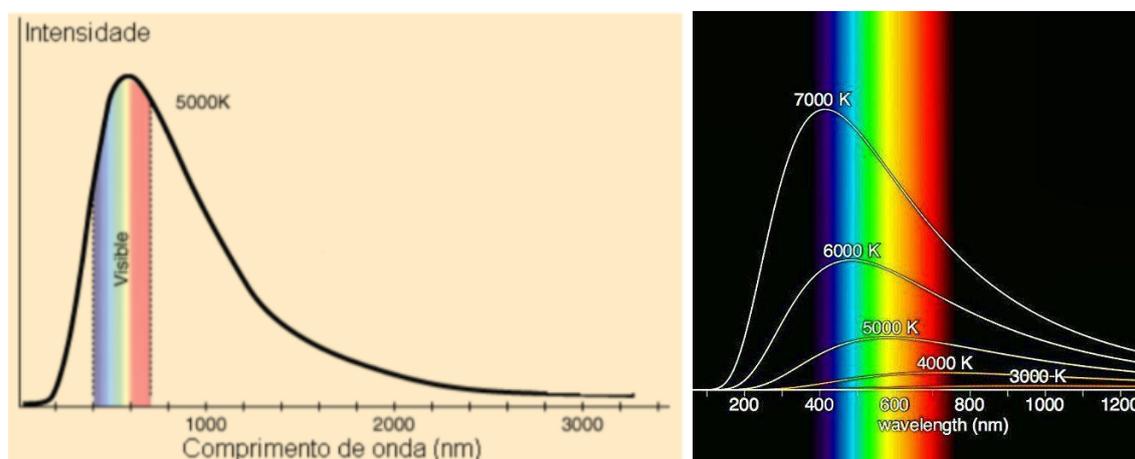


Figura 7. Gráficos da intensidade da radiação em função do comprimento de onda [7.1] Editora Moderna [7.2] Pinterest.com

Observe nos gráficos acima que, para dado comprimento de onda, a intensidade da radiação adquire valor máximo. Repetindo-se a mesma experiência para temperaturas diferentes, obtêm-se os resultados mostrados na Figura 7.2.

Desses resultados concluímos que:

- **Aumentando-se a temperatura, para um dado comprimento de onda, a intensidade da radiação aumenta.**

A lei de **Stefan-Boltzmann**, aplicada ao corpo negro fornece a intensidade total I da radiação emitida:

$$I = \sigma \cdot T^4,$$

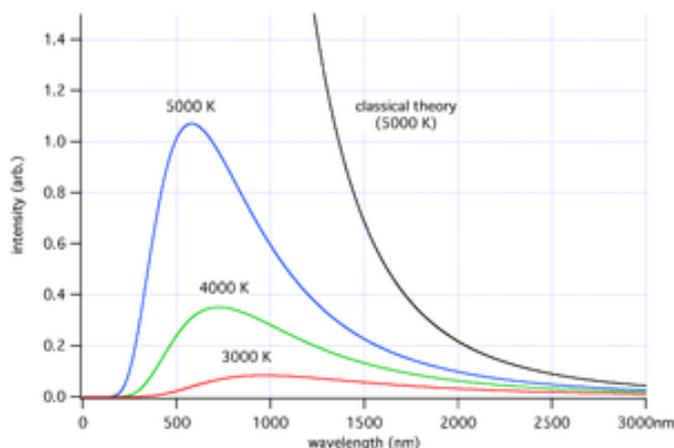
onde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ é a constante de **Stefan-Boltzmann**.

- **Aumentando-se a temperatura, o pico da distribuição se desloca para comprimentos de onda menores.**

De acordo com a lei de deslocamento de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Ao explicar por meio da teoria clássica os resultados experimentais obtidos, observou-se que, para grandes comprimentos de onda, havia certa concordância com os resultados experimentais. Entretanto, para comprimentos de onda menores havia grande discordância entre a teoria e a experiência (figura 8). Esta discordância é conhecida como “**catástrofe do ultravioleta**”.



Fonte: [8] Pinterest.com

Em dezembro de 1900, o físico alemão Max Planck apresentou à Sociedade Alemã de Física um estudo teórico a respeito da emissão de radiação de um corpo negro, deduzindo a equação que estava plenamente em acordo com os resultados experimentais. Entretanto, “para conseguir uma equação a qualquer custo”, teve que considerar a existência, na superfície do corpo negro, de cargas elétricas oscilantes que emitem energia radiante não de modo contínuo, como sugere a teoria clássica, mas sim em porções descontínuas, “partículas” que transportam, cada qual, uma quantidade de energia E bem definida. Essas “partículas” foram denominadas “**fótons**”. A energia E de cada fóton é denominada **quantum** (no plural **quanta**).

E como lemos anteriormente no texto da TL1 – Khan Academy sobre logo após os conceitos básicos das ondas eletromagnéticas ...

Quantização de energia e a dupla natureza da luz

Nós já descrevemos como a luz viaja no espaço em forma de onda. Isso já é sabido há bastante tempo. Na verdade, o físico holandês Christiaan Huygens descreveu a natureza de onda da luz pela primeira vez já no final do século XVII. Aproximadamente 200 anos após Huygens, alguns físicos declararam que as ondas de luz e a matéria eram muito distintas entre si. De acordo com os físicos clássicos, a matéria seria composta de partículas que tinham massa e cuja posição no espaço poderia ser conhecida. Por outro lado, considerava-se que as ondas de luz tinham massa igual a zero, e que sua posição no espaço não poderia ser determinada.

Como elas eram classificadas em categorias diferentes, os cientistas não tinham um bom entendimento de como a luz e a matéria interagiam. No entanto, tudo isso mudou em 1900, quando o físico Max Planck começou a estudar os corpos negros – corpos que são aquecidos até ficarem incandescentes.



Fonte: Khan Academy. *Lava derretida emitindo radiação de corpo negro.* Imagem de cortesia de U.S. Geological Survey.

Planck descobriu que a radiação eletromagnética emitida por corpos negros não poderia ser explicada pela física clássica, que considerava que a matéria poderia absorver ou emitir qualquer grandeza de radiação eletromagnética. Planck observou que, na verdade, a matéria absorvia ou emitia energia, apenas em múltiplos de números inteiros do valor $h\nu$, em que h é a constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, e ν é a frequência da luz absorvida ou emitida. Esta foi uma descoberta chocante, pois desafiou a ideia de que a energia era contínua e que poderia ser transferida em qualquer grandeza. A realidade, descoberta por Planck, é que a energia não é contínua, mas quantizada — o que significa que ela só pode ser transferida em "pacotes" individuais (ou partículas) do tamanho $h\nu$. Cada um desses pacotes de energia é chamado de quantum (plural: quanta).

A descoberta de Planck sobre a radiação eletromagnética ser quantizada mudou para sempre a ideia de que a luz se comporta puramente como uma onda. Na verdade, a luz mostrou ter tanto as propriedades de onda como as propriedades de partícula.

1. A solução encontrada por Planck, ao resolver a questão do corpo negro, considerando que a energia é quantizada, permitiu explicar outros conceitos físicos a nível microscópico. Por isso, a data de dezembro de 1900 é considerada o marco divisório entre a Física Clássica e a Física Quântica – a teoria física dos fenômenos microscópicos.



Questões TL3. Texto 1.

Responda as questões via GoogleForms e aproveite a formatação rápida e prática! Para responder acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code.

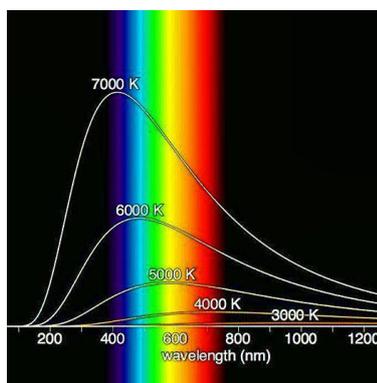
<https://goo.gl/forms/n1wrQYHD6fKVu5um2>



Questões TL3. Texto 1

1. O que diferencia a radiação térmica da radiação de luz visível?
2. Sabe-se que o corpo humano emite radiações térmicas. Há sensores utilizados em sistemas de segurança para a detecção destas radiações. Se você fosse calibrar um sensor para fazer uma leitura deste tipo de radiação, qual faixa de comprimento de onda você utilizaria para detecção de presença humana?
3. O que é um corpo negro?
4. (UFJF) Um pedaço de metal brilha com uma cor avermelhada a 1100K. Entretanto, nessa mesma temperatura, um pedaço de quartzo não brilha. Explique este fato sabendo-se que, ao contrário do metal, o quartzo é transparente à luz visível.

5. Explique o comportamento da luz, conforme as explicações da Física Clássica e da Física Moderna? No entendimento atual da ciência, a luz se comporta como onda ou como corpúsculo (partícula)?
6. De acordo com o gráfico a seguir, sabemos que a intensidade de radiação, está associada a alguns comprimentos de ondas, e é máxima nestes pontos, como pode ser visto para diferentes temperaturas. Ao amanhecer o comprimento de onda a luz solar possui uma grande quantidade de comprimentos de onda em valores próximos à 660nm, enquanto próximo ao meio-dia, é possível medir uma grande quantidade de comprimentos de onda na faixa de 480nm. Sabendo que estes valores se referem ao pico de intensidade medido, estime qual o valor da temperatura em K (Kelvin), associados e quais as cores destacadas por estes pontos?



7. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? () Sim () Não.
8. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
9. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? () Sim () Não
10. Se sim, quais assuntos?

TL3 TEXTO 2. TRECHO DE BROCKINGTON, (2005). Realizar o estudo do texto 2 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

Um breve relato histórico: das origens da “Velha Mecânica Quântica” (1900-1924) à “Verdadeira Mecânica Quântica” (1925-1927)

Ao apresentar os resultados de seus trabalhos na Sociedade Alemã de Física, em 14 de dezembro de 1900, **Max Planck** instaurou o germe das transformações que mudariam a Física para sempre (PAIS, 1982). Por meio de uma hipótese que a ele mesmo desgostava, Planck foi capaz de explicar os resultados experimentais do **espectro de emissão da radiação do corpo negro**.

A principal característica de um corpo negro é a absorção de toda a radiação térmica que incide sobre ele. Esse poder de absorção representa a quantidade de energia incidente absorvida, sendo que uma fração de energia é reemitida em forma de ondas eletromagnéticas. Qualquer corpo aquecido emite radiação que corresponde a uma determinada cor. Esta coloração é resultante da mistura de radiações eletromagnéticas de diferentes frequências, cada uma com sua própria intensidade. Assim, um pedaço de metal aquecido pode emitir uma luz de cor vermelha, na faixa do visível, e radiação infravermelha invisível ao olho humano. A radiação emitida por um corpo negro pode, então, ser examinada por um espectroscópio para se determinar cada intervalo de frequência que constitui essa mistura, de modo que as proporções das intensidades de cada cor podem ser medidas experimentalmente.

A principal característica de um corpo negro é a absorção de toda a radiação térmica que incide sobre ele.

Sendo assim, sem utilizar a equação de Planck, Einstein formula a hipótese do quantum de luz a partir da relação entre a entropia da lei de radiação de Wien e o volume de um gás ideal clássico.

Einstein propôs, com profundas consequências físicas, que a ideia de quantização deveria ser estendida também às ondas eletromagnéticas, afirmando que essa quantização é uma propriedade da radiação eletromagnética livre. Ele, então, estende essa propriedade à interação da luz com a matéria.

Diversos resultados disponíveis no final do século XIX, radiante é emitida para diferentes levanam os físicos (G. Kirchhoff, L. Boltzmann, entre outros) a emissividade do corpo negro por até aquele momento: o termodinâmica e a mecânica teóricas de explicar o incompatíveis com os resultados entre teoria-experimentação problema para a física do final do Após inúmeras tentativas experimentais conhecidos a partir percebeu que a radiação do corpo

experimentais estavam evidenciando como a energia frequências. Esses resultados W. Wien, Lord Rayleigh, J. Stefan, buscar uma lei que regesse a meio dos pilares teóricos da física eletromagnetismo, a estatística. Contudo, as tentativas comportamento da radiação eram experimentais. Essa discordância constituiu-se em um grave século XIX (JAMMER, 1966). frustradas de obter os resultados de manipulações teóricas, Planck negro dependia apenas da

temperatura de suas paredes, e não de sua natureza. Sendo assim, lançou mão de uma hipótese ad

hoc, considerando que as paredes do corpo negro eram constituídas de osciladores, elementos finitos de energia, responsáveis pela emissão da radiação eletromagnética. A partir de conjecturas teóricas e manipulações algébricas ele deduz a equação que iria marcá-lo para sempre como o descobridor da lei da radiação:

$$\mathcal{E} = h \nu$$

O que tornava a hipótese fisicamente problemática era o fato de esses osciladores poderem vibrar apenas com determinados valores de energia. De acordo com as teorias da época, esperava-se que a energia dos osciladores pudesse assumir qualquer valor, considerando-a de forma contínua, de modo que emitissem radiação em qualquer frequência.



Fonte: Imagem com fonte não identificada (Ilegível)

Entretanto, ainda que incompatível com as teorias vigentes, foi por meio da quantização da energia por ele proposta que se obtiveram previsões teóricas em pleno acordo com os experimentos. Como não havia nada parecido naquele momento, mesmo sendo capaz de reproduzir com precisão os resultados experimentais, sua teoria não obteve tanta repercussão, até ser incorporada pelos trabalhos de Albert Einstein (JAMMER, 1974; PAIS, 1982). **Assim, em 1900, Planck soluciona o problema da radiação do corpo negro do ponto de vista teórico preliminar, mas sua solução teórica completa só foi totalmente encontrada em 1926, com a utilização da estatística quântica. Contudo, “os resultados de Planck foram, desde o início, uma fonte de inspiração e perplexidade para Einstein”** (PAIS, 1982, p.440). No artigo publicado em março de 1905, que lhe rendeu o prêmio Nobel, Einstein buscou compreender fisicamente o que Planck havia feito, pois percebia que essa formulação concordava com os dados experimentais, mas não com a teoria. Em seu artigo, ele considera a existência de imperfeições na dedução de Planck e as analisa em detalhes. **Desta maneira, ele busca estudar a radiação do corpo negro por um caminho distinto do utilizado por Planck.**

Sendo assim, sem utilizar a equação de Planck, Einstein formula a hipótese do quantum de luz a partir da relação entre a entropia da lei de radiação de Wien e o volume de um gás ideal clássico. Segundo Pais, sua dedução baseia-se numa mistura de física teórica clássica e de um pedaço de informação experimental que desafia a descrição em termos clássicos. A genialidade da hipótese do quantum de luz reside na intuição de escolher o pedaço correto da informação experimental e os ingredientes teóricos corretos, absolutamente simples (PAIS, 1982, p.446).

Einstein propôs, com profundas consequências físicas, que a ideia de quantização deveria ser estendida também às ondas eletromagnéticas, afirmando que essa quantização é uma propriedade da radiação eletromagnética livre. **Ele, então, estende essa propriedade à interação da luz com a**

matéria. Einstein propõe que a energia eletromagnética se concentra em uma pequeníssima região do espaço. Assim, a energia seria localizada e seu valor era $\mathcal{E} = h \nu$, sendo h a mesma constante que aparecia no diferente contexto do problema do corpo negro. **Deste modo, sendo que “a radiação monocromática se comporta como um meio discreto constituído de quanta de energia” (EINSTEIN apud PAIS, 1982, p. 447) surgia a conjectura do modelo corpuscular para a luz. Considerada pelo próprio Einstein como sua única contribuição revolucionária (PAIS, 1982 p. 445), esta hipótese foi, sem dúvida, sua grande audácia.**

Sua proposta foi audaciosa, pois a hipótese do quantum de luz como uma propriedade da radiação eletromagnética livre estava em desacordo com o quadro teórico do eletromagnetismo de Maxwell.

Ainda que verse sobre as propriedades da luz, este trabalho de Einstein é sempre lembrado por sua interpretação do efeito fotoelétrico. **Ao estender a quantização da radiação à interação da luz com a matéria, Einstein previu a realização de experimentos possíveis de medir alguns parâmetros do efeito fotoelétrico.** Caso sua hipótese estivesse correta, seria possível confirmar, por meio dos dados experimentais, as previsões dos resultados por ela fornecidos.

BROCKINGTON, GUILHERME. A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio. Dissertação de mestrado. INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA E FACULDADE DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). 2005.

Questões TL3. Texto 2.



Responda as questões via GoogleForms e aproveite a formatação rápida e prática! Para responder acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code.

<https://goo.gl/forms/1p0ZaimOpfoELs9c2>

-
1. Nas primeiras aulas desta Sequência Didática **Uma introdução pelas metodologias ativas aos projetos luminotécnicos à luz da física**, abordamos o desenvolvimento histórico e científico a partir do modelo atômico. No texto 2 (BROCKINGTON, 2005) é possível observar um paralelo com aquele modelo de construção do conhecimento científico. Com base nestes dois textos, como você entende que a ciência avança?
 2. Como você entende a quantização da energia, proposta por Einstein, a partir das ideias de Planck?
 3. Por que a ideia de Einstein sobre a energia quantizada foi tão contrária às concepções científicas da época?

4. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não.
5. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
6. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula?
()Sim ()Não
7. Se sim, quais assuntos?

PERGUNTAS RESPOSTAS 21

TL2_Espectroscopia

Após realizar o estudo do texto 1 sobre Espectroscopia (Adaptado de Azevedo (2008) e responda às questões abaixo. As perguntas devem ser respondidas com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

- 1. O que é a espectroscopia?**
Texto de resposta curta
- 2. O que é o espectro de absorção? E o de emissão?**
Texto de resposta longa
- 3. Qual a importância da espectroscopia no estudo de iluminação?**
Texto de resposta longa
- 4. Quanto aos tipos de lâmpadas citados no texto, há algum que você desconhece?**
- 5. Quanto aos tipos de lâmpadas citados no texto, e sobre os quais você conhece, comente sobre que tipo de conhecimento possui (conhecimento teórico, conhecimento prático, já teve contato? Já comprou? Possui em sua casa ou ambiente de trabalho?**
Texto de resposta longa
- 6. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento?**
 Sim.
 Não.
- 7. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.**
Texto de resposta longa
- 8. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula?**
 Sim.
 Não.
- 9. Se sim, quais assuntos?**

PERGUNTAS RESPOSTAS

TL3_Radiação de Corpo Negro A

Adaptado de – Os Fundamentos da Física – Temas Especiais - A Radiação do Corpo Negro, EDITORA MODERNA e do Trecho do Khan Academy sobre Ondas Eletromagnéticas. Realizar o estudo do texto 1 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

1. O que diferencia a radiação térmica da radiação de luz visível?

Texto de resposta longa

2. Sabe-se que o corpo humano emite radiações térmicas. Há sensores utilizados em sistemas de segurança para a detecção destas radiações. Se você fosse calibrar um sensor para fazer uma leitura deste tipo de radiação, qual faixa de comprimento de onda você utilizaria para detecção de presença humana?

Texto de resposta longa

3. O que é um corpo negro?

Texto de resposta longa

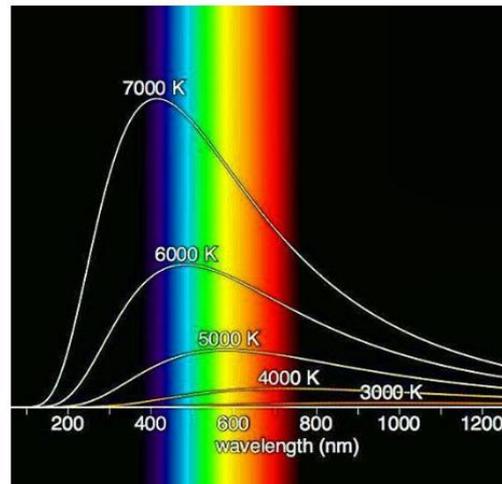
4. (UFJF) Um pedaço de metal brilha com uma cor avermelhada a 1100K . Entretanto, nessa mesma temperatura, um pedaço de quartzo não brilha. Explique este fato sabendo-se que, ao contrário do metal, o quartzo é transparente à luz visível.

Texto de resposta longa

5. Explique o comportamento da luz, conforme as explicações da Física Clássica e da Física Moderna? No entendimento atual da ciência, a luz se comporta como onda ou como corpúsculo (partícula)?

Texto de resposta longa

6. De acordo com o gráfico a seguir, sabemos que a intensidade de radiação, está associada a alguns comprimentos de ondas, e é máxima nestes pontos, como pode ser visto para diferentes temperaturas. Ao amanhecer o comprimento de onda a luz solar possui uma grande quantidade de comprimentos de onda em valores próximos a 660nm, enquanto próximo ao meio-dia, é possível medir uma grande quantidade de comprimentos de onda na faixa de 480nm. Sabendo que estes valores se referem ao pico de intensidade medido, estime qual o valor da temperatura em K (Kelvin), associados e quais as cores destacadas por estes pontos?



Texto de resposta longa

7. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento?

- Sim
- Sim
- Não

8. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.

Descrição (opcional)

9. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula?

- Sim
- Não

10. Se sim, quais assuntos?

Texto de resposta longa

PERGUNTAS RESPOSTAS

TL3_Noções sobre a quantização da energia_A

TRECHO DE BROCKINGTON, (2005). Realizar o estudo do texto 2 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

Endereço de e-mail *

Endereço de e-mail válido

Este formulário coleta endereços de e-mail. [Alterar configurações](#)

1. Nas primeiras aulas desta Sequência Didática Uma introdução pelas metodologias ativas aos projetos luminotécnicos à luz da física, abordamos o desenvolvimento histórico e científico a partir do modelo atômico. No texto 2 (BROCKINGTON, 2005) é possível observar um paralelo com aquele modelo de construção do conhecimento científico. Com base nestes dois textos, como você entende que a ciência avança?

Texto de resposta longa

2. Como você entende a quantização da energia, proposta por Einstein, a partir das ideias de Planck?

Texto de resposta longa

3. Por que as ideias de Einstein sobre a energia quantizada foram tão contrárias às concepções científicas da época?

Texto de resposta longa

4. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento?

Sim

Não

5. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.

Texto de resposta longa

6. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula?

Sim

Não

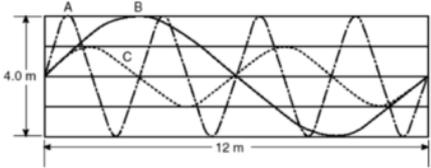
APÊNDICE E – Testes Conceituais

TC1. Os elementos de uma onda

plickers
Library
Reports
Classes
Live View
Cards
Help
P. Souza

1. Natureza e composição da luz / 1. Os elementos de uma onda

(Adaptado da FATEC-SP) A figura abaixo representa três ondas que se propagam em cordas idênticas, A, B e C e estão imersas no ar e percorrem 12 metros em 2 segundos. Em relação à frequência dessas três ondas é correto afirmar que:



A A frequência da onda C mede 2 Hz, enquanto que a da onda B mede 0,5 Hz.
 B As três ondas têm a mesma frequência, pois todas têm a mesma velocidade de propagação.
 C A onda B é a que tem maior frequência pois seu período de oscilação é de 2 segundos.
 D A onda A tem a maior frequência dentre as três ondas, que mede 2 Hz.

Collapse



Elétricos! ;o)
Demo Class

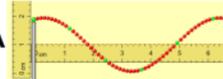
+ Add to Queue...



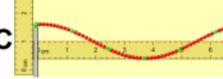
Elétricos! ;o)
Engenheiros Inovadores

(Madge) As figuras a seguir representam quatro ondas se propagando em cordas idênticas. Em qual delas o comprimento de onda é maior?

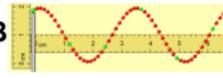
A



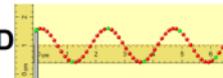
C



B



D



A A
 B B
 C C
 D D

Collapse



+ Add to Queue...



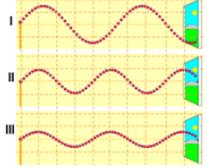
Elétricos! ;o)
Engenheiros Inovadores

TC2. Sobre a frequência

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. SOUZA

1. Natureza e composição da luz / 2. Sobre a frequência

(Madge) A figura a seguir representa um instante em que ondas se propagam em três cordas idênticas. É correto afirmar que:

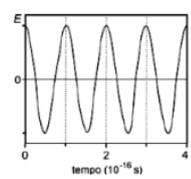


A I possui maior frequência que II.
 B As frequências de I e III são iguais.
 C II tem menor frequência que III.
 D I tem menor frequência que III.

Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)
 Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

Em um ponto fixo do espaço, o campo elétrico de uma radiação eletromagnética tem sempre a mesma direção e oscila no tempo, como mostra o gráfico abaixo, que representa sua projeção E nessa direção fixa; E é positivo ou negativo conforme o sentido do campo. Consultando a tabela a seguir, que fornece os valores típicos de frequência f para diferentes regiões do espectro eletromagnético, e analisando o gráfico de E em função do tempo, é possível classificar essa radiação como:



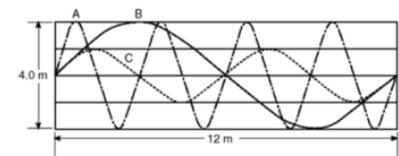
Radiação Eletromagnética	Frequência (Hz)
Rádio AM	10^6
Transmissão de TV (VHF)	10^8
Microondas	10^{10}
Infravermelha	10^{12}
Luz visível	10^{14}
Ultravioleta	10^{16}
Raios X	10^{18}
Raios Gamma	10^{20}

A Infravermelha
 B Visível
 C Ultravioleta
 D Raios X

Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)

+ Add to Queue...

(Adaptado da FATEC-SP) A figura abaixo representa três ondas que se propagam em cordas idênticas, A, B e C e estão imersas no ar. Em relação ao comprimento de onda dessas três ondas é correto afirmar que:



A O comprimento de onda das ondas A e B são iguais e medem 4m.
 B O comprimento de onda da onda B é o maior dentre as três ondas e mede 6m.
 C O comprimento de onda da onda A é o menor dentre as três ondas e mede 3m.
 D O comprimento de onda da onda C é menor que o da onda A e mede 2m.

Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)

+ Add to Queue...

TC3. Sobre como enxergamos

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. Souza

1. Natureza e composição da luz / 3. Sobre como enxergamos

(Adaptado da UFMG) Dois alunos do curso de Engenharia do IFG-Câmpus Jatá estão iluminados por uma única lâmpada. Em qual das alternativas abaixo estão CORRETAMENTE representados os feixes de luz que permitem a Patrick ver Laura?

A)  B) 

C)  D) 

A A
 B B
 C C
 D D

[Collapse](#)

● Elétricos! ;o)
 ● Engenheiros Inovadores
 ● Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

(*Adaptado da PUC-MG) Para que possamos ver um quadro colorido exposto na parede é necessário que:

A Que os raios de luz saiam dos seus olhos e atinjam o quadro.
 B Que a luz do ambiente seja refletida no quadro, chegue até seus olhos e seja transmitida por impulsos nervosos até o cérebro.
 C Que o quadro seja iluminado.
 D Que os olhos emitam raios de luz que, após atingirem o quadro, retornem ao cérebro, trazendo a informação da imagem.

[Collapse](#)

● Elétricos! ;o)
 ● Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

TC4. Sobre as cores e a luz

plickers
Library
Reports
Classes
Live View
Cards
Help
P. Souza

1. Natureza e composição da luz / 4. Sobre as cores e a luz

Após uma enquete, foi verificado que o time de futebol preferido dos alunos de Engenharia do IFG-Câmpus Jataí possui um bandeira que, quando exposta à luz solar aparenta ter listras com as cores vermelho, branco e preto. Se essa bandeira for colocada no laboratório de Física, que emite apenas uma luz vermelha monocromática, os torcedores desse respeitado e querido time perceberão uma bandeira:



- A tricolor, mas diferente, pois verão as cores vermelho, preto e branco, respectivamente.
- B tricolor e igual à vista sob a luz solar.
- C bicolor, pois verão apenas as cores vermelho e preto
- D bicolor, pois verão apenas as cores preto e branco.

Collapse





- Elétricos! :o)
- Engenheiros Inovadores

Manoel ganhou uma camisa listrada de amarelo e branco (se vista sob a luz solar). Usando a camisa, se ele entrar no laboratório de Física que está iluminado apenas com uma lâmpada que emite luz vermelha monocromática, a camisa irá parecer:

- A totalmente preta
- B amarela e vermelha
- C verde e vermelha
- D preta e vermelha

Collapse





- Elétricos! :o)
- Elétricos! :o)
- Engenheiros Inovadores
- Engenheiros Inovadores
- Engenheiros Inovadores

Uma flor, quando exposta à luz do sol, parece ter a cor amarela quando você a observa. Ela parece ser amarela porque:



- A absorve a luz amarela e reflete a luz solar.
- B absorve a luz do sol e reflete a luz amarela.
- C emite luz verde e vermelha.
- D reflete luz solar e absorve a luz amarela.

Collapse





- Elétricos! :o)
- Engenheiros Inovadores

TC5. Sobre a visão

plickers
Library
Reports
Classes
Live View
Cards
Help
P. Souza

1. Natureza e composição da luz / 5. Sobre a visão

(UFES) A visão em ambientes de pouca luminosidade é feita no homem:

- A Por todas as células fotorreceptoras.
- B Somente pelos cones, o que dá maior acuidade visual.
- C Pelos bastonetes.
- D Por bastonetes e principalmente pelos cones, pois ambos recebem estímulos luminosos.

Collapse





● Elétricos! ;o)

● Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

Os cones e os bastonetes são células fotorreceptoras responsáveis pela detecção da luz visível que incide em nossa retina. Em relação a essas células, é correto afirmar que:

- A Os cones são responsáveis pela nossa percepção das cores. Um indivíduo normal possui cones sensíveis à luz vermelha, amarela e azul.
- B A distribuição de cones na retina não é uniforme. Na fóvea, região central da retina, existe uma maior concentração de cones azuis.
- C Os bastonetes não são capazes de diferenciar as diferentes frequências da luz, apenas sua intensidade. Daí vem o ditado: " À noite todos os gatos são..."
- D Em um indivíduo daltônico, os bastonetes, responsáveis pela visão em locais com baixa iluminação, são capazes de diferenciar apenas as cores verde e a...

Collapse





● Elétricos! ;o)

● Elétricos! ;o)

● Engenheiros Inovadores

● Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

ENEN (2009) Sabe-se que o olho humano não consegue diferenciar componentes de cores e vê apenas a cor resultante, diferentemente do ouvido, que consegue distinguir, por exemplo, dois instrumentos diferentes tocados simultaneamente. Os raios luminosos do espectro visível, que têm comprimento de onda entre 380nm e 780nm, incidem na córnea, passam pelo cristalino e são projetados na retina. Na retina, encontram-se dois tipos de fotorreceptores, os cones e os bastonetes, que convertem a cor e a intensidade da luz recebida em impulsos nervosos. Os cones distinguem as cores primárias: vermelho, verde e azul, e os bastonetes diferenciam apenas níveis de intensidade, sem separar comprimentos de onda. Os impulsos nervosos produzidos são enviados ao cérebro por meio do nervo óptico, para que se dê a percepção da imagem. O indivíduo que, por alguma deficiência, não consegue captar as informações transmitidas pelos cones, perceberá um objeto branco, iluminado apenas por luz vermelha, como:

- A Um objeto rosa, pois haverá mistura da luz vermelha com o branco do objeto.
- B Um objeto verde, pois o olho não consegue diferenciar componentes de cores.
- C Um objeto cinza, pois os bastonetes captam luminosidade, porém não diferenciam cor.
- D Um objeto vermelho, pois a retina capta a luz refletida pelo objeto, transformando-a em vermelho.

Collapse





● Elétricos! ;o)

● Engenheiros Inovadores

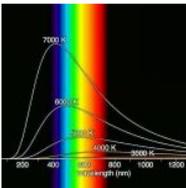
+ Add to Queue...

TC6. Quantização da energia


[Library](#)
[Reports](#)
[Classes](#)
[Live View](#)
[Cards](#)
[Help](#)
P. SOUZA

Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Quantização da energia ▾

1. A energia de um fóton de luz amarela é:



A menor que a de um fóton de luz vermelha.
 B maior que a de um fóton de luz laranja.
 C igual à de um fóton de luz verde.
 D maior que a de um fóton de luz violeta.

[Collapse](#)


✦ Engenheiros Inovadores


● Elétricos! ;o)
● Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

2. Considere as afirmações abaixo sobre a luz:

I) A energia da luz depende da sua intensidade, quanto mais intensa ela for, maior sua energia.
 II) A energia da luz depende da frequência, assim luzes de frequências diferentes têm energias diferentes.
 III) A luz se comporta como onda quando se propaga, mas se comporta como partícula quando interage com a matéria.
 IV) A luz azul tem maior energia que a luz amarela.

São corretas as afirmações:

A I e II.
 B II e III.
 C I, II, III.
 D II, III e IV.

[Collapse](#)


✦ Engenheiros Inovadores


● Elétricos! ;o)
● Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

3. Utilizando um controlador, aumenta a intensidade da luz emitida por uma lâmpada de cor vermelha, sem que esta cor se altere. Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que a intensidade da luz aumenta porque:

A A frequência da luz emitida pela lâmpada aumenta
 B O comprimento de onda da luz emitida pela lâmpada aumenta.
 C A energia de cada fóton emitido pela lâmpada aumenta.
 D O número de fótons emitidos pela lâmpada, a cada segundo, aumenta.

[Collapse](#)


✦ Elétricos! ;o)


● Elétricos! ;o)
● Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

TC7. Radiação de Corpo Negro

plickers
Library
Reports
Classes
Live View
Cards
Help
P. SOUZA

/ Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Radiação de Corpo Negro

1. (UEL) A faixa de radiação eletromagnética perceptível dos seres humanos está compreendida entre o intervalo de 400 a 700 nm. Considere as afirmativas a seguir.

I - A cor é uma característica somente da luz absorvida pelos objetos;
 II - Um corpo negro ideal absorve toda a luz incidente, não refletindo nenhuma onda eletromagnética;
 III - A frequência de uma determinada cor (radiação eletromagnética) é sempre a mesma;
 IV - A luz ultravioleta tem energia maior do que a luz infravermelha.

A Somente as afirmativas I e II são corretas.
 B Somente as afirmativas II e IV são corretas.
 C Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.
 D Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

Collapse



Engenheiros Inovadores



Elétricos! :o)

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

2. Um radiador ideal - ou também chamado corpo negro - é um corpo cuja radiação depende apenas de sua temperatura. A melhor cor para pintar um radiador, no que tange à eficiência de aquecimento é uma cor:

A) preta.
 B) branca.
 C) metálica.
 D) na realidade não importa.

Collapse





Elétricos! :o)

Engenheiros Inovadores

Engenheiros Inovadores

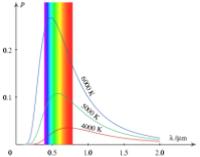
Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

3. (UFPR) A equação que descreve o espectro de radiação emitido por um corpo negro foi descoberta por Max Planck em 1900, sendo posteriormente chamada de Lei da Radiação de Planck. Ao deduzir essa equação, Planck teve que fazer a suposição de que a energia não poderia ter um valor qualquer, mas que deveria ser um múltiplo inteiro de um valor mínimo. O gráfico abaixo mostra a intensidade relativa da radiação emitida por um corpo negro em função do comprimento de onda para três diferentes temperaturas. A região visível do espectro compreende os comprimentos de onda entre 390 nm e 780 nm, aproximadamente, que correspondem às cores entre o violeta e o vermelho.

Com base nessas informações e no gráfico a seguir, considere as seguintes afirmativas, e em seguida, assinale a alternativa correta.

I) A Lei da Radiação de Planck depende da temperatura do corpo negro e do comprimento de onda da radiação emitida.
 II. O princípio de funcionamento de uma lâmpada incandescente pode ser explicado pela radiação de corpo negro.
 III. Para a temperatura de 3000 K, a maior parte da radiação emitida por um corpo aquecido está na faixa do infravermelho.



A Somente a afirmativa I é verdadeira.
 B Somente as afirmativas I e III são verdadeiras
 C Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
 D As afirmativas I, II e III são verdadeiras.

Collapse





Elétricos! :o)

Elétricos! :o)

Engenheiros Inovadores

Engenheiros Inovadores

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

TC8. Temperatura de Cor Correlata

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. SOUZA

My Library / Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Temperatura de Cor

1. Com base nos estudos que desenvolvemos acerca das características da luz e das fontes artificiais de iluminação, analise as afirmações, e a seguir, marque a opção correta:

I. A Temperatura de Cor é uma grandeza considerada apenas em alguns projetos luminotécnicos, pois pouco influencia o comportamento das pessoas que utilizam o ambiente, exceto em projetos com maior exigência estética e de maior investimento tecnológico.

II. É possível produzir diferentes Temperatura de Cor em todas as fontes de luz artificiais, uma vez que esta grandeza depende apenas da composição química dos compostos usados no gás que compõe a lâmpada.

III. As Temperaturas de Cor das lâmpadas estão associadas às radiações térmicas emitidas pelas diferentes tecnologias de iluminação. As lâmpadas incandescentes e halógenas possuem valores de Temperatura de Cor entre 2700K e 3000K, sendo consideradas cores quentes.



A Apenas as afirmações I e III estão corretas.
 B Apenas as afirmações II e III estão corretas.
 C Apenas a afirmação I está correta.
 D Nenhuma das afirmações está correta.

Collapse

● Elétricos! :o)
 ● Elétricos! :o)
 ● Elétricos! :o)
 ● Engenheiros Inovadores
 ● Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

2. Alguns recentes estudos, evidenciam que a má qualidade do sono em adolescentes e a sonolência diurna resultante têm sido associadas a prejuízos no desempenho acadêmico e podem causar uma série de problemas como instabilidade emocional, dificuldades de aprendizagem, atraso escolar e absenteísmo (Cocachen et al., 2004; 2011; Dewald et al., 2010; Eggermont & van den Bulck, 2006).

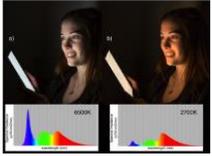
Foi sugerido que um potencial fator contribuinte para o sono deficiente dos adolescentes é o uso crescente de tecnologia de tela (por exemplo, computadores, televisões e comprimidos) nas horas anteriores ao sono (Gradisar et al., Na imprensa, Kaiser Family Foundation [KFF], 2010).

A maioria das evidências mostram que a exposição à luz noturna brilhante suprime a secreção de melatonina endógena para aumentar o estado de alerta e atrasar o tempo de sono (Cajochen et al., 2005, Caco et al., 2011, Vandewalle et al., Wright E Lack, 2001, Wright et al., 2001). Com relação aos estudos enunciados e seu conhecimento a respeito da Temperatura de Cor da luz, julgue os itens abaixo.

I. Pode-se inferir que um dos mecanismos propostos para o impacto positivo da tecnologia no sono é a exposição à luz de tela brilhante.

II. A propensão para a exposição noturna à tela para suprimir a melatonina e aumentar o estado de alerta poderia explicar como tarde tecnologia de tela de noite pode afetar o sono.

III. A luz de comprimento de onda curto (por exemplo, 497 nm verde, 525 nm verde) suprime a melatonina e aumenta a vigiância, enquanto a luz de comprimento de onda longo (por exemplo, 660 nm vermelho, âmbar 595 nm) não tem efeito discernível. Esses valores de frequência estão associados à Temperatura de Cor, utilizadas nas telas.



A Apenas a afirmativa II está correta.
 B Apenas as afirmativas II e III estão corretas.
 C Apenas a afirmativa III está correta.
 D Todas as afirmativas estão corretas.

Collapse

● Elétricos! :o)
 ● Elétricos! :o)
 ● Engenheiros Inovadores

TC8. Temperatura de Cor Correlata

plickers
Library
Reports
Classes
Live View
Cards
Help
P. Souza

My Library / Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Temperatura de Cor ▾

3. Você é um engenheiro responsável por elaborar uma proposta de iluminação para uma indústria de alimentos. Com base nos seus estudos acerca das tecnologias de iluminação incandescentes, de descarga (fluorescentes e de descarga de alta pressão), do Índice de Reprodução de Cores (IRC) e da Temperatura de Cor (TCC).

I. Por produzir alimentos, é importante que a iluminação da indústria tenha uma Alta Reprodução de Cores, e por isso, deve-se considerar no projeto a opção com o uso de lâmpadas incandescentes e halógenas em alguns setores.

II. Sabe-se que os LED's são a última tecnologia em iluminação, pois todos apresentam excelente reprodução de cores (IRC alto) e podendo ser produzidos em diferentes Temperaturas de Cor, além de serem a opção mais econômica e com maior durabilidade. Assim, variando-se as escolhas da TCC, a melhor opção para a planta industrial, é a tecnologia em LED.

III. Em um ambiente de produção industrial é exigido que se tenha foco e atenção às atividades desenvolvidas, sendo ideal portanto, que toda tecnologia de iluminação para uma fábrica tenha uma Temperatura de Cor alta, em torno de 5000K.

IV. As lâmpadas de descarga, com alta TCC podem ser consideradas para um projeto industrial. Nas opções de baixa pressão (fluorescentes tubulares) o consumo é baixo e são a melhor opção para o ambiente corporativo, escritórios e administração. Ao passo que as lâmpadas de descarga de alta pressão, são a melhor opção para o setor produtivo, pois todas possuem um alto 'pacote' de iluminação (fluxo luminoso), e possuem ótima reprodução de cores (IRC).

A Apenas as alternativas I e III estão corretas.
 B Apenas a alternativa III está correta.
 C Apenas as alternativas II e III estão corretas.
 D Apenas a alternativa IV está correta.

Collapse





● Elétricos! ;o)
● Elétricos! ;o)
● Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

APÊNDICE F – Projeto e execução de uma bancada para o estudo de Espectroscopia de fontes de iluminação para as aulas experimentais

PROJETO DE UM BANCADA PARA O ESTUDO DE ESPECTROSCOPIA

Acadêmica. Patrícia Gomes de Souza Freitas

I – APRESENTAÇÃO

Bancada para a aplicação de experimentos relativos à Espectroscopia, e outras experimentações relativas ao estudo de Luminotécnica.

Visa atender às necessidades do laboratório, incorporando alimentação monofásica, com níveis de tensão compatíveis com as lâmpadas a serem utilizadas. A montagem dos experimentos, deve ser realizada com os equipamentos desenergizados para segurança dos usuários.



II – MATERIAIS PARA A EXECUÇÃO

Quantidade	Descrição
01	Placa de MDF (Medium Density Fiberboard), (1830X2730X150) mm
06	Base tipo plafon, com soquetes em porcelana e contato metálicos em bronze
02	Conjunto completo (suporte, placa e módulos) com interruptores triplos, 10A/ 250V
01	Conjunto completo (suporte, placa e módulos) para tomadas tripolar, 10A/ 250V
01	Disjuntor monopolar de 10A/ 3kA e proteção adicional contra contatos indiretos por meio de interruptor diferencial residual 30mA
01	Reator Vapor de Sódio 70W/ 220V, Uso interno
01	Conector receptáculo AC macho padrão IEC 320 - 10 A/ 250 V
01	Conector receptáculo AC fêmea padrão IEC 320 - 10 A/ 250 V
03	Cabo 3x2,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), PRETO
02	Cabo 1,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), VERMELHO (FASE)
04	Cabo 1,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), BRANCO (RETORNOS)

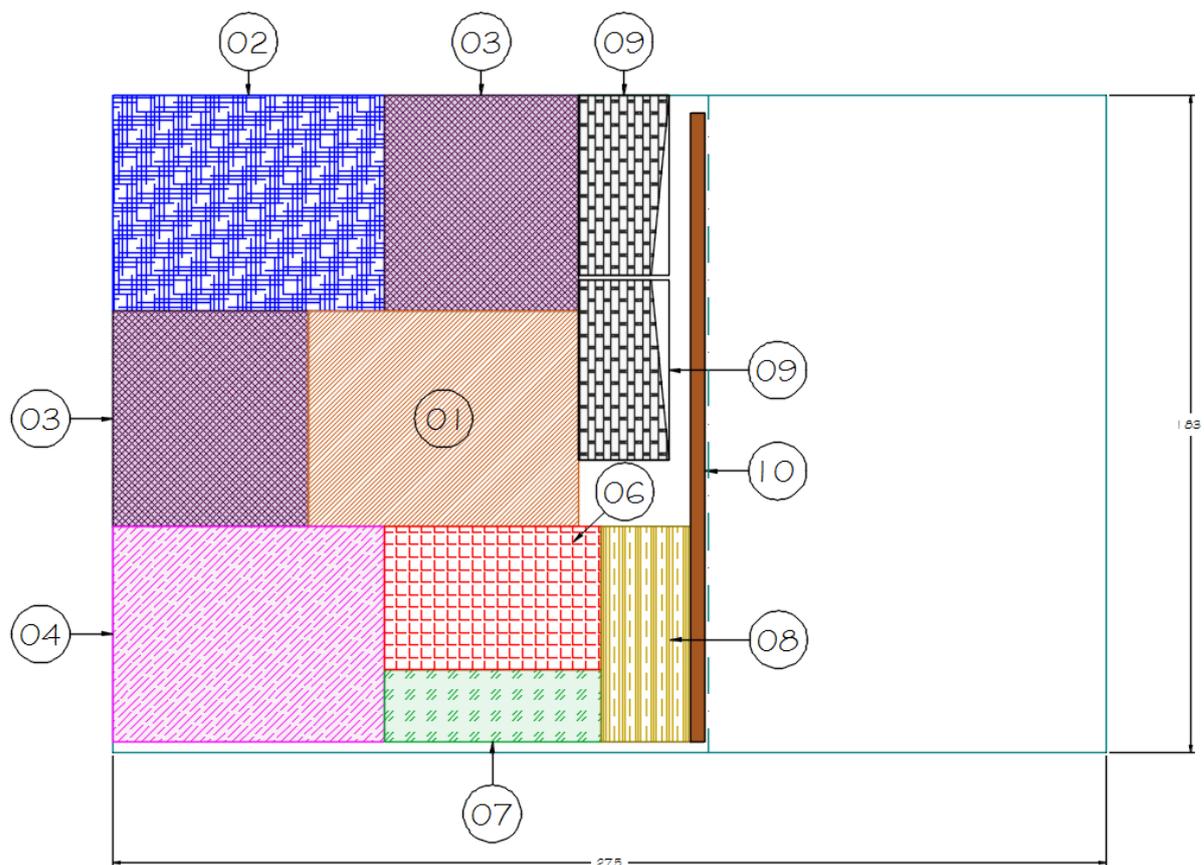
02	Cabo 1,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), VERDE (CONDUTOR DE PROTEÇÃO)
20	Parafusos de rosca fina, 6mm
01	Tubo de Cola universal, 100ml
01	Fita isolante, 250V.

Todo o material deve possuir selo de qualidade normativa, INMETRO.

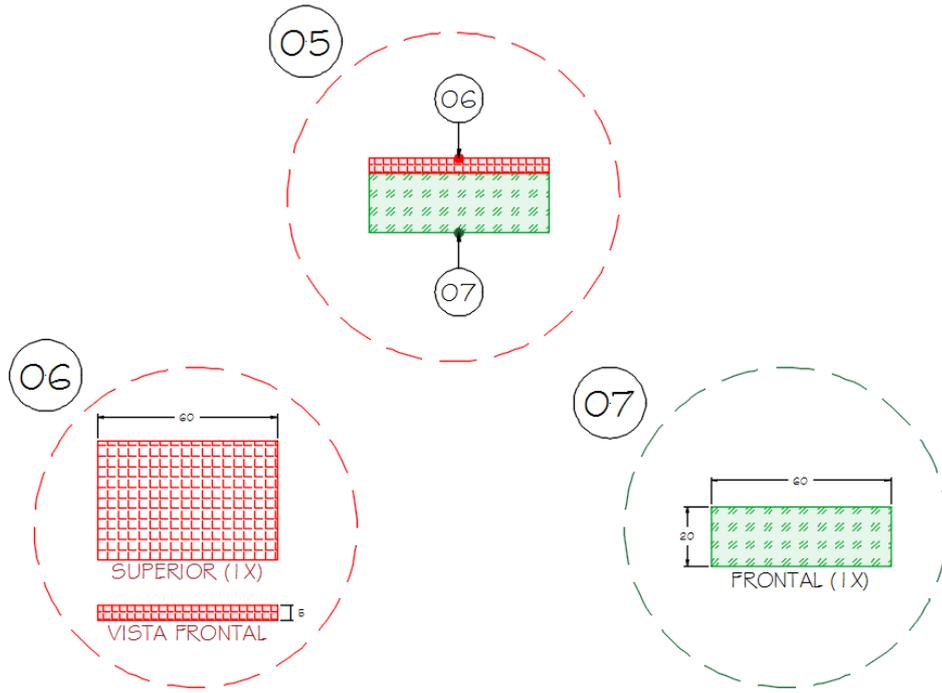
III – Plano de corte

A bancada é composta por duas partes, sendo uma caixa desmontável, e um módulo fixo, com soquetes, interruptores e tomada, conforme mostrado ao final deste manual de montagem.

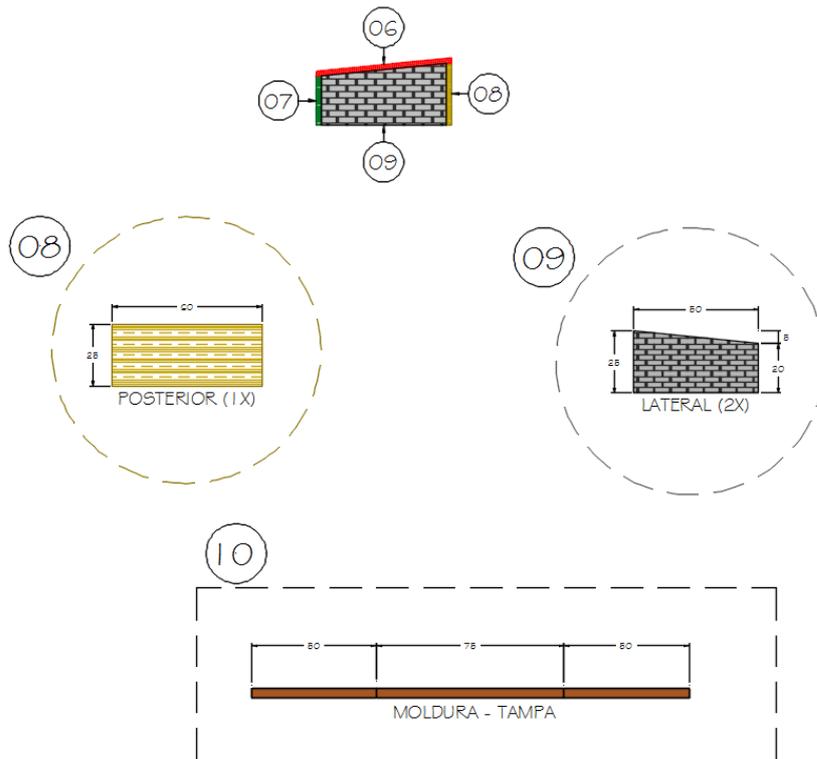
O plano de corte, que compõe este manual, define as medidas para corte de todas as peças para montagem da caixa externa desmontável, e do módulo fixo.



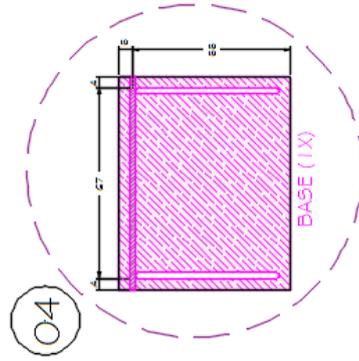
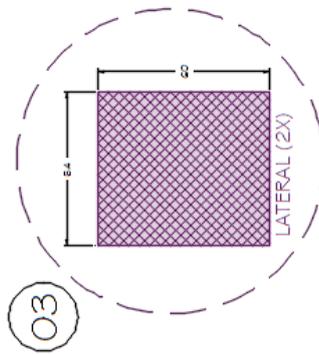
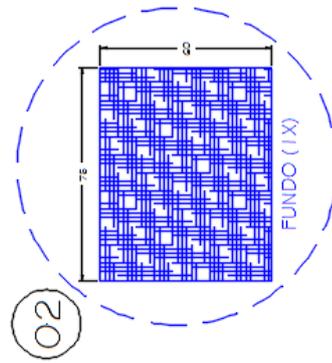
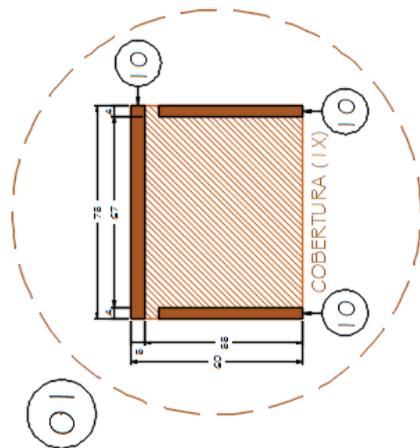
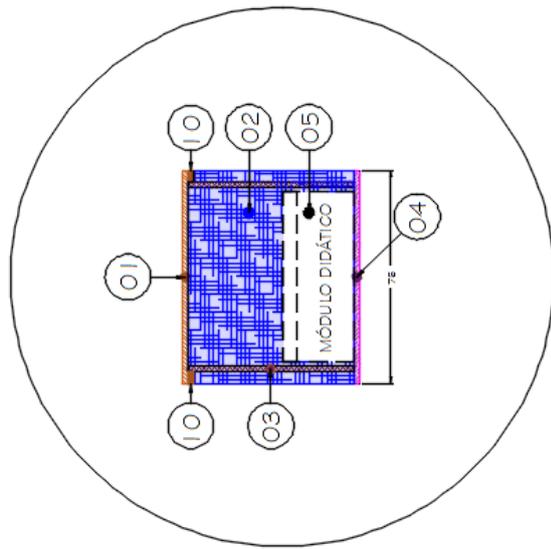
ESQUEMA DE CORTE E MONTAGEM DO MÓDULO DIDÁTICO
 MEDIDAS INDICADAS EM CENTÍMETROS.



VISTA LATERAL DO MÓDULO DIDÁTICO
 MEDIDAS INDICADAS EM CENTÍMETROS.

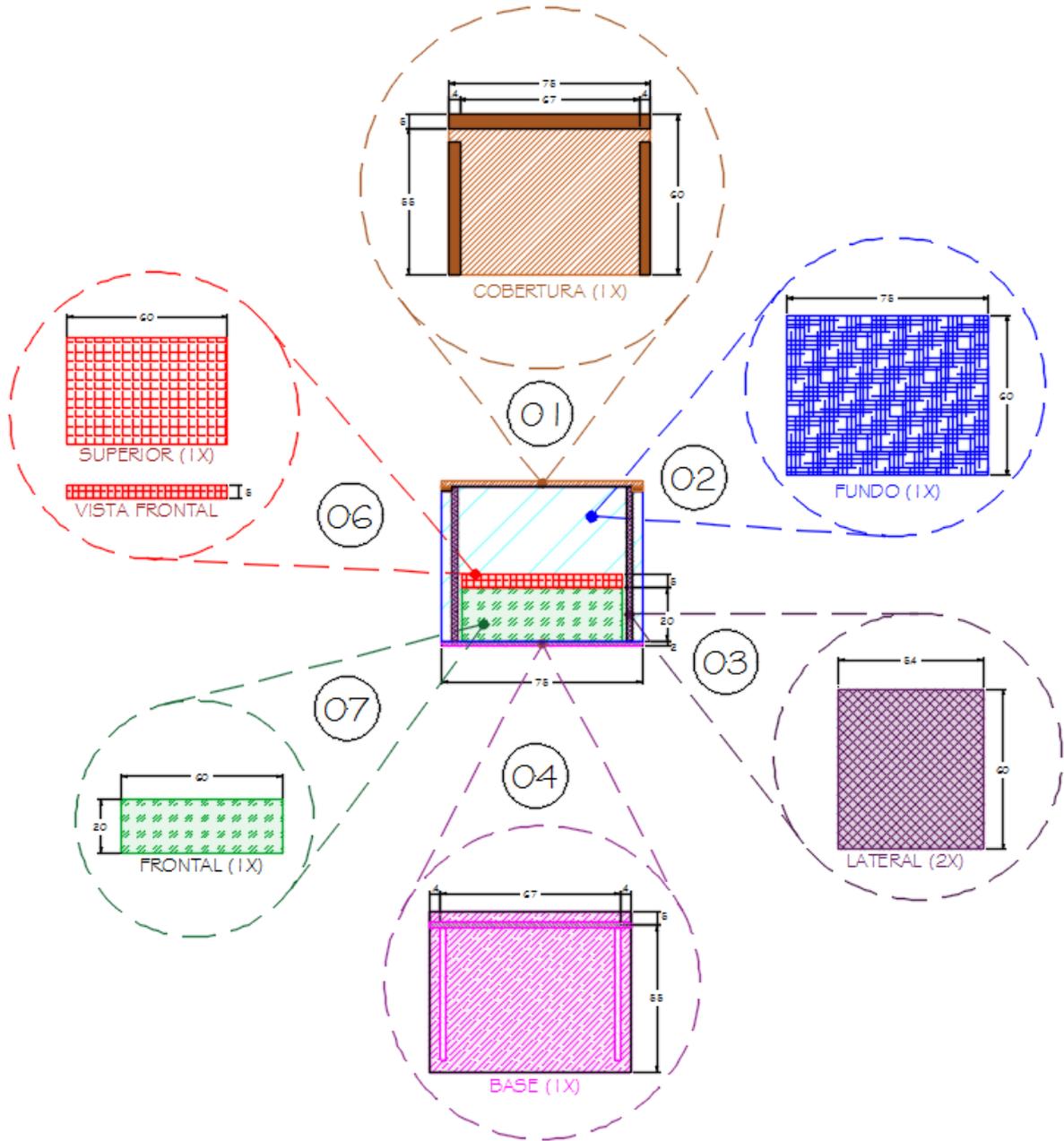


ESQUEMA DE CORTE E MONTAGEM DA CAIXA EXTERNA
 MEDIDAS INDICADAS EM CENTÍMETROS



IV – Plano de montagem

Após a finalização dos cortes, proceder à montagem da bancada, conforme ilustrações no esquema de montagem. A fixação será feita por parafusos. E finalizada com cola universal.

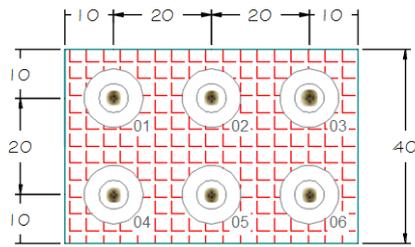


V – Instalações elétricas

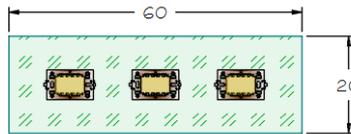
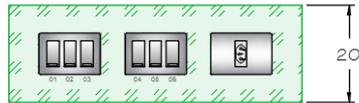
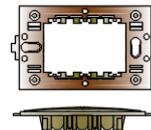
Após a montagem estrutural da bandada, proceder às instalações elétricas de acordo com diagrama multifilar apresentado.

Toda a montagem deve ser realizada com total desenergização, do sistema.

ESQUEMA INSTALAÇÃO SUPERIOR. BASES COM SOQUETES E27



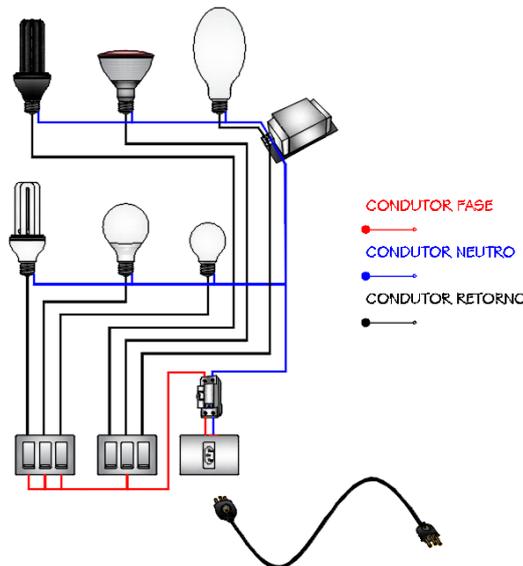
PLACA SUPORTE 4"x2" SEM ESCALA



ESQUEMA INSTALAÇÃO FRONTAL. INTERRUPTORES

ESQUEMA INSTALAÇÃO FRONTAL. SUPORTE PARA INTERRUPTORES

ESQUEMA DE LIGAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



APÊNDICE G – Roteiros Aulas Experimentais



SD. Uma introdução pelas metodologias ativas aos projetos luminotécnicos à luz da física

ENCONTRO 3. ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO 2 – AULA EXPERIMENTAL. OBSERVAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO DE CORES A PARTIR DE DIFERENTES FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ

NOME DO ALUNO



TÓPICOS E OBJETIVOS	<p>Observar e analisar a reprodução de cores a partir de diferentes fontes de iluminação artificial usadas em ambientes comerciais e residenciais.</p> <p>Analisar e compreender os princípios da reprodução de cores associados aos estudos em Espectrometria.</p>
MATERIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Bancada didática com soquete E27 para as lâmpadas • Alguns tipos de lâmpadas: Incandescentes, Fluorescentes Compactas Integradas e LED. • Papel cartão, gramatura 140g/m² em diferentes cores. Por exemplo azul e vermelho. • Câmera fotográfica/ Celular com Câmera (opcional)
PREPARAÇÃO	<p>Inicialmente o professor deve explicar aos alunos como serão feitas as medições. A partir destas explicações, o professor deverá chamar a atenção para o que deve ser notado ao longo das observações a seguir, como por exemplo, as variações das cores das superfícies iluminadas, em resposta às fontes de iluminação artificial. Neste experimento, utilizaremos lâmpadas fluorescentes compactas, LED e incandescentes de potência e fluxo luminoso equivalentes.</p> <p>Para tal, os alunos deverão se posicionar após a parte posterior da bancada, ficando de frente para as superfícies que serão iluminadas, e sem contato visual direto com as fontes de iluminação. Isso acontecerá para que o ofuscamento causado ao ligar as lâmpadas, não interfira na adaptação visual de cada aluno, alterando as percepções de cor do experimento.</p>

PROCEDIMENTOS

A cada vez, acenda apenas uma fonte de luz artificial da tabela abaixo e observe com o uso da rede de difração a luz emitida. Direcione a rede de difração para a fonte, não sendo necessário olhar diretamente, ou de uma distância muito pequena. Ajuste até encontrar uma posição de observação em que você visualize "cores". A esta sequência e composição de luzes em cores distintas chamamos espectro. É normal que você veja dois espectros – idênticos e invertidos – projetados em lados opostos da fenda.

É importante certificar-se de que as cores visualizadas são referentes à fonte observada. Isso, para os casos em que o experimento estiver sendo realizado com a presença de alguma outra luz (luz solar, iluminação artificial do ambiente, são algumas possibilidades), além da fonte que está em observação.

REGISTROS

A etapa de REGISTROS requer espírito científico, observação atenta. A cada observação, a tabela a seguir deve ser preenchida. Use lápis de cor para esboçar a imagem do espectro visto (não se preocupe se estiver torta).

Fontes de Luz Observadas	Espectro		Representação da Imagem observada	Cores que se destacam
	Contínuo	Discreto		
Lâmpada Incandescente				
Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada				
Lâmpada LED tipo bulbo				
Lâmpada Fluorescente Tubular				
Lâmpada de Vapor de Mercúrio				
Lâmpada de Vapor de Sódio a Alta Pressão (durante os primeiros 2 minutos após ligada)				
Lâmpada de Vapor de Sódio a Alta Pressão (durante os primeiros 6 minutos após ligada)				
Luminária de LED RGB com difusor COR 1				
Luminária de LED RGB com difusor COR 2				

ENCONTRO 3. ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO 2 – AULA EXPERIMENTAL. OBSERVAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO DE CORES A PARTIR DE DIFERENTES FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ

NOME DO ALUNO



TÓPICOS E OBJETIVOS

Observar e analisar a reprodução de cores a partir de diferentes fontes de iluminação artificial usadas em ambientes comerciais e residenciais.

Analisar e compreender os princípios da reprodução de cores associados aos estudos em Espectrometria.

MATERIAL

- Bancada didática com soquete E27 para as lâmpadas
- Alguns tipos de lâmpadas: Incandescentes, Fluorescentes Compactas Integradas e LED.
- Papel cartão, gramatura 140g/m² em diferentes cores. Por exemplo azul e vermelho.
- Câmera fotográfica/ Celular com Câmera (opcional)

PREPARAÇÃO

Inicialmente o professor deve explicar aos alunos como serão feitas as medições. A partir destas explicações, o professor deverá chamar a atenção para o que deve ser notado ao longo das observações a seguir, como por exemplo, as variações das cores das superfícies iluminadas, em resposta às fontes de iluminação artificial. Neste experimento, utilizaremos lâmpadas fluorescentes compactas, LED e incandescentes de potência e fluxo luminoso equivalentes.

Para tal, os alunos deverão se posicionar após a parte posterior da bancada, ficando de frente para as superfícies que serão iluminadas, e sem contato visual direto com as fontes de iluminação. Isso acontecerá para que o ofuscamento causado ao ligar as lâmpadas, não interfira na adaptação visual de cada aluno, alterando as percepções de cor do experimento.

PROCEDIMENTOS

A cada vez, acenda apenas uma fonte de luz artificial e observe a superfície de papel cartão iluminada. Neste experimento, utilizaremos lâmpadas fluorescentes compactas, LED e incandescentes de potência e fluxo luminoso equivalentes. Serão utilizadas duas cores de papel cartão, Azul e Vermelho. Desta forma, para cada uma das fontes, serão iluminados o papel Azul e o papel Vermelho. Apague a luz para a troca do papel, e aguarde cerca de 10 segundos para religar e observar a segunda cor, para que os olhos 'descansem'. Registre as percepções de cor observadas e responda às perguntas abaixo.

Troque a fonte para a próxima lâmpada. Para a próxima fonte, espere cerca de dois a três minutos para as novas observações.

É importante certificar-se de que as cores visualizadas são referentes à fonte observada. Isso, para os casos em que o experimento estiver sendo realizado com a presença de alguma outra luz (luz solar, iluminação artificial do ambiente, são algumas possibilidades), além da fonte que está em observação.

REGISTROS

A etapa de REGISTROS requer espírito científico, observação atenta. Após cada observação, as questões devem ser respondidas, de acordo com a lâmpada observada. Se precisar de mais tempo para as respostas, solicite ao professor antes de iniciar outra demonstração.



Lâmpada LED tipo bulbo

De acordo com a cor percebida da superfície iluminada, como você classificaria a reprodução de cores dessa fonte?

Excelente. 😊

Boa. 😊

Regular. 😐

Ruim. 😞



Lâmpada FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA (FCI)

De acordo com a cor percebida da superfície iluminada, como você classificaria a reprodução de cores dessa fonte?

Excelente. 😊

Boa. 😊

Regular. 😐

Ruim. 😞

Em comparação com a fonte anterior (LED tipo bulbo), como você classificaria a reprodução de cores desta fonte?

Melhor. 😊

Equivalente. 😐

Pior. 😞

**Lâmpada INCANDESCENTE**

De acordo com a cor percebida da superfície iluminada, como você classificaria a reprodução de cores dessa fonte?

Excelente. 😊

Boa. 😊

Regular. 😐

Ruim. 😞

Em comparação com a fonte anterior (FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA (FCI), como você classificaria a reprodução de cores desta fonte?

Melhor. 😊

Equivalente. 😊

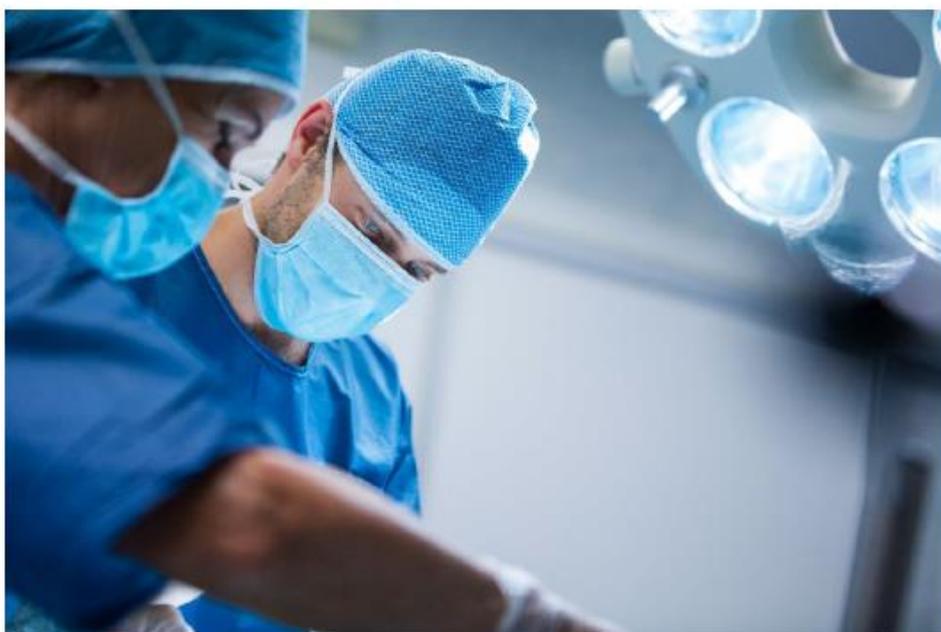
Pior. 😞

Com base nos estudos, seus conhecimentos e observações sobre o a composição da luz e a espectrometria, como você explicaria a diferença entre os índices de reprodução de cada fonte artificial utilizada?

Se você precisasse escolher um destes tipos de lâmpada para iluminar um expositor de frutas em uma área de hortifrúti de um supermercado, qual das três tecnologias de iluminação testadas é a mais adequada? Justifique sua escolha.

**APÊNDICE H – Propostas de problemas para aplicação da PBL aos Projetos
Luminotécnicos**

SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO HOSPITALAR



Março/2017

Diretrizes para a apresentação da proposta

Solicitamos por meio desta, junto à equipe de engenheiros deste escritório de serviços de Engenharia, uma proposta de iluminação para atendimento a um **Hospital Municipal**, na cidade de Jataí, localizada na região sudoeste do estado de Goiás. É necessário um **estudo das tecnologias de iluminação** a serem adotadas no dimensionamento dos projetos executivos, e consequente implantação. Os quantitativos serão posteriormente calculados com base na tecnologia adotada, após a aprovação da proposta apresentada. À sua equipe foi solicitado o **planejamento de uma proposta luminotécnica** considerando as **necessidades técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas** da iluminação objetivada de acordo com as especificações a seguir apresentadas.

SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO HOSPITALAR

DIRETRIZES PARA A APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

À sua equipe foi solicitado o planejamento de uma proposta luminotécnica considerando as necessidades **técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas da iluminação** objetivada, para cada um dos seguintes ambientes hospitalares:

1. Estacionamento
2. Recepção
3. Circulação
4. Consultórios Médicos
5. Capela
6. UTI e Sala de Recuperação Pós-Anestésica
7. Morgue
8. Almojarifado



SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO ESTABELECIMENTO EDUCATIVO DE ATENDIMENTO INFANTIL



Março/2017

Diretrizes para a apresentação da proposta

Solicitamos por meio desta, junto à equipe de engenheiros deste escritório de serviços de Engenharia, uma proposta de iluminação para atendimento a um **Estabelecimento Educativo de Atendimento Infantil – Creche João XXIII** – na cidade de Jataí, localizada na região sudoeste do estado de Goiás. É necessário um **estudo das tecnologias de iluminação** a serem adotadas no dimensionamento dos projetos executivos, e conseqüente implantação. Os quantitativos serão posteriormente calculados com base na tecnologia adotada, após a aprovação da proposta apresentada. À sua equipe foi solicitado o **planejamento de uma proposta luminotécnica** considerando as **necessidades técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas da iluminação** objetivada de acordo com as especificações a seguir apresentadas.

SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO ESTABELECIMENTO EDUCATIVO DE ATENDIMENTO INFANTIL

DIRETRIZES PARA A APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

À sua equipe foi solicitado o planejamento de uma proposta luminotécnica considerando as necessidades **técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas da iluminação** objetivada, para cada um dos seguintes ambientes:

1. Estacionamento
2. Recepção
3. Circulação
4. Salas de Aulas
5. Playground
6. Berçário
7. Coordenação Pedagógica
8. Cozinha



APÊNDICE I – Ficha referencial para o desenvolvimento de uma solução para um problema na PBL

Ficha Referencial para o		INSTITUTO FEDERAL Goiás Câmpus Jataí	
DESENVOLVIMENTO de SOLUÇÃO para um PROBLEMA Adaptado de RIBEIRO (2005) e SOUZA (2011)			
Definição do PROBLEMA			
Com relação ao PROBLEMA		Com relação ao GRUPO	
IDEIAS/ HIPÓTESES	FATOS	QUESTÕES (OBJETIVOS) DE APRENDIZAGEM	PLANO DE AÇÃO (PESQUISA)
<p>Este espaço é destinado às ideias propostas pelos integrantes do grupo para resolver o problema. Não deve haver censura às ideias que surgirem. Devem ser anotados o maior número de ideias possíveis.</p>	<p>Procure, no problema, evidências para suas ideias/ hipóteses (atividade com debate no grupo).</p>	<p>Registre conceitos relevantes para apresentar uma solução para o problema. Neste espaço, devem ser registrados todos os conceitos que o aluno do grupo tutorial irá pesquisar na fase de estudo autônomo (individual).</p>	<p>Registre neste espaço o planejamento de como o grupo irá buscar os conceitos que faltam para a solução, ou seja, como irá responder às Questões de Aprendizagem. (Como, Quem, Quando, Onde?)</p>
Coordenador	Relator	Porta-Voz	Membros

APÊNDICE J – Ficha referencial para Autoavaliação na PBL

Ficha Referencial para a					 INSTITUTO FEDERAL Goiás Câmpus Jataí								
AUTOAVALIAÇÃO DO ALUNO Adaptado de RIBEIRO (2005)													
Nome do Aluno <input type="text"/>					Data <input type="text"/>								
Selecione uma Nota					JUSTIFICATIVA								
ATIVIDADE(S)	E	B	R	I									
Contribuí com as ideias, fatos, debates, pesquisas.													
Utilizei vários recursos durante a minha INVESTIGAÇÃO/PEQUISA.													
Ajudei a refletir sobre o problema.													
Contribuí com informações novas.													
Ajudei meu grupo a elaborar o trabalho.													
Adquiri conhecimentos novos por meio do processo de solução do problema.													
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="background-color: #d4af37;">E</td> <td style="background-color: #f1c40f;">B</td> <td style="background-color: #f1c40f;">R</td> <td style="background-color: #f1c40f;">I</td> </tr> <tr> <td>EXCELENTE (8,0 A 10,0)</td> <td>BOM (6,0 A 7,9)</td> <td>REGULAR (4,0 A 4,9)</td> <td>INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)</td> </tr> </table>					E	B	R	I	EXCELENTE (8,0 A 10,0)	BOM (6,0 A 7,9)	REGULAR (4,0 A 4,9)	INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)	
E	B	R	I										
EXCELENTE (8,0 A 10,0)	BOM (6,0 A 7,9)	REGULAR (4,0 A 4,9)	INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)										
Alguns comentários que gostaria de deixar registrados a respeito da experiência.													

APÊNDICE K – Ficha referencial para Avaliação do Grupo na PBL

Ficha Referencial para a
AVALIAÇÃO DO GRUPO. Adaptado de RIBEIRO (2005) e SOUZA (2011)



Nome do Aluno	Data			
Utilize a escala e as considerações a seguir para avaliar os outros membros do grupo				
ATIVIDADES	NOME DOS INTEGRANTES DO GRUPO			JUSTIFICATIVA
Esteve presente nos encontros, veio preparado para a discussão e contribuiu para os debates em grupo?				
Fez perguntas relevantes e respondeu às perguntas dos integrantes?				
Dispôs-se a realizar tarefas fora da sala de aula e a trazer material relevante para a discussão em grupo?				
Foi um bom ouvinte e respeitou a opinião dos outros?				
Contribuiu para a organização geral do grupo e para a construção do consenso?				
E EXCELENTE (8,0 A 10,0)	B BOM (6,0 A 7,9)	R REGULAR (4,0 A 4,9)	I INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)	

Alguns comentários a respeito do funcionamento e desempenho do Grupo.
 Use este espaço para apresentar quaisquer dificuldades encontradas pelo grupo e estratégias de superação implementadas ou passíveis de serem implementadas em grupos futuros.

□

APÊNDICE L – Ficha referencial para Avaliação da Metodologia na PBL

Ficha Referencial para a
AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PBL
 Adaptado de RIBEIRO (2005)

	E	B	R	I
Proporcionou Motivação?				
Foi relevante para o aprendizado?				
Proporcionou integração de conhecimentos?				
Foi fácil obter material de pesquisa?				
O tempo foi suficiente para as atividades?				
Como você avalia a apresentação dos produtos (projetos) desenvolvidos?				
Como você avalia o alcance dos objetivos educacionais, pela PBL?				
Cite aqui outro item que gostaria de considerar.				

E EXCELENTE (8,0 A 10,0)	B BOM (6,0 A 7,9)	R REGULAR (4,0 A 4,9)	I INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)
------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

Alguns comentários a respeito da Metodologia.

Use este espaço para apresentar comentários de dificuldades ou pontos positivos que queira ressaltar, e que possam ser passíveis de serem implementadas na resolução de problemas futuros (PBL).

APÊNDICE M – Ficha referencial para Avaliação da Metodologia IpC, EsM e PBL

AVALIAÇÃO DAS METODOLOGIAS ATIVAS UTILIZADAS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1. Em seu curso de graduação em Engenharia, você já tinha ouvido falar das metodologias ativas, fora desta disciplina?
 - a. Sim.
 - b. Não.

2. Esta experiência foi seu primeiro uso na Engenharia de uma metodologia ativa?
 - a. Sim, foi a primeira experiência na graduação.
 - b. Não foi a primeira, já tinha utilizado na(s) disciplina(s) de:
_____.

3. Qual das metodologias ativas utilizadas foi sua favorita?
 - a. **Just in Time Teaching (Ensino sob Medida)**, em que o aluno estuda parte do conteúdo antes da aula, associada ao **Peer Instruction (Instrução pelos Colegas)** em que os alunos debatem em sala com os colegas os pontos de dúvida, e se necessário, o professor esclarece os assuntos de difícil assimilação.
 - b. **Problem Based Learning (Aprendizagem Baseada em Problemas)**, em que os alunos estudam para a resolver um problema da vida real, e constroem uma solução com base nos estudos individuais e do grupo.

4. Você se sentiu à vontade nos momentos de interação em dupla e em grupo?
 - a. Sim, o tempo todo.
 - b. Na maioria das vezes.
 - c. Algumas vezes.
 - d. Não.

5. Qual das atividades contribuiu de modo mais efetivo para a sua aprendizagem sobre o conteúdo?
 - a. Estudo prévio e individual dos textos e materiais didáticos.
 - b. As atividades de experimentação para o estudo espectroscopia.
 - c. A exposição teórica feita pela professora.
 - d. O debate com os colegas.
 - e. O estudo individual e posterior debate em grupo para a resolução dos problemas.
 - f. A associação das metodologias ativas de aprendizagem com a aula expositiva.

6. Como você classifica o uso das metodologias ativas para o aprendizado dos conteúdos de projetos Luminotécnicos?
 - a. Muito bom.
 - b. Bom.
 - c. Regular.
 - d. Ruim.

7. Apesar de ter achado interessante o uso das metodologias ativas, prefiro manter as aulas do modo tradicional para o aprendizado de conteúdos como os de Luminotécnica.
 - a. Concordo plenamente.
 - b. Concordo.
 - c. Não sei responder.
 - d. Discordo.
 - e. Discordo totalmente.

8. Você gostaria que as metodologias ativas fossem aplicadas em outras disciplinas do curso de graduação em Engenharia?
 - a. Sim, a todas.
 - b. Sim, mas apenas às que envolvam projetos.

c. Sim, gostaria que fossem implementadas na(s) disciplina(s) de:

d. Não gostaria.

9. Você acredita que os processos que compõem as metodologias ativas podem ajudar a desenvolver **habilidades e competências** úteis à atuação profissional nas atividades de Engenharia? Justifique sua resposta.

10. Você acredita que os processos que compõem as metodologias ativas podem ajudar a desenvolver um maior número de **habilidades e competências** à atuação profissional nas atividades de Engenharia, **quando comparadas com as metodologias de ensino tradicionais**? Justifique sua resposta.

11. Você acredita que os processos que compõem as metodologias ativas podem ajudar a contribuir melhor com a aprendizagem conceitual dos conteúdos, em relação às metodologias de ensino tradicionais? Justifique sua resposta.

12. Em relação à avaliação da metodologia de **Aprendizagem Baseada em Problemas**, segundo **Rodrigues e Araújo (2006)**, ordene as características por nível de importância, numa escala de 1 a 7, sendo 1, mais importante e 7, menos importante.

- [] A metodologia é dinâmica;
- [] A metodologia possibilita desenvolver competências de solução de problemas;
- [] A metodologia estimula a busca do conhecimento por meio da pesquisa;
- [] A pesquisa proporciona a autoaprendizagem;
- [] A metodologia proporciona a oportunidade de trabalhar em grupo;
- [] A metodologia origina problemas de relacionamento no grupo;
- [] A metodologia instiga o desempenho de papéis dentro do grupo.

13. Aponte os pontos negativos, que na sua opinião, existem na metodologia aplicada.

14. Considerando os critérios listados abaixo, avalie a metodologia de **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)**.

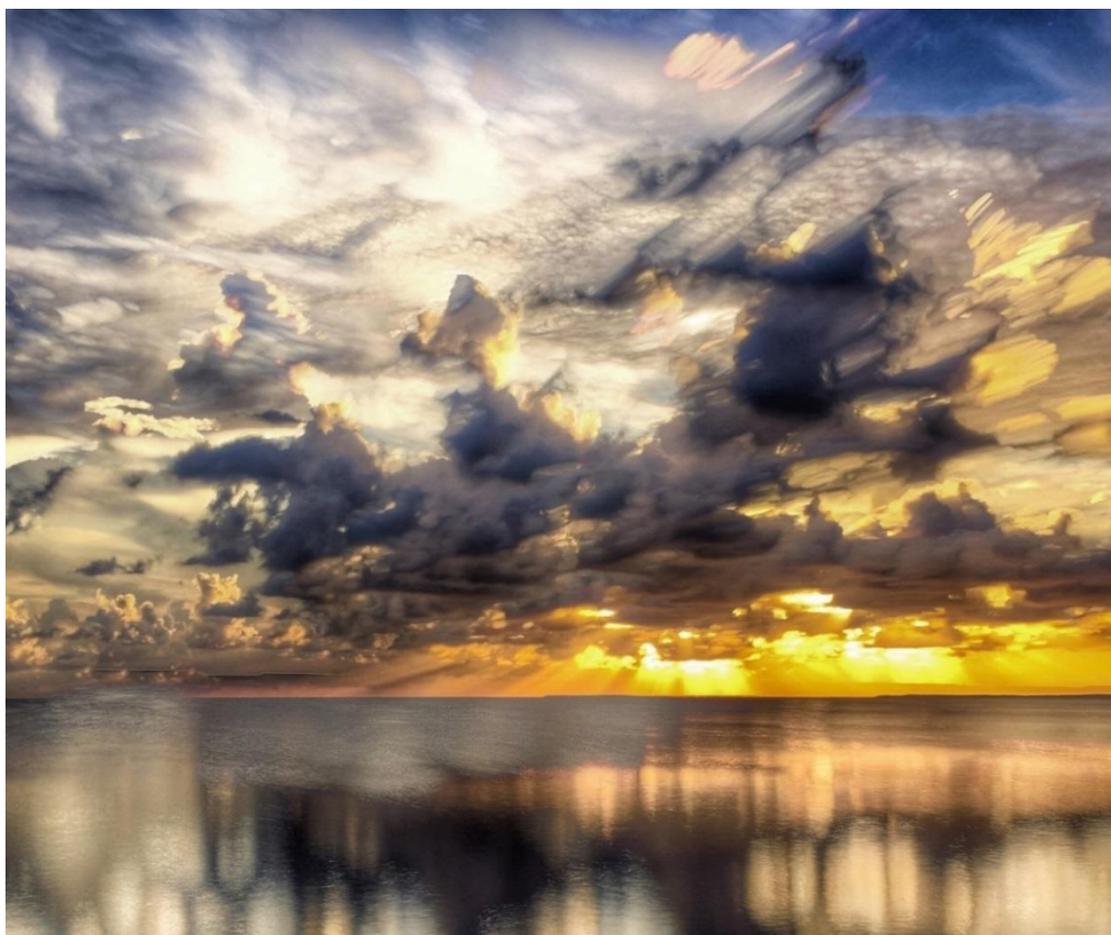
	E	B	R	I
Proporcionou Motivação?				
Foi relevante para o aprendizado?				
Proporcionou integração de conhecimentos?				
Foi fácil obter material de pesquisa?				
O tempo foi suficiente para as atividades?				
Como você avalia a apresentação dos produtos (projetos) desenvolvidos?				
Como você avalia o alcance dos objetivos educacionais, pela ABP?				
Cite aqui outro item que gostaria de considerar.				

EXCELENTE (8,0 A 10,0)	BOM (6,0 A 7,9)	REGULAR (4,0 A 4,9)	INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)
---------------------------	--------------------	------------------------	-----------------------------

APÊNDICE N – Fichas para votação na IpC

A	B	C	D
A	B	C	D
A	B	C	D
A	B	C	D
A	B	C	D

APÊNDICE O – Sequência Didática para a Aprendizagem Significativa de Luminotécnica para os cursos de Engenharia: uma proposta com as Metodologias Ativas de EsM, IpC E PBL



UMA INTRODUÇÃO AOS PROJETOS LUMINOTÉCNICOS PELAS METODOLOGIAS ATIVAS, À LUZ DA FÍSICA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE LUMINOTÉCNICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA COM AS METODOLOGIAS ATIVAS DE EsM, IpC E PBL

Esta sequência de atividades é parte do desenvolvimento de uma pesquisa de mestrado em Educação para Ciências e Matemática do Programa de Pós-Graduação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí. GO

SUMÁRIO

I – APRESENTAÇÃO DA SD	244
II – APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS	244
III – DURAÇÃO	244
IV - CRONOGRAMA.....	245
V - OBJETIVOS	245
VI - ABORDAGENS METODOLÓGICAS PROPOSTAS	245
VI - SUMÁRIO DAS AULAS E DAS ATIVIDADES	248
ENCONTRO 1. AULAS 1 E 2 – Apresentação da SD, Sondagem inicial e Aula Expositiva	248
PREPARAÇÃO PARA O ENCONTRO 2	255
TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O ENCONTRO 2.....	256
ENCONTRO 2. AULAS 3, 4 e 5 – Aplicação do IpC e EsM	259
TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O ENCONTRO 3.....	267
ENCONTRO 3. AULAS 7, 8 e 9 – EsM e Aulas Experimentais	274
PREPARAÇÃO PARA O ENCONTRO 4	280
TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O ENCONTRO 4.....	281
ENCONTRO 4. AULAS 9, 10 e 11 – Aplicação EsM e IpC	290
ENCONTRO 5. AULAS 12 e 13 – Problemas de Luminotécnica, 1ª sessão tutorial do PBL	295
ENCONTRO 6. AULAS 14, 15 e 16 – Apresentação das Propostas e Avaliação – 2ª sessão tutorial do PBL.....	302
ALGUNS SITES ÚTEIS.....	306
REFERÊNCIAS	307

VII – ANEXOS..... 308

UMA INTRODUÇÃO AOS PROJETOS LUMINOTÉCNICOS PELAS METODOLOGIAS ATIVAS, À LUZ DA FÍSICA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE LUMINOTÉCNICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA COM AS METODOLOGIAS ATIVAS DE EsM, IpC E PBL

Acadêmica. Patrícia Gomes de Souza Freitas

I – APRESENTAÇÃO DA SD

Esta Sequência Didática (SD) foi elaborada intencionando a aprendizagem conceitual de conteúdos relativos aos princípios necessários à compreensão de projetos luminotécnicos com a introdução de tópicos de Física, por meio da proposta de algumas Metodologias Ativas (MA).

II – APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS

Panorama histórico e conceitos físicos a serem explorados:

- A origem da Ciência Contemporânea;
- A Transição da Física Clássica para a Física Moderna;
- A natureza e a composição da luz;
- Espectrometria;
- A Radiação do Corpo Negro.

Conceitos luminotécnicos a serem melhor compreendidos:

- A natureza e a composição da Luz;
- Luz, cores e visão;
- Índice de Reprodução de Cores;
- Temperatura de Cor Correlata;
- Propriedades psicofisiológicas da Luz;
- Elaboração de uma proposta luminotécnica

III – DURAÇÃO

A SD está prevista para ser realizada em 6 Encontros. Estes com duração de duas e três aulas (45 minutos).

**CERTEZA,
DUVIDE. NA
DÚVIDA,
ACREDITE!**

Por Cariovaldo Almeida da Silva. (Cacá)

A ciência verdadeira, inconteste
... soberana?

Diria, Rodrigo França:

Não, não, não ...

Não é assim que funciona.

O que Thomas, acredita

Tem David que questiona.

Normal, revolucionária

Pautada num paradigma

Tá no cerne da ciência

Contemporânea ou antiga

Paul, duvida da ciência

Dos modelos acabados

Pois certas violações

Manipulam resultados

Para Karl as teorias

São de fato limitadas

Pode não ser verdadeira

Ou até falsificada

... colegas!

O que eu dava por certo

Já não acredito mais

Existe muita ganância

Na ciência que se faz

Se a natureza é de Deus

A Ciência é do satanás.

IV - CRONOGRAMA

Uma proposta de cronograma, das metodologias e recursos a serem utilizados, é apresentada a seguir.

SD . TURMA ENGENHARIA CIVIL					
	Descrição dos conteúdos e/ ou atividades	Abordagens Metodológicas	Duração (min)	Aulas*	Data
E1	Apresentação da SD, Sondagem inicial. Breve Histórico do Desenvolvimento Científico – a origem da Ciência Contemporânea e a Transição da Física Clássica para a Física Moderna.	Aula Expositiva	90	1 e 2	31/jan
E2	A natureza e a composição da luz. Luz, Cores e Visão.	IpC e EsM	135	3, 4 e 5	07/fev
E3	Espectrometria (Experimentação). Luz, Cores e Visão. Índice de Reprodução de Cores.	EsM e Experimentações 1 e 2	135	6, 7 e 8	14/fev
E4	Radiação do Corpo Negro. Quantização de energia e dualidade da natureza da luz: onda ou partícula?. Temperatura de Cor Correlata.	IpC e EsM	135	9, 10 e 11	21/fev
E5	Características Psicofisiológicas da Luz. Estudo de variáveis Luminotécnicas. O que envolve o ato de projetar iluminação? Projetos Luminotécnicos.	PBL. Seção tutorial 01	90	12 e 13	07/mar
E6	Apresentação das Propostas de Iluminação. Finalização do PBL.	PBL. Seção tutorial 02	135	14, 15 e 16	14/mar

* A organização em unidades de 45 minutos busca viabilizar a transposição da SD para outras formas de organização de tempo de aula.

V - OBJETIVOS

Os objetivos foram delineados de acordo com o percurso metodológico da SD, a seguir sintetizados:

- Utilizar de uma SD em que os princípios físicos fundamentais da luz possam ser compreendidos e utilizados para a apreensão dos conceitos utilizados no estudo de iluminação;
- Impulsionar e promover a participação ativa dos estudantes no processo de construção do conhecimento científico e a aprendizagem conceitual da física aplicada aos projetos luminotécnicos.

VI - ABORDAGENS METODOLÓGICAS PROPOSTAS

Com base nos objetivos apresentados, foram escolhidas e propostas como abordagens pedagógicas algumas metodologias. Tais propostas – denominadas Metodologias Ativas (MA) - pressupõem que o processo de aprendizagem deve ser centrado no aluno, e este deve ser ativo na construção de seu conhecimento. Entre as MA existentes, utilizaremos as citadas, e brevemente apresentadas, a seguir:

- Ensino sob Medida (EsM) ou Just-in-Time Teaching (VIEIRA (2014));
- Instrução pelos Colegas (IpC) ou Peer Instruction (MAZUR (2015); VIEIRA (2014));

- Aprendizagem Baseada em Problemas ou Problem Based Learning (PBL) (RIBEIRO, 2005).

A metodologia de Ensino sob Medida intenciona promover a responsabilidade dos estudantes sobre seu aprendizado, e ainda revelar as dificuldades prévias destes. Proposta por Gregor Novak e parceiros de pesquisa na década de 1990, esta metodologia proporciona um conhecimento antecipado ao professor das deficiências conceituais dos alunos, e com base nessas, é possível desenvolver um ensino personalizado para aqueles alunos (VIEIRA, 2014). Segundo Vieira (2014, p. 23),

O Ensino sob Medida pode ser dividido em dois momentos principais: atividades pré-aula, que consistem na resolução de problemas preparatórios para as aulas; e aulas expositivas interativas. Durante as aulas os alunos são divididos em grupos e resolvem problemas de maneira colaborativa.

O Método de Instrução por Colegas proposto pelo professor Eric Mazur em aulas na Universidade de Harvard nos Estados Unidos, objetiva, prioritariamente, promover o engajamento dos estudantes com o processo de aprendizagem e que esses possam compreender os conceitos estudados de modo mais significativo (MAZUR, 2015). De modo sintetizado, mas com clareza, Vieira (2014, p. 15) apresenta o método:

Em linhas gerais, o Método Peer Instruction pode ser caracterizado por dois momentos: o estudo prévio dos conceitos principais referentes a uma determinada unidade didática e pela divisão da aula em sequências de exposições dialogadas, feitas pelo professor, e a apresentação de questões conceituais aos alunos, utilizadas para suscitar discussões entre eles. Nos períodos anterior e posterior às discussões, os alunos apresentam suas respostas, quer com o uso de cartões coloridos e/ou numerados quer com o uso de dispositivos eletrônicos, fornecendo assim, ao professor, um feedback sobre a compreensão que eles têm sobre os tópicos em discussão.

A teoria da Aprendizagem Baseada em Problemas foi proposta em McMaster no Canadá na década de 1960 (RIBEIRO, 2005) e se caracteriza pelo uso de situações-problema da vida cotidiana ao estimular a criticidade e habilidades de solução de problemas e a aprendizagem de conceitos fundamentais. A PBL pode ser resumida como a apresentação de situações-problema hipotéticas, na qual grupos de alunos devem buscar uma solução a partir de procedimentos especificados pela metodologia da técnica. Tais problemáticas, ainda que em forma de hipóteses, devem ser as mais próximas possíveis dos problemas encontrados nos cotidianos profissionais. Segundo Ribeiro (2005, p.10) a Aprendizagem Baseada em Problemas se define como:

Uma metodologia de ensino-aprendizagem colaborativa, construtivista e contextualizada, na qual situações-problema são utilizadas para iniciar, direcionar e motivar a aprendizagem de conceitos, teorias e o desenvolvimento de habilidades e atitudes no contexto de sala de aula, isto é, sem a necessidade de conceber disciplinas especificamente para esse fim.

VI - SUMÁRIO DAS AULAS E DAS ATIVIDADES

ENCONTRO 1. AULAS 1 E 2 – Apresentação da SD, Sondagem inicial e Aula Expositiva

Conteúdo. Breve Histórico do Desenvolvimento Científico a partir do modelo atômico – a origem da Ciência Contemporânea e a Transição da Física Clássica para a Física Moderna.

Local. Sala de aula

Recursos didáticos necessários. Datashow, computador.

Inicialmente o professor fará uma breve apresentação dos assuntos que serão estudados e sua adequação aos conteúdos programáticos em curso, bem como uma visão geral da SD e das MA a serem utilizadas.

Com a intenção de motivar a participação e estimular a curiosidade dos alunos ao conhecimento dos estudos de iluminação, será apresentado com o uso de projeção em slides um texto do capítulo introdutório do livro *Projetos de Iluminação* (TREGENZA E LOE, 2015) – intitulado *A Observação da Luz* – mostrado no final deste encontro, e imagens que ilustrem essa introdução. Estão previstos 30 minutos para essa exposição. A apresentação¹ no Prezi do Encontro 1 (E1) está disponível no endereço eletrônico² <<https://goo.gl/l3BB1l>>.

Logo após o professor realiza a apresentação da proposta da SD para apreciação dos estudantes. Inicialmente, será feita uma abertura para comentários e sugestões de possíveis alterações das atividades a serem desenvolvidas pelos alunos. Se uma quantidade significativa de alunos julgar pertinente a(s) sugestão(ões), o professor deverá avaliar a possibilidade de efetivá-las na SD. Caso aconteça(m), tal(is) alteração(ões) será(ão) implementada(s) e apresentada(s) pelo professor, no início do Encontro 2 (E2).

A sondagem começará com o professor pedindo aos alunos que relatem informalmente o que conhecem a respeito do tema que iniciaremos os estudos. Após alguns poucos minutos de exposição desses conhecimentos pelos alunos, estes deverão responder às questões (objetivas e discursivas) apresentadas para a sondagem dos

¹ Em todos os encontros, fizemos o *download* dos arquivos das apresentações antes das aulas, uma vez que os arquivos gerados ficam grandes em função das imagens e recursos visuais, e demandam.

² Para os endereços de *internet* que listaremos nesta seção, utilizamos para simplificação dos textos, o encurtador de endereços (*url*) *Google URL Shortner*. A ferramenta é de uso gratuito, disponível em <<https://goo.gl/>>.

conhecimentos prévios a respeito dos princípios ondulatórios da luz, que são básicos à compreensão das grandezas de iluminação. O questionário intenciona mostrar ao professor qual o entendimento dos alunos sobre o tema que será estudado a partir da aula seguinte.

Os dados coletados no questionário poderão ainda, ser utilizados como um instrumento complementar de avaliação, sobre o conteúdo apreendido ao final da SD proposta. Estima-se que sejam utilizados cerca de 50 minutos para esta etapa. As questões foram elaboradas com base no questionário de verificação de entendimento conceitual (McKAGAN et al, 2010).

Para aplicação das MA propostas, será necessário o uso de uma plataforma de comunicação remota e armazenamento de dados em nuvem – envio e recebimento das atividades – sugere-se o Dropbox© ou o Google Drive©. Para tal, os alunos deverão preencher uma lista contendo seus nomes e emails, e respondendo ainda se utilizam smartphones e se possuem acesso à internet, fora do ambiente escolar. Estes emails serão utilizados para envio dos convites virtuais de cadastros destas plataformas de comunicação e armazenamento, pelo professor. Utilizando a configuração escolhida o professor irá compartilhar com todos os alunos da turma uma pasta de arquivos digitais contendo os textos e as atividades da disciplina. A organização ou elaboração do material será de responsabilidade do professor, com base na bibliografia da disciplina de Instalações Elétricas e desta SD.

Cada aluno, após confirmar o convite e cadastro, deverá criar uma pasta individual e a compartilhar com o professor para que este possa acompanhar o desenvolvimento do trabalho individual dos alunos e para possibilitar um feedback das aulas presenciais, interagir e registrar suas contribuições e participações. Caso as respostas identifiquem outra plataforma de compartilhamento mais comum entre os alunos, deve-se adotar a plataforma por eles utilizada.

BREVE APRESENTAÇÃO DAS METODOLOGIAS ATIVAS – IpC e EsM

O professor irá explicar – em linhas gerais – as metodologias IpC e EsM que serão utilizadas nas aulas seguintes. Ao final desta seção, é apresentado um organograma estruturado por (ARAÚJO; MAZUR, 2013) que será apresentado aos alunos, ilustrando os passos de uso dessa metodologia.

A metodologia prevê a aplicação de Testes Conceituais (TC) acerca do conteúdo estudado. Como artefato de coleta de dados de resposta aos TC - necessário à execução da metodologia - será utilizado um aplicativo para smartphones (ou plataforma digital de acesso à internet) gratuito e disponível para instalação em qualquer dos dois

sistemas operacionais para telefonia celular mais usados no Brasil – plataformas de sistemas operacionais Android© e IOS©. Recomenda-se o uso do Plickers©.

O uso de cartões resposta disponibilizado pelo Plickers©, se mostra uma alternativa viável sob o ponto de vista de implantação e funcionalidade. Nessa plataforma, apenas o professor necessita de instalação do aplicativo, que lê, identifica e constrói relatórios em tempo real, para que se acompanhe as respostas dos alunos. Os cartões de resposta são impressos a partir do site do aplicativo. Possui algumas opções de personalização em relação ao perfil da turma. No site, o professor cadastra as turmas, incluindo seus alunos e atribuindo a cada um deles um código para os cartões resposta serem relacionados. As questões são previamente cadastradas pelo professor, e após, são escolhidas as que irão compor o teste. É possível usar imagens nas questões, e escolher entre questões de múltipla escolha ou alternativas verdadeiras ou falsas. Evite usar imagens de grande formato ou textos longos, pois durante ambos, reduzem o tamanho da fonte na exposição dos TC.

Como alternativa o Socrative© pode ser utilizado diretamente nos computadores através de acesso direto ao site, caso alguém não possua smartphone ou, que mesmo possuindo, não faça questão de instalar. O Socrative© é um software gratuito em que o professor cadastra as questões, e os alunos têm acesso via internet à uma sala de aula virtual, para que respondam aos testes. O professor então, tem acesso pela tela do computador ou celular, em tempo real, às estatísticas de respostas dos alunos, para que possa proceder a aplicação da metodologia.

Outras alternativas são o Google Forms e os questionários no Facebook, e por fim, fichas impressas com alternativas e a exposição dos TC por projeção.

As atividades utilizadas para a preparação prévia dos alunos às aulas seguintes – denominadas Tarefas de Leitura (TL) serão disponibilizadas na pasta compartilhada com uma semana de antecedência. Será ainda reforçado aos alunos a importância de se preparar através das leituras prévias, para as atividades propostas.

O restante deste encontro será usado para que cada aluno, acesse a internet em computadores individuais do laboratório de informática e tenham acesso aos compartilhamentos e para a confirmação dos convites enviados, caso ainda não o tenham feito.

LEVANTAMENTO DE DADOS PARA AS COMUNICAÇÕES REMOTAS

NOME _____

EMAIL _____

Já é cadastrado em uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox© Google Drive© Google Docs© Outra. _____

Você já é usuário de uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox© Google Drive© Google Docs© Outra. _____

Você utiliza smartphone? Sim. Não.

Você possui acesso à internet via smartphone fora do ambiente escolar?

Sim. Não.

NOME _____

EMAIL _____

Já é cadastrado em uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox© Google Drive© Google Docs© Outra. _____

Você já é usuário de uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox© Google Drive© Google Docs© Outra. _____

Você utiliza smartphone? Sim. Não.

Você possui acesso à internet via smartphone fora do ambiente escolar?

Sim. Não

NOME _____

EMAIL _____

Já é cadastrado em uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox© Google Drive© Google Docs© Outra. _____

Você já é usuário de uma plataforma de compartilhamento/ edição de arquivos? Se sim, qual plataforma?

Dropbox© Google Drive© Google Docs© Outra. _____

Você utiliza smartphone? Sim. Não.

Você possui acesso à internet via smartphone fora do ambiente escolar?

Sim. Não

[IMPRIMIR CÓPIAS DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE ALUNOS DA TURMA]

A OBSERVAÇÃO DA LUZ - TEXTO DO LIVRO PROJETOS DE ILUMINAÇÃO (TREGENZA E LOE, 2015)

Os compositores sabem muito bem quais são os sons produzidos pela voz e pelos instrumentos. Eles conhecem suas características físicas – seu alcance, o quão fácil ou difícil é cantar ou tocar uma nota em particular. Além disso, eles têm uma boa noção do efeito que a música pode exercer nas pessoas. Poderíamos dizer o mesmo sobre atores, pintores, poetas ou qualquer outro artista. Parte do processo para se aprender a ser criativo consiste em adquirir um vocabulário de sons, palavras, imagens, qualquer que seja o meio. Ele será a linguagem por meio da qual o artista poderá se comunicar. Para o luminotécnico, a língua é feita de luminosidade e de cores em um espaço tridimensional; o nosso meio é a edificação construída. Entretanto, para compartilhar, ensinar e adquirir novas informações, utilizamos uma segunda língua: a palavra falada e escrita. Essa é a linguagem que usamos para chegar aos parâmetros que determinam o nosso trabalho. E, assim como os outros artistas, atribuímos significados especiais a algumas palavras; exemplos disso são: “luminosidade”, “claridade”, “cor” e “espaço”. Elas são equivalentes a “melodia”, “harmonia” e “ritmo” para os músicos.

Contudo, tais palavras não possuem significado para alguém que não está familiarizado com o que elas descrevem: o projetista deve ter um profundo conhecimento das lâmpadas, das janelas e dos materiais reais. Depois disso, precisamos de palavras que descrevam o que podemos observar e, em seguida, das que descrevem conceitos abstratos.

O primeiro capítulo é, portanto, um guia para se observar o mundo visível. O objetivo não é compilar uma biblioteca mental de imagens, embora isso pudesse ser útil. A nossa meta é encontrar a resposta para a pergunta: “Quais são as regras que determinam o comportamento da luz?”

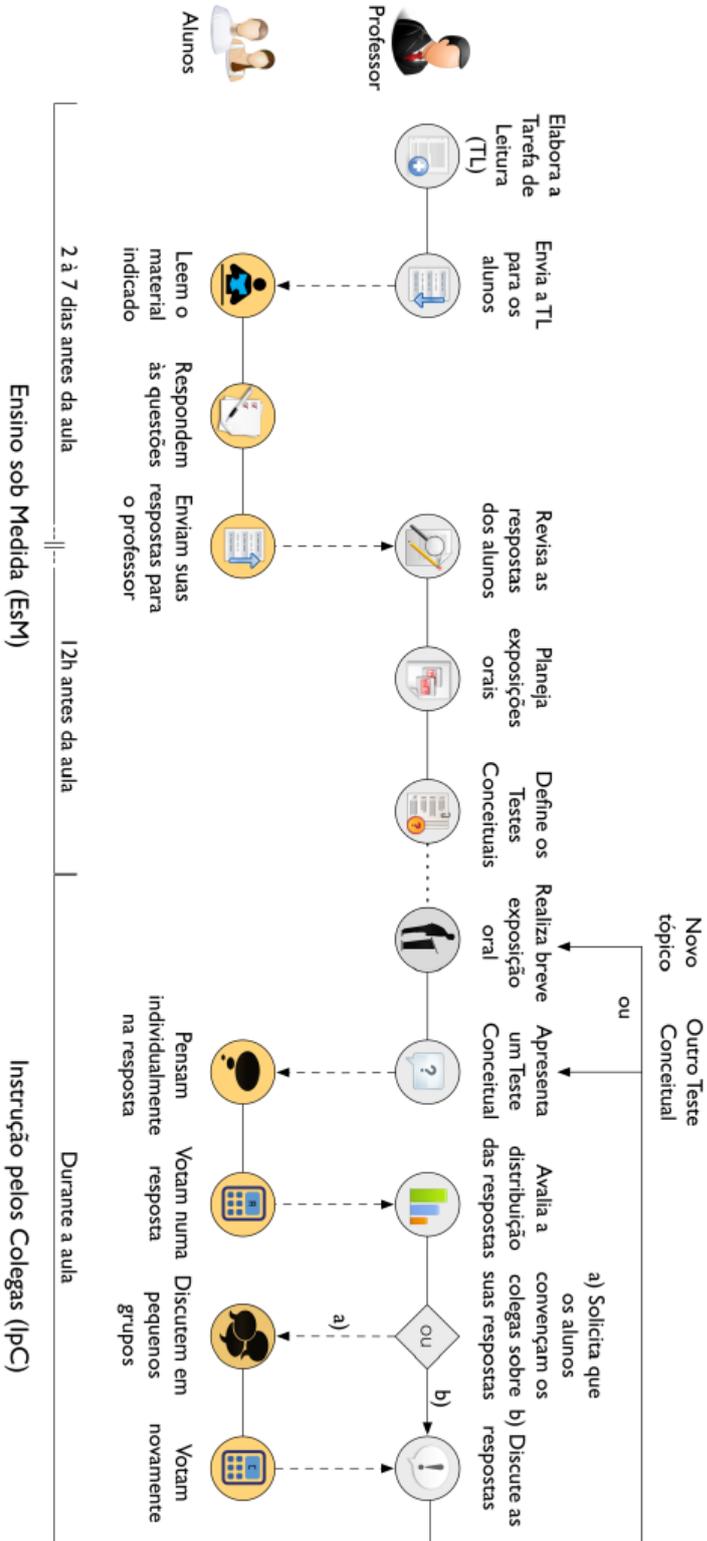
*Quais são as regras que determinam o
comportamento da luz?*

*E como elas influenciam os projetos de
luminotécnicos?*

SONDAGEM DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS A RESPEITO DOS PRINCÍPIOS ONDULATÓRIOS DA LUZ

1. O que é uma onda? Explique.
2. Defina comprimento de onda e frequência de uma onda.
3. Existe uma relação entre comprimento de onda e frequência? Se existe, qual?
4. Desenhe duas ondas senoidais de mesma amplitude e mesmo comprimento de onda, e que possuam frequências diferentes.
5. Desenhe duas ondas senoidais de mesma frequência e mesmo comprimento de onda, e que possuam amplitudes distintas.
6. O que são ondas eletromagnéticas? Cite pelo menos uma característica e um tipo de uma onda eletromagnética.
7. O que é luz?
8. O que diferencia a luz visível da radiação ultravioleta?
9. Qual a diferença entre a luz azul e a luz verde?
10. Qual a diferença entre a luz verde e a luz vermelha?

SEQUÊNCIA TEMPORAL DAS AÇÕES DO PROFESSOR E DOS ALUNOS EM AULAS QUE UTILIZAM A COMBINAÇÃO DO EsM e do IpC (ARAÚJO; MAZUR, 2013)



PREPARAÇÃO PARA O ENCONTRO 2

Para o segundo encontro está prevista a utilização das metodologias EsM e IpC. Serão abordados no E2, A natureza e a composição da luz. Luz, Cores e Visão.

Com as respostas dos alunos à sondagem sobre os princípios ondulatórios da luz, será preparada a Tarefa de Leitura (TL) a ser enviada aos alunos. O professor irá organizar, disponibilizar e compatibilizar um material didático informativo e uma avaliação prévia a respeito dos temas previstos para o encontro. Ao final desta seção, segue uma sugestão de TL para o E2, que deve ser adaptada, de acordo com as dificuldades apresentadas pelos estudantes.

Os alunos deverão estudar o material disponibilizado e responder às questões prévias, e enviar as repostas ao professor, com até dois dias de antecedência do E2.

Com base nas repostas, o professor irá preparar as aulas com foco no esclarecimento das dúvidas conceituais evidenciadas nas respostas dadas nos testes prévios.

O material será compartilhado via plataforma de comunicação.

TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O ENCONTRO 2

TL1. TEXTO 1

Princípios das Ondas Eletromagnéticas – Conceitos básicos de ondas e espectro eletromagnético.

Realizar o estudo do texto 1 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para o professor com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

Para a leitura do Texto 1, acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code.

Para esta tarefa, é necessário ler o texto apenas até a seção **O espectro eletromagnético**.

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>



1. Qual o significado de frequência em uma onda eletromagnética?
2. Qual o significado de comprimento de onda, em uma onda eletromagnética?
3. O que diferencia as ondas de som, de luz e do mar?
4. Observando a figura ilustrativa do espectro eletromagnético apresentada no texto, identifique a percepção de cor (a mais próxima possível que você conseguir identificar), associada a cada um dos comprimentos de onda a seguir.
 - a. 450nm. Cor _____
 - b. 700nm. Cor _____
 - c. 580nm. Cor _____
 - d. 520nm. Cor _____
5. Acesse o endereço eletrônico do repositório do PHET no link a seguir, ou pelo seu QR Code, pela imagem abaixo e à esquerda.

http://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_pt.html



Caso se interesse, assista breve vídeo (2:31) com o Tutorial de explicação para simulador – Ondas no link <https://www.youtube.com/watch?v=81847AqE38c> ou pelo QRCode na imagem acima, e à direita.

Explore o **Simulador Interativo de Onda numa Corda** utilizando o mouse do computador e as opções do software. Divirta-se, questione e observe as possibilidades de movimento de onda numa corda, e responda às questões seguintes.

a) Nos controles do simulador, com o uso do cursor ou do mouse, altere os valores para **Amplitude (50)**, **Frequência (20)** e **Perda de Energia (amortecimento) (0)**. Use o cursor de **Tensão** na posição **Alta**. Vamos simular duas situações. A primeira com modo **Pulso** e após um tempo no modo **Oscilador**. Aplique um pulso à onda (botão verde) e observe o movimento.

1. O que acontece com o primeiro ponto verde quando se propaga um pulso? E quando se propaga uma onda (Oscilador)? O que diferencia esses dois modos de estímulo?
2. Com base na sua observação explique a afirmação que diz que uma onda não transporta matéria, apenas energia.

b) Nos controles do simulador, com o uso do cursor ou do mouse, altere os valores para **Amplitude (50)**, **Frequência (40)** e **Perda de Energia (amortecimento) (0)**. Use o cursor de **Tensão** na posição **Alta**. Habilite a **Régua**, o **Cronômetro**, o modo **Oscilador**, e a extremidade. **Sem fim**.

Inicia a aplicação e observe o movimento. Utilizando os botões **Pausa/Play**, manipule o simulador de modo a obter suas leituras. Desse modo, calcule para a onda observada:

1. A amplitude.
2. O comprimento de onda.
3. A frequência.
4. A velocidade de propagação.

Curiosidade. O que é o PHET?



PhET
INTERACTIVE SIMULATIONS

University of Colorado
Boulder

**SIMULAÇÕES INTERATIVAS
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**
Mais de 360 milhões de simulações distribuídas.

Entre aqui e simule

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As sims PhET baseam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta.

Informações fornecidas em https://phet.colorado.edu/pt_BR/

6. Qual o comprimento de onda de uma onda de transmissão de rádio FM cuja frequência é de 93,1MHz?
7. A visão humana enxerga todas as ondas eletromagnéticas que são emitidas pelo Sol? Explique sua resposta.
8. Como a luz é gerada?
9. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? () Sim () Não.
10. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
11. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? () Sim () Não .Se sim, quais assuntos?

TL1. TEXTO 2. Luz, Cores e Visão

- Realizar o estudo do texto 2 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para o professor com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

- Luz e Cores.

Para a leitura do Texto 2, acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code.

<http://www.fisica-interessante.com/fisica-ondas-cores.html>



- O texto afirma que, segundo a Teoria das Cores, 'cor não é o mesmo que frequência vibratória da luz'. Por que?
- Quais os fatores que influenciam na cor de um objeto?
- O texto afirma que "Luzes coloridas são sutilmente utilizadas no comércio para distorcer nossa percepção de forma a 'melhorar' a aparência de alimentos e roupas. Explique o que você entende dessa explicação.
- Ao final do texto é proposto um desafio: "**De que cor se vê um objeto amarelo se o colocarmos num quarto completamente escuro só com luz monocromática azul**"? Por que?
- O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? () Sim () Não.
- Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
- Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula?
- () Sim () Não
- Se sim, quais assuntos?

O envio das respostas deverá ser feito com até 2 dias de antecedência do próximo encontro, para que sejam analisadas e a aula ser preparada sob medida para as dificuldades encontradas!

Para o envio das respostas, compartilhe uma pasta via Dropbox com a professora, e coloque lá, suas respostas. Podem ser digitadas ou manuscritas e escaneadas, como preferir. Atente-se também para a autenticidade das informações. O mais relevante é construir o processo de aprendizado!



Divirta-se e conheça mais sobre o conteúdo no episódio **Escondidos na Luz!**
Surpreenda-se com um capítulo de **Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo** numa narrativa interessante, científica e de visual incrível!



Vale a pipoca! ;o)

Duração 42:08



designed by freepik.com

ENCONTRO 2. AULAS 3, 4 e 5 – Aplicação do IpC e EsM

Conteúdos. A natureza e a composição da Luz. Luz, Cores e Visão.

Local. **Sala de aula**

Recursos didáticos necessários. **Datashow, computador.**

O professor irá começar este segundo encontro atualizando aos alunos em relação alguma alteração na SD caso tenha ocorrido. A MA proposta para este encontro é o uso do IpC, que começa com uma aula expositiva breve sobre um dos conteúdos previstos, conforme apresentado por VIEIRA (2013). Serão realizadas as sequências da metodologia, uma para cada um dos conteúdos, a saber, A natureza e a composição da Luz. Luz, Cores e Visão.

Utilizando um software de apresentação será feita uma aula expositiva de 15 a 20 minutos pelo professor. Recomenda-se o uso do Prezi©. Uma aula com o conteúdo deste encontro está disponível em <<https://goo.gl/0FnwTb>>.

Seguindo, com base na aplicação da metodologia de IpC, são aplicados os TC.

Os alunos irão votar com o uso de cartões resposta (Plickers©). O professor através de um smartphone ou computador, recebe em tempo real, as respostas. Com base nos índices de acertos, o professor irá informar aos alunos os percentuais atingidos. Caso abaixo de 30%, o professor irá apresentar uma aula expositiva sobre o tema, e proceder novos testes. Se estiverem entre 30 e 70%, os alunos irão discutir em pares, em instantes depois, o teste é novamente respondido. Com base nos percentuais de acertos, faz-se ou não, uma nova explanação e dúvidas. E novamente os alunos respondem aos testes.

Se estiverem acima de 70% o professor pode optar por apresentar mais testes de aprofundamento, ou seguir a um próximo conteúdo. A quantidade de testes a ser feita dependerá da assimilação do conteúdo, baseada nas respostas aos testes.

Ao final desta seção seguem sugestões de TC para este encontro.

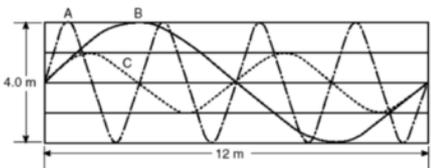
O professor finaliza reforçando a importância do estudo prévio para a aprendizagem dos estudantes e que o material da aula seguinte será disponibilizado nos moldes da dinâmica anterior a esse encontro. O encontro seguinte abordará o estudo **Espectroscopia e as fontes de luz artificial. Índice de Reprodução de Cores.**

TC1. Os elementos de uma onda

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. Souza

1. Natureza e composição da luz / 1. Os elementos de uma onda

(Adaptado da FATEC-SP) A figura abaixo representa três ondas que se propagam em cordas idênticas, A, B e C e estão imersas no ar e percorrem 12 metros em 2 segundos. Em relação à frequência dessas três ondas é correto afirmar que:



A A frequência da onda C mede 2 Hz, enquanto que a da onda B mede 0,5 Hz.
 B As três ondas têm a mesma frequência, pois todas têm a mesma velocidade de propagação.
 C A onda B é a que tem maior frequência pois seu período de oscilação é de 2 segundos.
 D A onda A tem a maior frequência dentre as três ondas, que mede 2 Hz.

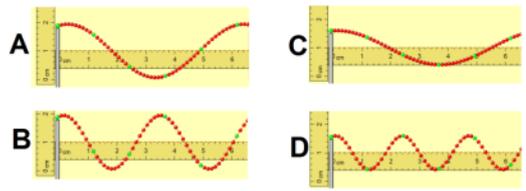
Collapse

Elétricos! ;o)
 Demo Class

+ Add to Queue...

Elétricos! ;o)
 Engenheiros Inovadores

(Madge) As figuras a seguir representam quatro ondas se propagando em cordas idênticas. Em qual delas o comprimento de onda é maior?



A A
 B B
 C C
 D D

Collapse

Elétricos! ;o)
 Engenheiros Inovadores

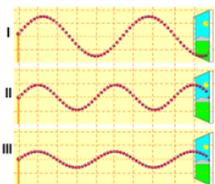
+ Add to Queue...

TC2. Sobre a frequência

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. Souza

1. Natureza e composição da luz / 2. Sobre a frequência

(Madge) A figura a seguir representa um instante em que ondas se propagam em três cordas idênticas. É correto afirmar que:

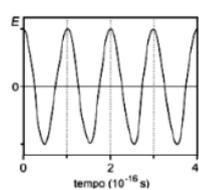


A I possui maior frequência que II.
 B As frequências de I e III são iguais.
 C II tem menor frequência que III.
 D I tem menor frequência que III.

Elétricos! :o) Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

Em um ponto fixo do espaço, o campo elétrico de uma radiação eletromagnética tem sempre a mesma direção e oscila no tempo, como mostra o gráfico abaixo, que representa sua projeção E nessa direção fixa; E é positivo ou negativo conforme o sentido do campo. Consultando a tabela a seguir, que fornece os valores típicos de frequência f para diferentes regiões do espectro eletromagnético, e analisando o gráfico de E em função do tempo, é possível classificar essa radiação como:



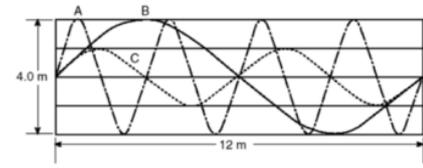
Radiação Eletromagnética	Frequência (Hz)
Rádio AM	10^6
Transmissão de TV (VHF)	10^8
Microondas	10^{10}
Infravermelha	10^{12}
Luz visível	10^{14}
Ultravioleta	10^{16}
Raios X	10^{18}
Raios Gamma	10^{20}

A Infravermelha
 B Visível
 C Ultravioleta
 D Raios X

Elétricos! :o)

+ Add to Queue...

(Adaptado da FATEC-SP) A figura abaixo representa três ondas que se propagam em cordas idênticas, A, B e C e estão imersas no ar. Em relação ao comprimento de onda dessas três ondas é correto afirmar que:



A O comprimento de onda das ondas A e B são iguais e medem 4m.
 B O comprimento da onda da onda B é o maior dentre as três ondas e mede 6m.
 C O comprimento de onda da onda A é o menor dentre as três ondas e mede 3m.
 D O comprimento de onda da onda C é menor que o da onda A e mede 2m.

Elétricos! :o)

+ Add to Queue...

TC3. Sobre como enxergamos

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. SOUZA

1. Natureza e composição da luz / 3. Sobre como enxergamos

(Adaptado da UFMG) Dois alunos do curso de Engenharia do IFG-Câmpus Jataí estão iluminados por uma única lâmpada. Em qual das alternativas abaixo estão CORRETAMENTE representados os feixes de luz que permitem a Patrick ver Laura?

A)  B) 

C)  D) 

A A
 B B
 C C
 D D

[Collapse](#)

Elétricos! ;o)
 Engenheiros Inovadores
 Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

(*Adaptado da PUC-MG) Para que possamos ver um quadro colorido exposto na parede é necessário que:

A Que os raios de luz saiam dos seus olhos e atinjam o quadro.
 B Que a luz do ambiente seja refletida no quadro, chegue até seus olhos e seja transmitida por impulsos nervosos até o cérebro.
 C Que o quadro seja iluminado.
 D Que os olhos emitam raios de luz que, após atingirem o quadro, retornem ao cérebro, trazendo a informação da imagem.

[Collapse](#)

Elétricos! ;o)
 Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

TC4. Sobre os elementos de uma onda

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. Souza

1.Natureza e composição da luz / 4. Sobre as cores e a luz

Após uma enquete, foi verificado que o time de futebol preferido dos alunos de Engenharia do IFG-Câmpus Jataí possui um bandeira que, quando exposta à luz solar aparenta ter listras com as cores vermelho, branco e preto. Se essa bandeira for colocada no laboratório de Física, que emite apenas uma luz vermelha monocromática, os torcedores desse respeitado e querido time perceberão uma bandeira:



A tricolor, mas diferente, pois verão as cores vermelho, preto e branco, respectivamente.
 B tricolor e igual à vista sob a luz solar.
 C bicolor, pois verão apenas as cores vermelho e preto
 D bicolor, pois verão apenas as cores preto e branco.

[Collapse](#)

 
 ● Elétricos! ;o)
 ● Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

Manoel ganhou uma camisa listrada de amarelo e branco (se vista sob a luz solar). Usando a camisa, se ele entrar no laboratório de Física que está iluminado apenas com uma lâmpada que emite luz vermelha monocromática, a camisa irá parecer:

A totalmente preta
 B amarela e vermelha
 C verde e vermelha
 D preta e vermelha

[Collapse](#)

 
 ● Elétricos! ;o)
 ● Elétricos! ;o)
 ● Engenheiros Inovadores
 ● Engenheiros Inovadores
 ● Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

Uma flor, quando exposta à luz do sol, parece ter a cor amarela quando você a observa. Ela parece ser amarela porque:



A absorve a luz amarela e reflete a luz solar.
 B absorve a luz do sol e reflete a luz amarela.
 C emite luz verde e vermelha.
 D reflete luz solar e absorve a luz amarela.

[Collapse](#)

 
 ● Elétricos! ;o)
 ● Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

TC5. Sobre os elementos de uma onda

plickers
Library
Reports
Classes
Live View
Cards
Help
P. Souza

1.Natureza e composição da luz / 5. Sobre a visão

(UFES) A visão em ambientes de pouca luminosidade é feita no homem:

- A Por todas as células fotorreceptoras.
- B Somente pelos cones, o que dá maior acuidade visual.
- C Pelos bastonetes.
- D Por bastonetes e principalmente pelos cones, pois ambos recebem estímulos luminosos.

Collapse





- Elétricos! ;o)
- Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

Os cones e os bastonetes são células fotorreceptoras responsáveis pela detecção da luz visível que incide em nossa retina. Em relação a essas células, é correto afirmar que:

- A Os cones são responsáveis pela nossa percepção das cores. Um indivíduo normal possui cones sensíveis à luz vermelha, amarela e azul.
- B A distribuição de cones na retina não é uniforme. Na fóvea, região central da retina, existe uma maior concentração de cones azuis.
- C Os bastonetes não são capazes de diferenciar as diferentes frequências da luz, apenas sua intensidade. Daí vem o ditado: " À noite todos os gatos são..."
- D Em um indivíduo daltônico, os bastonetes, responsáveis pela visão em locais com baixa iluminação, são capazes de diferenciar apenas as cores verde e a...

Collapse





- Elétricos! ;o)
- Elétricos! ;o)
- Engenheiros Inovadores
- Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

ENEN (2009) Sabe-se que o olho humano não consegue diferenciar componentes de cores e vê apenas a cor resultante, diferentemente do ouvido, que consegue distinguir, por exemplo, dois instrumentos diferentes tocados simultaneamente. Os raios luminosos do espectro visível, que têm comprimento de onda entre 380nm e 780nm, incidem na córnea, passam pelo cristalino e são projetados na retina. Na retina, encontram-se dois tipos de fotorreceptores, os cones e os bastonetes, que convertem a cor e a intensidade da luz recebida em impulsos nervosos. Os cones distinguem as cores primárias: vermelho, verde e azul, e os bastonetes diferenciam apenas níveis de intensidade, sem separar comprimentos de onda. Os impulsos nervosos produzidos são enviados ao cérebro por meio do nervo óptico, para que se dê a percepção da imagem. O indivíduo que, por alguma deficiência, não consegue captar as informações transmitidas pelos cones, perceberá um objeto branco, iluminado apenas por luz vermelha, como:

- A Um objeto rosa, pois haverá mistura da luz vermelha com o branco do objeto.
- B Um objeto verde, pois o olho não consegue diferenciar componentes de cores.
- C Um objeto cinza, pois os bastonetes captam luminosidade, porém não diferenciam cor.
- D Um objeto vermelho, pois a retina capta a luz refletida pelo objeto, transformando-a em vermelho.

Collapse

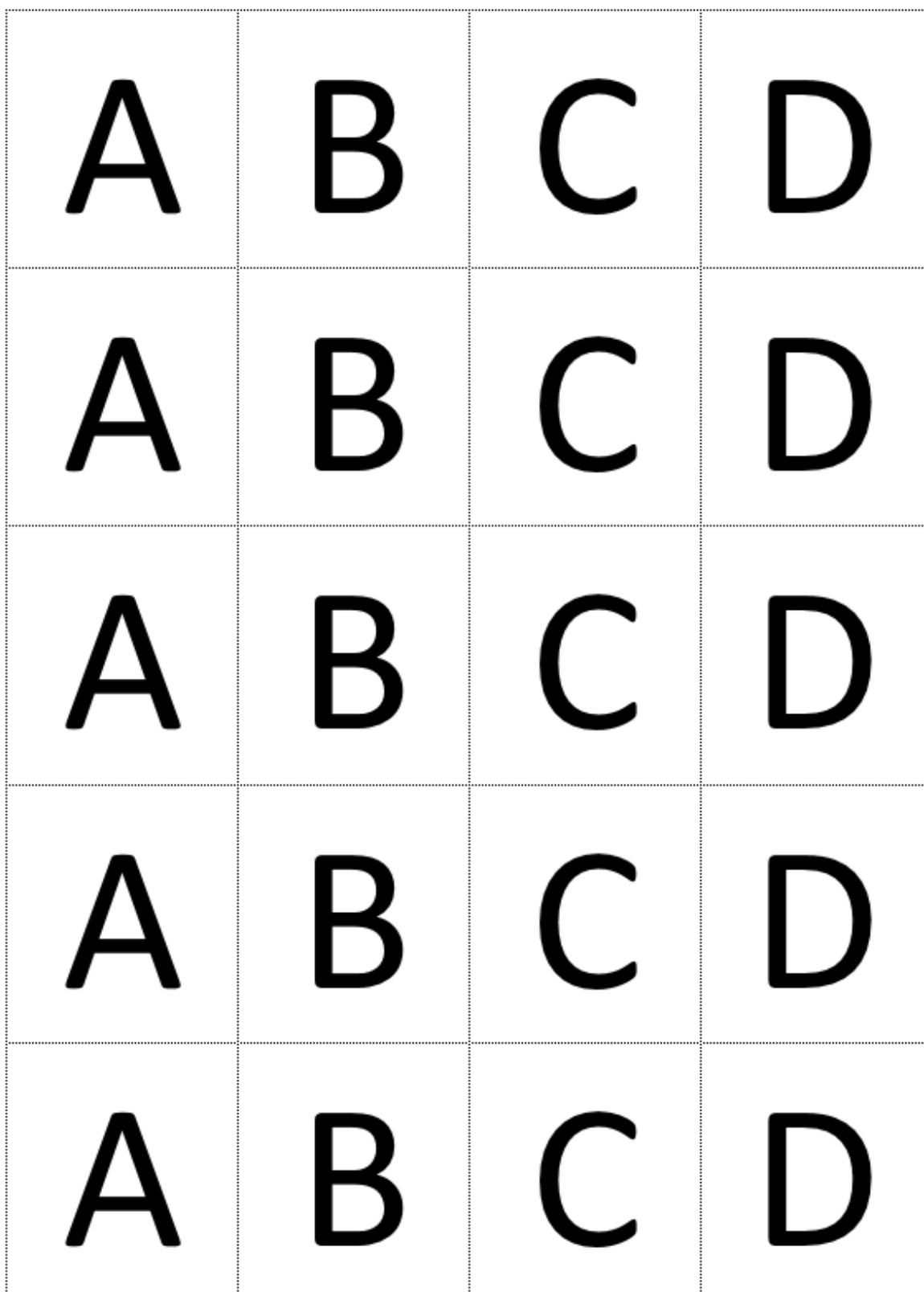




- Elétricos! ;o)
- Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

Fichas alternativas para a aplicação do IpC



PREPARAÇÃO PARA O ENCONTRO 3

Para o terceiro encontro está prevista a utilização das metodologias EsM e aulas Experimentais. Serão abordados no E3 a **Espectroscopia e o Índice de Reprodução de Cores**.

O professor irá organizar, disponibilizar e compatibilizar um material didático informativo e uma avaliação prévia a respeito dos temas previstos para o encontro. Ao final desta seção, segue uma sugestão de TL para o E3 que pode ser utilizada, ou servir de orientação.

Os alunos deverão estudar o material disponibilizado e responder às questões prévias, e enviar as repostas ao professor, com até dois dias de antecedência do E3.

Com base nas repostas, o professor irá preparar as aulas com foco no esclarecimento das dúvidas conceituais evidenciadas nas respostas dadas nos testes prévios.

O material será compartilhado via plataforma de comunicação.

A atividade inclui uma simulação computacional no site do Phet Colorado³ (https://phet.colorado.edu/pt_BR/).

https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_pt.html

Para as aulas experimentais segue anexo as instruções de projeto e execução de uma bancada didática para ser utilizada no E4.

³ Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O ENCONTRO 3

TL2 TEXTO 1. ADAPTADO DE AZEVEDO (2008). Realizar o estudo do texto 1 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

AZEVEDO, MARIA CRISTINA PATERNOSTRO STELLA DE. SITUAÇÕES DE ENSINO-APRENDIZAGEM: ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE FÍSICA A PARTIR DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DE BROUSSEAU. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. FALCULDADE DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP).

Já vimos que a luz é na verdade uma onda eletromagnética, e sabemos também que esse tipo de onda possui várias frequências (ν) e comprimentos de onda (λ) a ela associados. Dizemos, então, que o espectro de luz visível corresponde a um pequeno trecho do espectro eletromagnético, aquele com frequência (ν) compreendida entre aproximadamente entre $3,8 \times 10^{14}$ Hz e $8,3 \times 10^{14}$ Hz. Isso significa que há espectros com frequência (ν) fora deste intervalo, que nós não somos capazes de enxergar, como os Raios X e o Ultravioleta, ou o Infravermelho (dos quais você já deve ter ouvido falar em algum filme. Assim, a luz branca é na verdade uma junção dos diferentes espectros monocromáticos (uma única cor) que a compõem. Uma vez dispersos, esses espectros se distribuem sempre da seguinte forma, com os comprimentos de onda (λ) variando de 700nm (vermelho) a 400nm (violeta):

Cores	Comprimento de onda (λ) [nm]	Frequência (ν) [10^{14} Hz]
Vermelho	750 a 625	4,0 a 4,8
Alaranjado	625 a 600	4,8 a 5,0
Amarelo	600 a 566	5,0 a 5,3
Verde	566 a 526	5,3 a 5,7
Azul	526 a 500	5,7 a 6,0
Anil	500 a 448	6,0 a 6,7
Violeta	448 a 400	6,7 a 7,5

Para medir seus comprimentos de onda (λ), utilizamos o nanômetro (nm), ou seja, 1×10^{-9} m. Desta forma, só é possível decompor a luz branca nos espectros em que é formada com o uso do espectroscópio

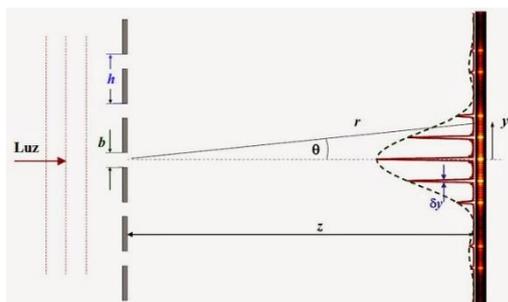
– um aparelho capaz de separar os diferentes espectros de ondas eletromagnéticas emitidos por uma fonte.

Um espectroscópio é um instrumento capaz de dispersar a luz branca emitida por uma fonte, decompondo-a nas várias cores possíveis, o que nos permite determinar os diferentes comprimentos de onda (λ) que a compõem. Esse tipo de operação é possível porque o espectroscópio é construído a partir de um prisma ou de uma rede de difração.

A difração é quem permite estudarmos os fenômenos associados ao desvio que a luz sofre em sua propagação ao ultrapassar um obstáculo, como uma fenda, que esteja à sua frente. Porém, como os efeitos da difração apenas são notados quando os obstáculos (fendas) possuem dimensões comparáveis ao comprimento de onda que desejamos estudar, para que seja possível verificarmos os efeitos da difração da luz visível nós vamos precisar de fendas bem estreitas, uma vez que o comprimento de onda (λ) da luz é da ordem de 500nm. É possível resolver este problema com o uso de uma rede de difração: um pedaço de vidro com muitas fendas paralelas e próximas entre si. Desta forma, a luz atravessa o espaço ocupado pelas fendas e à frente delas formam-se umas listras (que chamaremos de franjas) claras e escuras. Estas franjas, na verdade, resultam das interferências construtivas e destrutivas, representando as diferenças de caminho percorrido pelas ondas que atravessaram cada uma das fendas que provocaram essas interferências.



Rede de Difração. Fonte: Cortesia da Imagem. Cidepe.



Rede de Difração. Fonte: sites.ifi.unicamp.br

O fenômeno de **interferência construtiva** faz, é associar cada frequência (ν) (ou comprimento de onda (λ)) da luz que passa por uma fenda, com a mesma frequência (ν) ou comprimento de onda (λ) da luz que passa pelas outras fendas, de forma que o espectro da cor azul que passa por uma fenda interfere construtivamente com o próprio azul que passa por outra fenda, o vermelho com o vermelho e assim por diante, destacando cada cor do espectro de forma separada.

Assim, temos a decomposição da luz branca em várias luzes coloridas, o que nos permite comparar os espectros de luz visível emitidos por tipos de fontes variadas, **como os muitos tipos de lâmpadas**. Por exemplo: se você já foi a uma pista de dança, certamente conhece os efeitos da luz negra, mas já parou para pensar em como ela funciona? Ou na diferença que existe entre a luz emitida por diferentes tipos de lâmpada, como uma lâmpada fluorescente ou de iluminação decorativa? E as lâmpadas de iluminação pública ou as de tecnologia conhecida pela sigla em inglês LED (Light Emitting Diode)?

Para responder a essas e outras perguntas, realizaremos um experimento com um espectroscópio!

Vamos voltar um pouco no tempo e avaliar a experiência das cores de Sir Isaac Newton, que isolou um raio de luz que passava por entre as frestas de sua janela, fazendo-o incidir sobre um prisma: qualquer meio transparente pode ser considerado um prisma, desde que seja isótropo (isto é, que apresente as mesmas propriedades físicas em todas as direções) e limitado por superfícies não-paralelas (por isso as figuras de primas que você vê em livros e revistas possuem sempre, aproximadamente, o mesmo formato). Um prisma também dispersa a luz, decompondo-a em suas respectivas cores de espectro eletromagnético de acordo com a frequência (ν) ou comprimento de onda (λ) de cada cor (mas é claro que naquele tempo, Newton não fazia a menor ideia de que o motivo era qual?). Porém, aqui o fenômeno responsável pela decomposição da luz não é a difração, mas sim a refração.

Por estarmos lidando com ondas eletromagnéticas, sabemos que todos os espectros de cor componentes da luz branca se propagam no vácuo com a mesma velocidade (c) e que ao mudarem de meio de propagação, cada componente passa a ter sua própria velocidade de propagação (ν), diferente uma da outra. Desta forma, ficou muito mais fácil entender o funcionamento de um prisma: **antes de atravessá-lo, todas as cores componentes da luz se propagavam na mesma direção e com a mesma velocidade, formando o mesmo ângulo de incidência com a superfície ao penetrarem no interior do prisma. Durante sua travessia pelo interior do prisma, todos os componentes da luz sofrem os efeitos da refração (devido à mudança no meio de propagação), fazendo com que cada um deles siga por uma direção diferente, graças ao ângulo de refração de cada frequência, o que gera a dispersão da luz.**



Fonte: Dreamstime.com

Vale lembrar que as ondas sofrerão ainda uma segunda refração ao sair do prisma para o ar, o que faz com que as cores se separem ainda mais.

Este é um fenômeno muito comum na natureza: o arco-íris, por exemplo, surge quando gotas d'água são iluminadas pela luz do sol, desde que essa luz incida por trás do observador (é necessário estar de costas para o sol para poder ver o arco-íris). Neste caso, as gotículas d'água em suspensão na atmosfera é que desempenharão o papel de prisma, decompondo a luz branca do sol nos espectros de cor que formam o arco-íris.

Agora pense um pouco: você é capaz de responder por que o arco-íris apresenta suas cores sempre dispostas na mesma ordem? É porque ao atravessar um prisma, o espectro de cor que sofre o menor desvio de seu caminho é o vermelho, que possui a menor frequência (ν). Enquanto o maior desvio, portanto, é sofrido pelo violeta, possuidor da maior frequência (ν).

Portanto, assim como uma rede de difração, um prisma também pode ser utilizado como elemento dispersor em um espectroscópio. É mais apropriado, porém, utilizarmos a rede de difração, devido à baixa resolução apresentada pelo prisma.

Independentemente de qual seja o elemento dispersor utilizado em um espectroscópio, é necessário projetar um raio de luz para podermos visualizar a decomposição da luz. No caso do nosso experimento, isso será feito através de um pequeno corte, estreito, que chamaremos fenda. Quando a luz de uma lâmpada passar por esta fenda estreita, você verá a formação de diferentes imagens da fenda, cada uma correspondendo a uma cor. Na verdade, essas imagens coloridas irão se superpor parcialmente, formando uma única faixa colorida

que chamamos de **espectro contínuo**. Em um espectro contínuo, a passagem de uma cor para a outra não se faz bruscamente, mas de forma gradual, dando origem às tonalidades conhecidas como “sete cores do arco-íris”. Isso ocorre quando a luz que incide no espectroscópio é formada por todas as cores do espectro visível, iremos observar a formação de imagens de acordo com o número de cores que compõem essa luz, somente será observada a quantidade de cores presente na luz. Assim para algumas fontes pode acontecer de você observar cores separadas por regiões escuras formando o chamado **espectro de raias** (ou bandas).



Fonte: <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/205/>

As fontes emissoras de luz que emitem a maior parte de sua radiação em comprimentos de onda (λ) discretos, são chamadas de fontes de linhas espectrais.

As fontes de linhas espectrais podem ser usadas de várias maneiras, incluindo-se sua utilização como padrões de comprimentos de onda (λ) para calibração de equipamentos ópticos. Através da análise de linhas espectrais, você facilmente será capaz de entender não apenas o funcionamento da luz negra e dos fogos de artifício, como dissemos lá atrás, mas também compreender as diferenças entre os diversos tipos de lâmpadas existentes, e o porquê de algumas delas “iluminarem mais” que outras.

Há diferentes tecnologias de fabricação e tipos de lâmpadas, como incandescentes ou fluorescentes, por exemplo, mas o que há de diferente nelas? Lâmpadas desempenham um papel importante em nosso cotidiano, são responsáveis por grande parte de nossa segurança e conforto.

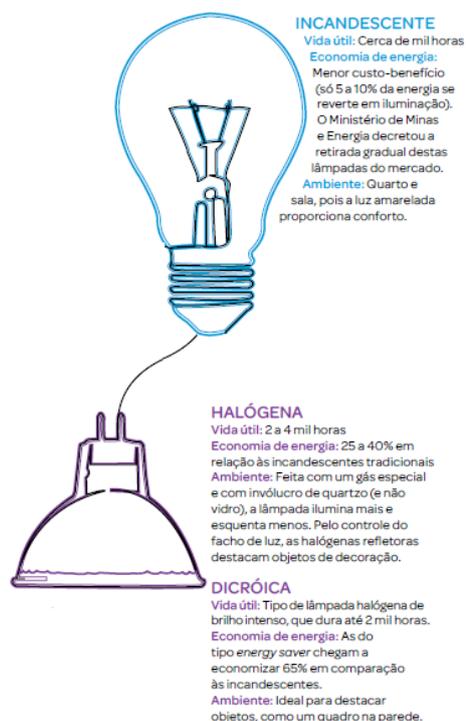
Antigamente eram chamadas de “luz elétrica” para serem diferenciadas da luz a gás, fornecida pelos lampiões (que ainda podem ser encontrados em locais afastados, onde não haja luz elétrica). Existe uma grande

variedade de lâmpadas: são vários os tamanhos, formatos e cores em que podem ser encontradas. De modo simplificado, elas se dividem, basicamente, em dois grandes grupos: **as lâmpadas de descarga elétrica em um gás e as lâmpadas incandescentes**. Ao longo de nosso estudo, o funcionamento e as características serão alvo de maior aprofundamento, no momento, vejamos algumas diferenças básicas.

Lâmpadas incandescentes são aquelas que possuem um filamento metálico em seu interior. Com a passagem de uma corrente elétrica, esse filamento se torna incandescente, emitindo luz. No interior desse tipo de lâmpada há algum gás inerte, ou mesmo vácuo, para evitar a oxidação do filamento; quando o filamento se rompe, deixa de haver a passagem da corrente e dizemos que a lâmpada “queimou”.

Essas lâmpadas utilizam filamentos de Tungstênio, que chegam a atingir 2500 °C com a passagem da corrente elétrica. No entanto, são lâmpadas que desperdiçam uma grande parcela da energia elétrica que recebem com a produção de radiação no espectro infravermelho, o que não auxilia na iluminação por não pertencer ao espectro de luz visível. Porém, o infravermelho interage fortemente com nossa pele, é ele o responsável pela sensação de calor que sentimos ao aproximar a mão de uma lâmpada acesa.

A luz emitida por lâmpadas incandescentes modifica nossa percepção da cor dos objetos, mas seria possível conseguir que emitissem uma iluminação próxima a luz solar, se a temperatura do filamento pudesse ser maior – o que é difícil de se conseguir, já que as ligas condutoras possuem o péssimo hábito de se romperem sob altas temperaturas. Além do que, mesmo que emitam um largo espectro de radiações visíveis, o pico de intensidade de emissão está na região do infravermelho, o que as torna ineficientes, e por isso foram suspensas do mercado brasileiro em 2016 as de potência superior a 25W.



Fonte: Revista Cyrella, Ano 03, 11.

Para suprir essa carência da reprodução da cor, e da limitada vida útil, foram criadas as lâmpadas halógenas – incandescentes nas quais o gás utilizado dentro dos bulbos é da família dos halogênios e prolongam a vida útil e melhoram as condições de cor – oferecendo um brilho especial à luz, sendo utilizadas em projetos de destaque ou decorativo. Apesar das melhorias, são também lâmpadas com filamento, e por tal, apresentam alto consumo de energia elétrica.

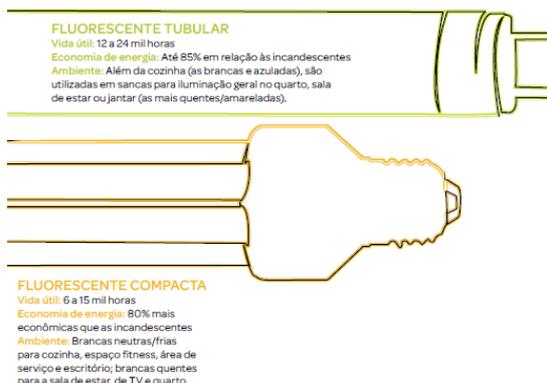
A 1ª lâmpada incandescente utilizável foi feita por Thomas Alva Edison em 1879 e as primeiras lâmpadas industriais foram fabricadas em 1881.

O outro grande grupo de lâmpadas existentes são as lâmpadas de descarga elétrica são aquelas constituídas por um tubo contendo gases ou vapores, capazes de estabelecer um arco elétrico com a passagem de corrente. Os gases mais utilizados são o Argônio, o Neônio, o Xenônio, o Hélio ou o Criptônio e os vapores como Sódio, Mercúrio e outros. Esses gases ou vapores podem estar à baixa, média ou alta pressão. As de vapor de Mercúrio, Sódio, Xenônio são alguns exemplos de lâmpadas de alta pressão.

Um tipo bem conhecido de lâmpada de descarga elétrica a baixa pressão é a lâmpada

fluorescente - podendo ser tubular ou compacta - um tipo de lâmpada em que a luz é produzida por cristais de fósforo (um pó fluorescente) que recobrem a superfície interna do tubo.

Quando a corrente elétrica passa pelo gás ele emite ondas na faixa do ultravioleta, que são absorvidas pelo pó, que as reemite numa distribuição de radiações visíveis.



Fonte: Revista Cyrella, Ano 03, 11.

Nas lâmpadas tubulares de comprimento variável, com um eletrodo de tungstênio em cada extremidade, contendo em seu interior o vapor de Mercúrio ou Argônio a baixa pressão.



Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br>

São lâmpadas que emitem pouca radiação fora da faixa visível, e que por isso apresentam alto rendimento e baixo consumo de energia elétrica. Abaixo, veja o gráfico do espectro das lâmpadas fluorescentes: Já as lâmpadas de Vapor de Mercúrio e as lâmpadas de Vapor de Sódio contêm um tubo de descarga feito de quartzo para suportar elevadas temperaturas. O gás está à baixa pressão. A emissão de radiação ocorre porque, ao ligarmos a lâmpada, o gás é submetido a uma tensão fazendo com que os íons acelerem e se choquem, emitindo radiação.



Fonte: Revista Cyrella, Ano 03, 11.

Uma outra tecnologia de iluminação vem conquistando espaço no mercado produtivo e de consumo. São as lâmpadas a LED. Nesta tecnologia, um diodo emissor de luz é adequadamente polarizado com uma corrente elétrica para produzir luz. Entre as principais atratividades do LED estão a prolongada vida útil e o baixo consumo energético, aliado à versatilidade do formato da lâmpada que pode ser feita para a substituição das tecnologias anteriores. Desta forma temos lâmpadas a LED no formato de incandescentes, halógenas, fluorescentes, entre outras. Como desvantagem pode-se elencar o alto custo dos produtos e a qualidade da luz, em termos de reprodução de cores, por exemplo.

Light Emitter Diode), mesma tecnologia utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado sólido (Solid State). [IAR UNICAMP]

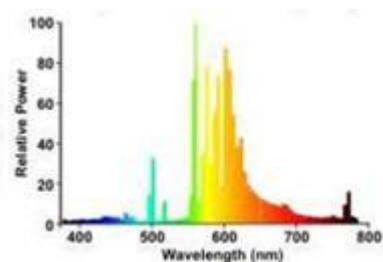
Fonte: Laboratório de Iluminação. Unicamp.
<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>



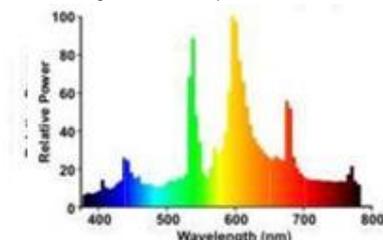
Fonte: Osram – Led Golden Dragon Plus

Há ainda tecnologias de iluminação de uso restrito como lâmpadas de indução ou a cátodo frio (por exemplo, luz neon).

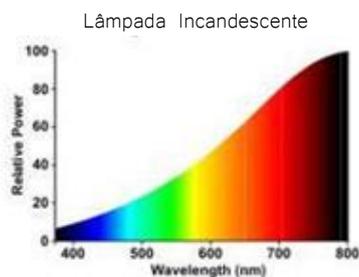
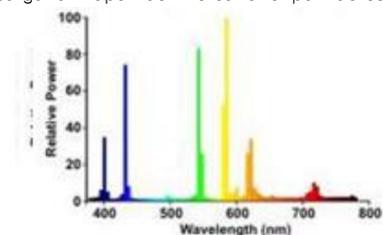
Cada gás emite radiação em frequências diferentes, como pode ser exemplificada nas figuras a seguir dos espectros:



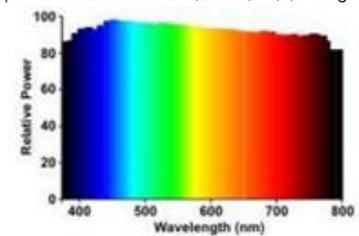
Descarga a Multivapores Metálicos



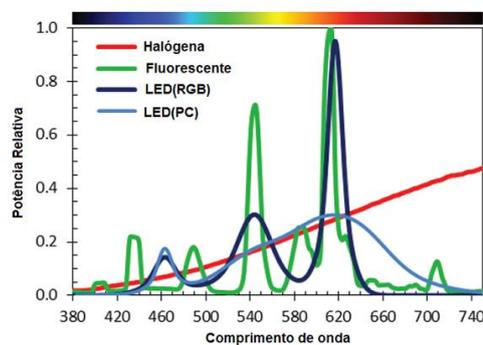
Descarga a Vapor de Mercúrio e pó fluorescente



Especial Luz do Dia (D65) ((Fotografias))



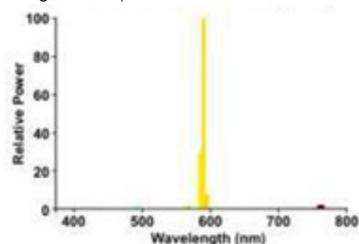
Comparativo entre alguns espectros



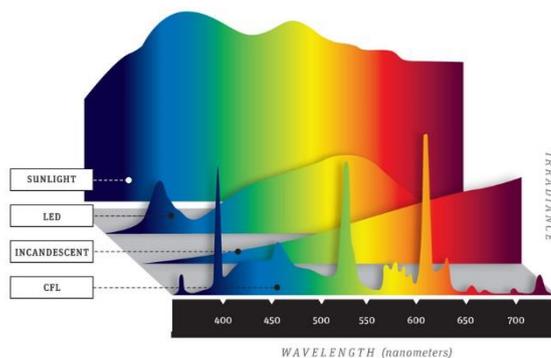
Fonte:

<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/8024-lampadas-de-leds-iluminacao-diferente-art1435>

Descarga a Vapor de Sódio a Baixa Pressão



Descarga a Vapor de Sódio a Alta Pressão



Fonte: Popular Mechanics

<http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/test>

Questões sobre a TL

1. O que é a espectroscopia?
2. O que é o espectro de absorção? E o de emissão?
3. Qual a importância da espectroscopia no estudo de iluminação?
4. Quanto aos tipos de lâmpadas citados no texto, há algum que você desconhece?
5. Quanto aos tipos de lâmpadas citados no texto, e sobre os quais você conhece, comente sobre que tipo de conhecimento possui (conhecimento teórico, conhecimento prático, já teve contato? Já comprou? Possui em sua casa ou ambiente de trabalho?)
6. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não.
7. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
8. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não
9. Se sim, quais assuntos?



Responda as questões via Google Forms e aproveite a formatação rápida e prática! Para responder acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code.

<https://goo.gl/XDgrl3>



ENCONTRO 3. AULAS 7, 8 e 9 – EsM e Aulas Experimentais

Conteúdo. Espectroscopia e as fontes de luz artificial. Índice de Reprodução de Cores

Local. Laboratório de Física ou Sala de aula

Recursos didáticos necessários. Datashow, computador, bancada didática, lâmpadas diversas, redes de difração, canetinhas coloridas e lápis de cor.

As aulas deste encontro acontecerão, preferencialmente, no laboratório de Física, ou ainda, em uma sala com mesas em que possam ser realizadas as experimentações sobre Espectroscopia. Para este encontro foi utilizada uma banca didática. Um projeto para a execução da bancada, segue ao final deste encontro, bem como, roteiros experimentais para serem utilizados.

O professor deve levar diferentes tipos de lâmpadas comerciais, escolhidas de modo a destacar os espectros distintos e a privilegiar lâmpadas que são utilizadas em escala comercial, que façam parte do cotidiano de projetos luminotécnicos. Serão utilizadas também, canetinhas e lápis de cor para os registros dos alunos.

Iniciar com uma aula expositiva, apresentando uma visão geral sobre os tipos de lâmpadas, separados em relação ao princípio de funcionamento em três grandes grupos: de descarga, incandescentes e halógenas e estado sólido (LED). O professor irá levar vários tipos de lâmpadas representando cada uma das classificações, e deve propor aos alunos que as manipulem durante a explicação, para associarem melhor as informações que estão sendo ditas.

O professor irá retomar com alunos, na exposição, os espectros de lâmpadas mostrados na TL2. Sugere-se mostrar também imagens de espectros reais, que podem ser obtidas utilizando a combinação da rede de difração e da câmera do smartphone nos testes com a bancada.

Após a aula expositiva, o professor deve iniciar a aplicação dos dois roteiros de observação.

Afinal, os alunos deverão responder às questões do roteiro.

ADAPTADO DE AZEVEDO (2008)⁴ – AULA EXPERIMENTAL PARA MEDIÇÃO E OBSERVAÇÃO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS DE ALGUMAS FONTES DE LUZ

NOME DO ALUNO

TÓPICOS E OBJETIVOS

Observar a decomposição da luz emitida por diferentes fontes por meio de uma rede de difração.
Compreender os princípios da espectroscopia da luz visível.
Observar, analisar e compreender os diferentes padrões de radiação emitidos pelas distintas tecnologias de iluminação, e sua relação com a reprodução de cores.

MATERIAL

- Bancada didática com soquete E27 para as lâmpadas
 - Alguns tipos de lâmpadas: Incandescentes, Fluorescentes Compactas Integradas e Fluorescente Tubular, Vapor de Mercúrio, Mista, Luz negra, LED, Vapor de Sódio a Alta Pressão (VSAP)
 - Base com soquete e reator específico para a lâmpada de Vapor de Mercúrio e reator específico para lâmpada de Vapor de Sódio a Alta Pressão
 - Redes de Difração
 - Lápis de cor e folha de papel para registros manuais
 - Câmera fotográfica/ Celular com Câmera (opcional)
-

PREPARAÇÃO

Inicialmente o professor deve mostrar aos alunos exemplos na forma de fotos/ imagens de espectros da luz emitida por alguns tipos de fontes luminosas.
A partir destes, orientar aos alunos para que prestem atenção ao o que deve ser notado ao longo das observações a seguir, como quantidade de cores e suas variações, larguras de faixas, intervalos entre as faixas, entre outros.
Pelas observações, o aluno deverá ser capaz de responder a perguntas como: A largura das faixas é uniforme? Há cores com faixas mais largas? Há intervalos entre cores?

⁴ AZEVEDO, MARIA CRISTINA PATERNOSTRO STELLA DE. SITUAÇÕES DE ENSINO-APRENDIZAGEM: ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE FÍSICA A PARTIR DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DE BROUSSEAU. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. 2008. FALCULDADE DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP).

PROCEDIMENTOS

A cada vez, acenda apenas uma fonte de luz artificial da tabela abaixo e observe com o uso da rede de difração a luz emitida. Direcione a rede de difração para a fonte, não sendo necessário olhar diretamente, ou de uma distância muito pequena. Ajuste até encontrar uma posição de observação em que você visualize “cores”. A esta sequência e composição de luzes em cores distintas chamamos espectro. É normal que você veja dois espectros – idênticos e invertidos – projetados em lados opostos da fenda.

É importante certificar-se de que as cores visualizadas são referentes à fonte observada. Isso, para os casos em que o experimento estiver sendo realizado com a presença de alguma outra luz (luz solar, iluminação artificial do ambiente, são algumas possibilidades), além da fonte que está em observação.

REGISTROS

A etapa de REGISTROS requer espírito científico, observação atenta. A cada observação, a tabela a seguir deve ser preenchida. Use lápis de cor para esboçar a imagem do espectro visto (não se preocupe se estiver torta).

Fontes de Luz Observadas	Espectro		Representação da Imagem observada	Cores que se destacam
	Contínuo	Discreto		
Lâmpada Incandescente				
Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada				
Lâmpada LED tipo bulbo				
Lâmpada Fluorescente Tubular				
Lâmpada de Vapor de Mercúrio				
Lâmpada de Vapor de Sódio a Alta Pressão (durante os primeiros 2 minutos após ligada)				
Lâmpada de Vapor de Sódio a Alta Pressão (durante os primeiros 6 minutos após ligada)				
Luminária de LED RGB com difusor COR 1				
Luminária de LED RGB com difusor COR 2				

ENCONTRO 3. ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO 2 – AULA EXPERIMENTAL. OBSERVAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO DE CORES A PARTIR DE DIFERENTES FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ

NOME DO ALUNO

TÓPICOS E OBJETIVOS

Observar e analisar a reprodução de cores a partir de diferentes fontes de iluminação artificial usadas em ambientes comerciais e residenciais.

Analisar e compreender os princípios da reprodução de cores associados aos estudos em Espectrometria.

MATERIAL

- Bancada didática com soquete E27 para as lâmpadas
 - Alguns tipos de lâmpadas: Incandescentes, Fluorescentes Compactas Integradas e LED.
 - Papel cartão, gramatura 140g/m² em diferentes cores. Por exemplo azul e vermelho.
 - Câmera fotográfica/ Celular com Câmera (opcional)
-

PREPARAÇÃO

Inicialmente o professor deve explicar aos alunos como serão feitas as medições. A partir destas explicações, o professor deverá chamar a atenção para o que deve ser notado ao longo das observações a seguir, como por exemplo, as variações das cores das superfícies iluminadas, em resposta às fontes de iluminação artificial. Neste experimento, utilizaremos lâmpadas fluorescentes compactas, LED e incandescentes de potência e fluxo luminoso equivalentes.

Para tal, os alunos deverão se posicionar após a parte posterior da bancada, ficando de frente para as superfícies que serão iluminadas, e sem contato visual direto com as fontes de iluminação. Isso acontecerá para que o ofuscamento causado ao ligar as lâmpadas, não interfira na adaptação visual de cada aluno, alterando as percepções de cor do experimento.

PROCEDIMENTOS

A cada vez, acenda apenas uma fonte de luz artificial e observe a superfície de papel cartão iluminada. Neste experimento, utilizaremos lâmpadas fluorescentes compactas, LED e incandescentes de potência e fluxo luminoso equivalentes. Serão utilizadas duas cores de papel cartão, Azul e Vermelho. Desta forma, para cada uma das fontes, serão iluminados o papel Azul e o papel Vermelho. Apague a luz para a troca do papel, e aguarde cerca de 10 segundos para religar e observar a segunda cor, para que os olhos 'descansem'. Registre as percepções de cor observadas e responda às perguntas abaixo.

Troque a fonte para a próxima lâmpada. Para a próxima fonte, espere cerca de dois a três minutos para as novas observações.

É importante certificar-se de que as cores visualizadas são referentes à fonte observada. Isso, para os casos em que o experimento estiver sendo realizado com a presença de alguma outra luz (luz solar, iluminação artificial do ambiente, são algumas possibilidades), além da fonte que está em observação.

REGISTROS

A etapa de REGISTROS requer espírito científico, observação atenta. Após cada observação, as questões devem ser respondidas, de acordo com a lâmpada observada. Se precisar de mais tempo para as respostas, solicite ao professor antes de iniciar outra demonstração.



Lâmpada LED tipo bulbo

De acordo com a cor percebida da superfície iluminada, como você classificaria a reprodução de cores dessa fonte?

Excelente. 😊

Boa. 😊

Regular. 😐

Ruim. 😞



Lâmpada FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA (FCI)

De acordo com a cor percebida da superfície iluminada, como você classificaria a reprodução de cores dessa fonte?

Excelente. 😊

Boa. 😊

Regular. 😐

Ruim. 😞

Em comparação com a fonte anterior (LED tipo bulbo), como você classificaria a reprodução de cores desta fonte?

Melhor. 😊

Equivalente. 😊

Pior. 😞



Lâmpada INCANDESCENTE

De acordo com a cor percebida da superfície iluminada, como você classificaria a reprodução de cores dessa fonte?

Excelente. 😊

Boa. 😐

Regular. 😞

Ruim. ☹️

Em comparação com a fonte anterior (FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA (FCI), como você classificaria a reprodução de cores desta fonte?

Melhor. 😊

Equivalente. 😐

Pior. 😞

Com base nos estudos, seus conhecimentos e observações sobre o a composição da luz e a espectrometria, como você explicaria a diferença entre os índices de reprodução de cada fonte artificial utilizada?

Se você precisasse escolher um destes tipos de lâmpada para iluminar um expositor de frutas em uma área de hortifrúti de um supermercado, qual das três tecnologias de iluminação testadas é a mais adequada? Justifique sua escolha.



PREPARAÇÃO PARA O ENCONTRO 4

Para o quarto encontro está prevista a utilização das metodologias EsM e IpC. Serão abordados no E4 a **Radiação do Corpo Negro e Temperatura de Cor Correlata**.

O professor irá organizar, disponibilizar e compatibilizar um material didático informativo e uma avaliação prévia a respeito dos temas previstos para o encontro. Ao final desta seção, segue uma sugestão de TL para o E4 que pode ser utilizada, ou servir de orientação.

Os alunos deverão estudar o material disponibilizado e responder às questões prévias, e enviar as repostas ao professor, com até dois dias de antecedência do E4.

Com base nas repostas, o professor irá preparar as aulas com foco no esclarecimento das dúvidas conceituais evidenciadas nas respostas dadas nos testes prévios.

O material será compartilhado via plataforma de comunicação.

A atividade inclui uma simulação computacional no site do Phet Colorado⁵ (https://phet.colorado.edu/pt_BR/).

https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_pt.html

⁵ Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

TL. TAREFAS DE LEITURA PARA O ENCONTRO 4

TL3 TEXTO 1. Adaptado de – Os Fundamentos da Física – Temas Especiais - A Radiação do Corpo Negro, EDITORA MODERNA e do Trecho do Khan Academy sobre Ondas Eletromagnéticas. Realizar o estudo do texto 1 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

Um corpo em qualquer temperatura emite radiações eletromagnéticas. Por estarem relacionadas com a temperatura em que o corpo se encontra, frequentemente são chamadas **radiações térmicas**. Por exemplo, “percebemos” a emissão de um ferro aquecido, mas não enxergamos as ondas por ele emitidas. É que em baixas temperaturas a maior taxa de emissão está na faixa do infravermelho.



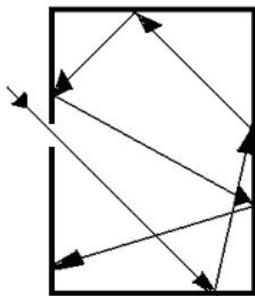
Fonte: [1] Casodecasa.com [2] Pinterest.com

Aumentando-se gradativamente a temperatura de um corpo, ele começa a emitir luz visível, de início a luz vermelha, passando a seguir para a amarela, a verde, a azul e, em altas temperaturas, a luz branca, chegando à região do ultravioleta do espectro eletromagnético.



Fonte: [3] Explorecuriosity.org [4] G1.globo.com [5]

Para o estudo das radiações emitidas foi idealizado um corpo, denominado corpo negro. O **modelo prático** mais simples de um corpo negro é o de uma pequena abertura num objeto oco (figura 6): qualquer radiação que entra vai sendo refletida e absorvida nas paredes e acaba por ser completamente absorvida. Se o objeto oco for aquecido por uma fonte de calor no seu interior, há emissão de radiação pelo orifício.



Importante!

Nesse modelo, é a abertura que constitui o corpo negro.

Fonte: [6] Velhaquantica.blogspot.com

O corpo negro absorve toda radiação que nele incide, isto é, sua absorvidade é igual a 1 ($a = 1$) e sua refletividade é nula ($r = 0$), decorrendo deste último fato seu nome (negro). **O corpo negro não tem cor à reflexão, mas pode ter cor à emissão.**

Todo absorvente é bom emissor. Logo, o corpo negro, além de absorvedor ideal, é também um emissor ideal. Sua emissividade é igual a 1 ($e = 1$). Um corpo negro, independentemente do material com que é confeccionado, emite radiações térmicas com a mesma intensidade, a uma dada temperatura e para cada comprimento de onda. Daí decorre o uso do corpo negro para o estudo das radiações emitidas. Através do orifício tem-se a emissão de radiação por aquecimento.

Na figura 7 apresentamos dados experimentais relacionando a intensidade da radiação emitida por um corpo negro em função do comprimento de onda, a uma dada temperatura.

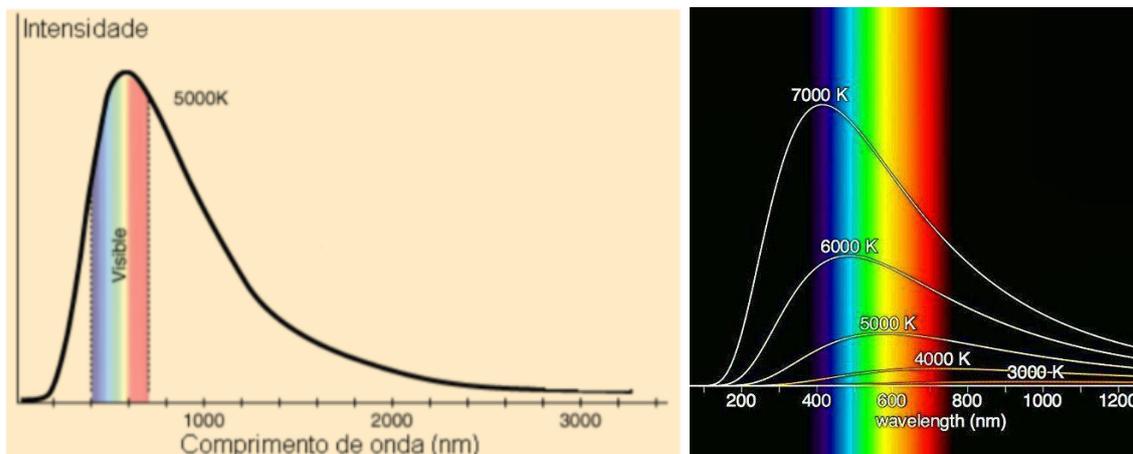


Figura 7. Gráficos da intensidade da radiação em função do comprimento de onda [7.1] Editora Moderna [7.2] Pinterest.com

Observe nos gráficos acima que, para dado comprimento de onda, a intensidade da radiação adquire valor máximo. Repetindo-se a mesma experiência para temperaturas diferentes, obtêm-se os resultados mostrados na figura 7.2.

Desses resultados concluímos que:

- **Aumentando-se a temperatura, para um dado comprimento de onda, a intensidade da radiação aumenta.**

A lei de **Stefan-Boltzmann**, aplicada ao corpo negro fornece a intensidade total I da radiação emitida:

$$I = \sigma \cdot T^4$$

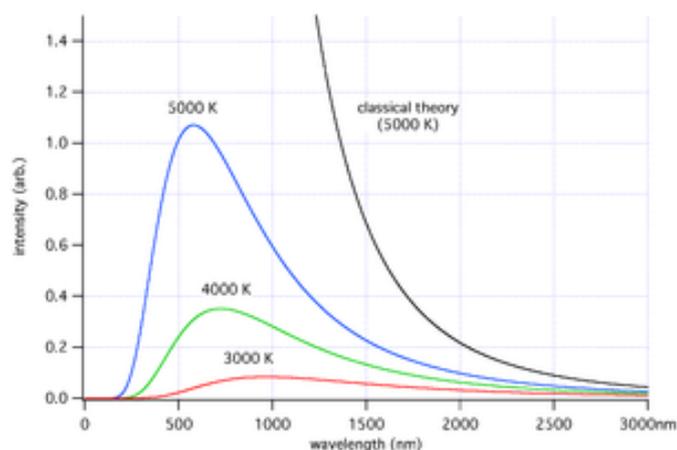
onde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ é a constante de **Stefan-Boltzmann**.

- **Aumentando-se a temperatura, o pico da distribuição se desloca para comprimentos de onda menores.**

De acordo com a lei de deslocamento de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Ao explicar por meio da teoria clássica os resultados experimentais obtidos, observou-se que, para grandes comprimentos de onda, havia certa concordância com os resultados experimentais. Entretanto, para comprimentos de onda menores havia grande discordância entre a teoria e a experiência (figura 8). Esta discordância é conhecida como “**catástrofe do ultravioleta**”.



Fonte: [8] Pinterest.com

Em dezembro de 1900, o físico alemão Max Planck apresentou à Sociedade Alemã de Física um estudo teórico a respeito da emissão de radiação de um corpo negro, deduzindo a equação que estava plenamente em acordo com os resultados experimentais. Entretanto, “para conseguir uma equação a qualquer custo”, teve que considerar a existência, na superfície do corpo negro, de cargas elétricas oscilantes que emitem energia radiante não de modo contínuo, como sugere a teoria clássica, mas sim em porções descontínuas, “partículas” que transportam, cada qual, uma quantidade de energia E bem definida. Essas “partículas” foram denominadas “**fótons**”. A energia E de cada fóton é denominada **quantum** (no plural **quanta**).

E como lemos anteriormente no texto da TL1 – Khan Academy sobre logo após os conceitos básicos das ondas eletromagnéticas ...

Quantização de energia e a dupla natureza da luz

Nós já descrevemos como a luz viaja no espaço em forma de onda. Isso já é sabido há bastante tempo. Na verdade, o físico holandês Christiaan Huygens descreveu a natureza de onda da luz pela primeira vez já no final do século XVII. Aproximadamente 200 anos após Huygens, alguns físicos declararam que as ondas de luz e a matéria eram muito distintas entre si. De acordo com os físicos clássicos, a matéria seria composta de partículas que tinham massa e cuja posição no espaço poderia ser conhecida. Por outro lado, considerava-se que as ondas de luz tinham massa igual a zero, e que sua posição no espaço não poderia ser determinada.

Como elas eram classificadas em categorias diferentes, os cientistas não tinham um bom entendimento de como a luz e a matéria interagiam. No entanto, tudo isso mudou em 1900, quando o físico Max Planck começou a estudar os corpos negros – corpos que são aquecidos até ficarem incandescentes.



Fonte: Khan Academy. *Lava derretida emitindo radiação de corpo negro.* Imagem de cortesia de U.S. Geological Survey.

Planck descobriu que a radiação eletromagnética emitida por corpos negros não poderia ser explicada pela física clássica, que considerava que a matéria poderia absorver ou emitir qualquer grandeza de radiação eletromagnética. Planck observou que, na verdade, a matéria absorvia ou emitia energia, apenas em múltiplos de números inteiros do valor $h\nu$, em que h é a constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, e ν é a frequência da luz absorvida ou emitida. Esta foi uma descoberta chocante, pois desafiou a ideia de que a energia era contínua e que poderia ser transferida em qualquer grandeza. A realidade, descoberta por Planck, é que a energia não é contínua, mas quantizada — o que significa que ela só pode ser transferida em "pacotes" individuais (ou partículas) do tamanho $h\nu$. Cada um desses pacotes de energia é chamado de quantum (plural: quanta).

A descoberta de Planck sobre a radiação eletromagnética ser quantizada mudou para sempre a ideia de que a luz se comporta puramente como uma onda. Na verdade, a luz mostrou ter tanto as propriedades de onda como as propriedades de partícula.

A solução encontrada por Planck, ao resolver a questão do corpo negro, considerando que a energia é quantizada, permitiu explicar outros conceitos físicos a nível microscópico. Por isso, a data de dezembro de 1900 é considerada o marco divisório entre a Física Clássica e a Física Quântica – a teoria física dos fenômenos microscópicos

O fóton

As descobertas de Planck abriram caminho para a descoberta do fóton. Um fóton é a partícula elementar, ou quantum, da luz. Como veremos em breve, os fótons podem ser absorvidos ou emitidos por átomos e moléculas. Quando um fóton é absorvido, sua energia é transferida para tal átomo ou molécula. Como a energia é quantizada, toda a energia do fóton é transferida (lembre-se de que não é possível transferir frações de quanta, que são os menores "pacotes individuais de energia" possíveis). O inverso deste processo também é verdadeiro. Quando um átomo ou molécula perde energia, ele(a) emite um fóton que carrega uma energia exatamente igual à perda de energia do átomo ou molécula. Esta mudança de energia é diretamente proporcional à frequência do fóton emitido ou absorvido. Esta relação é dada pela famosa equação de Planck:

$$E = h\nu$$

em que E é a energia do fóton absorvido ou emitido (dada em Joules, J), ν é a frequência do fóton (dada em Hertz, Hz), e h é a constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Exemplo: como calcular a energia de um fóton

Um fóton tem uma frequência igual a $2,0 \times 10^{24} \text{ Hz}$.

Qual é a energia deste fóton?

Primeiro, podemos aplicar a equação de Planck.

$$E = h\nu$$

Agora, vamos inserir o valor dado para a frequência e também o valor da constante de Planck, h , e vamos resolver.

$$E = (6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \cancel{\text{s}}) \times (2,0 \times 10^{24} \cancel{\text{ s}^{-1}}) = 1,3 \times 10^{-9} \text{ J}$$

Responda as questões via GoogleForms e aproveite a formatação rápida e prática! Para responder acesse o endereço eletrônico a seguir, ou utilize um leitor de QR Code.

<https://goo.gl/forms/n1wrQYHD6fKVu5um2>



Questões TL3. Texto 1.



TL3 TEXTO 2. TRECHO DE BROCKINGTON, (2005). Realizar o estudo do texto 2 e responder às questões abaixo. As respostas deverão ser enviadas para a professora com antecedência de até dois dias para o próximo encontro.

Um breve relato histórico: das origens da “Velha Mecânica Quântica” (1900-1924) à “Verdadeira Mecânica Quântica” (1925-1927)

Ao apresentar os resultados de seus trabalhos na Sociedade Alemã de Física, em 14 e dezembro de 1900, **Max Planck** instaurou o germe das transformações que mudariam a Física para sempre (PAIS, 1982). Por meio de uma hipótese que a ele mesmo desgostava, Planck foi capaz de explicar os resultados experimentais do **espectro de emissão da radiação do corpo negro**.

A principal característica de um corpo negro é a absorção de toda a radiação térmica que incide sobre ele. Esse poder de absorção representa a quantidade de energia incidente absorvida, sendo que uma fração de energia é reemitida em forma de ondas eletromagnéticas. Qualquer corpo aquecido emite radiação que corresponde a uma determinada cor. Esta coloração é resultante da mistura de radiações eletromagnéticas de diferentes frequências, cada uma com sua própria intensidade. Assim, um pedaço de metal aquecido pode emitir uma luz de cor vermelha, na faixa do visível, e radiação infravermelha invisível ao olho humano. A radiação emitida por um corpo negro pode, então, ser examinada por um espectroscópio para se determinar cada intervalo de frequência que constitui essa mistura, de modo que as proporções das intensidades de cada cor podem ser medidas experimentalmente.

Diversos resultados experimentais estavam disponíveis no final do século XIX, evidenciando como a

A principal característica de um corpo negro é a absorção de toda a radiação térmica que incide sobre ele.

energia radiante é emitida para diferentes frequências. Esses resultados levaram os físicos (G. Kirchhoff, W. Wien, Lord Rayleigh, J. Stefan, L. Boltzmann, entre outros) a buscar uma lei que regesse a emissividade do corpo negro por meio dos pilares teóricos da física até aquele momento: o eletromagnetismo, a termodinâmica e a mecânica estatística. **Contudo, as tentativas teóricas de explicar o comportamento da radiação eram incompatíveis com os resultados experimentais.** Essa discordância entre teoria-experimentação constituiu-se em um grave problema para a física do final do século XIX (JAMMER, 1966). Após inúmeras tentativas frustradas de obter os resultados experimentais conhecidos a partir de manipulações teóricas, **Planck percebeu que a radiação do corpo negro dependia apenas da temperatura de suas paredes, e não de sua natureza.** Sendo assim, lançou mão de uma hipótese *ad hoc*, considerando que as paredes do corpo negro eram constituídas de osciladores, elementos finitos de energia, responsáveis pela emissão da radiação eletromagnética. A partir de conjecturas teóricas e manipulações algébricas ele deduz a equação que iria marcá-lo para sempre como o descobridor da **lei da radiação**:

$$\mathcal{E} = h \nu$$

O que tornava a hipótese fisicamente problemática era o fato de esses osciladores poderem vibrar apenas com determinados valores de energia. De acordo com as teorias da época, esperava-se que a energia dos osciladores pudesse assumir qualquer valor, considerando-a de

forma contínua, de modo que emitissem radiação em qualquer frequência.



Fonte: Imagem com fonte não identificada (Ilegível)

Entretanto, ainda que incompatível com as teorias vigentes, foi por meio da quantização da energia por ele proposta que se obtiveram previsões teóricas em pleno acordo com os experimentos. Como não havia nada parecido naquele momento, mesmo sendo capaz de reproduzir com precisão os resultados experimentais, sua teoria não obteve tanta repercussão, até ser incorporada pelos trabalhos de Albert Einstein (JAMMER, 1974; PAIS, 1982). **Assim, em 1900, Planck soluciona o problema da radiação do corpo negro do ponto de vista teórico preliminar, mas sua solução teórica completa só foi totalmente encontrada em 1926, com a utilização da estatística quântica. Contudo, “os resultados de Planck foram, desde o início, uma fonte de inspiração e perplexidade para Einstein”** (PAIS, 1982, p.440). No artigo publicado em março de 1905, que lhe rendeu o prêmio Nobel, Einstein buscou compreender fisicamente o que Planck havia feito, pois percebia que essa formulação concordava com os dados experimentais, mas não com a teoria. Em seu artigo, ele considera a existência de imperfeições na dedução de Planck e as analisa em detalhes. **Desta maneira, ele busca estudar a radiação do corpo negro por um caminho distinto do utilizado por**

Sendo assim, sem utilizar a equação de Planck, Einstein formula a hipótese do quantum de luz a partir da relação entre a entropia da lei de radiação de Wien e o volume de um gás ideal clássico.

Einstein propôs, com profundas consequências físicas, que a ideia de quantização deveria ser estendida também às ondas eletromagnéticas, afirmando que essa quantização é uma propriedade da radiação eletromagnética livre. Ele, então, estende essa propriedade à interação da luz com a matéria.

Planck.

Sendo assim, sem utilizar a equação de Planck, Einstein formula a hipótese do quantum de luz a partir da relação entre a entropia da lei de radiação de Wien e o volume de um gás ideal clássico. Segundo Pais, sua dedução baseia-se numa mistura de física teórica clássica e de um pedaço de informação experimental que desafia a descrição em termos clássicos. A genialidade da hipótese do quantum de luz reside na intuição de escolher o pedaço correto da informação experimental e os ingredientes teóricos corretos, absolutamente simples (PAIS, 1982, p.446).

Einstein propôs, com profundas consequências físicas, que a ideia de quantização deveria ser estendida também às ondas eletromagnéticas, afirmando que essa quantização é uma propriedade da radiação eletromagnética livre. **Ele, então, estende essa propriedade à interação da luz com a matéria. Einstein propõe que a energia eletromagnética se concentra em uma pequeníssima região do espaço.** Assim, a energia seria localizada e seu valor era $\mathcal{E} = h \nu$, sendo h a mesma constante que aparecia no diferente contexto do problema do corpo negro. **Deste modo, sendo que “a radiação monocromática se comporta como um meio discreto constituído de quanta de energia”** (EINSTEIN apud PAIS, 1982, p. 447) surgia a conjectura do modelo corpuscular para a luz. **Considerada pelo próprio Einstein como sua única contribuição revolucionária** (PAIS, 1982 p. 445), esta hipótese

foi, sem dúvida, sua grande audácia.

Sua proposta foi audaciosa, pois a hipótese do quantum de luz como uma propriedade da radiação eletromagnética livre estava em desacordo com o quadro teórico do eletromagnetismo de Maxwell.

Ainda que verse sobre as propriedades da luz, este trabalho de Einstein é sempre lembrado por sua interpretação do efeito fotoelétrico. **Ao estender a quantização da radiação à interação da luz com a matéria, Einstein previu a realização de experimentos possíveis de medir alguns parâmetros do efeito fotoelétrico.** Caso sua hipótese estivesse correta, seria possível confirmar, por meio dos dados experimentais, as previsões dos resultados por ela fornecidos.

BROCKINGTON, GUILHERME. A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para

estudantes do Ensino Médio. Dissertação de mestrado. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA E FACULDADE DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). 2005.

Questões TL3. Texto 2.



Responda as questões via GoogleForms e aproveite a formatação rápida e prática! Para responder acesse o endereço eletrônico a seguir, **ou utilize um leitor de QR Code.**

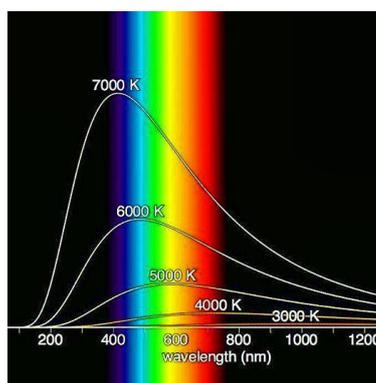
<https://goo.gl/forms/1p0ZaimOpfoELs9c2>



Questões TL3. Texto 1

1. O que diferencia a radiação térmica da radiação de luz visível?
2. Sabe-se que o corpo humano emite radiações térmicas. Há sensores utilizados em sistemas de segurança para a detecção destas radiações. Se você fosse calibrar um sensor para fazer uma leitura deste tipo de radiação, qual faixa de comprimento de onda você utilizaria para detecção de presença humana?
3. O que é um corpo negro?
4. (UFJF) Um pedaço de metal brilha com uma cor avermelhada a 1100K . Entretanto, nessa mesma temperatura, um pedaço de quartzo não brilha. Explique este fato sabendo-se que, ao contrário do metal, o quartzo é transparente à luz visível.

5. Explique o comportamento da luz, conforme as explicações da Física Clássica e da Física Moderna? No entendimento atual da ciência, a luz se comporta como onda ou como corpúsculo (partícula)?
6. De acordo com o gráfico a seguir, sabemos que a intensidade de radiação, está associada a alguns comprimentos de ondas, e é máxima nestes pontos, como pode ser visto para diferentes temperaturas. Ao amanhecer o comprimento de onda a luz solar possui uma grande quantidade de comprimentos de onda em valores próximos à 660nm, enquanto próximo ao meio-dia, é possível medir uma grande quantidade de comprimentos de onda na faixa de 480nm. Sabendo que estes valores se referem ao pico de intensidade medido, estime qual o valor da temperatura em K (Kelvin), associados e quais as cores destacadas por estes pontos?



7. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não.
8. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
9. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não. Se sim, quais assuntos?

Questões TL3. Texto 2

10. Nas primeiras aulas desta Sequência Didática **Uma introdução pelas metodologias ativas aos projetos luminotécnicos à luz da física**, abordamos o desenvolvimento histórico e científico a partir do modelo atômico. No texto 2 (BROCKINGTON, 2005) é possível observar um paralelo com aquele modelo de construção do conhecimento científico. Com base nestes dois textos, como você entende que a ciência avança?
11. Como você entende a quantização da energia, proposta por Einstein, a partir das ideias de Planck?
12. Por que a ideia de Einstein sobre a energia quantizada foi tão contrária às concepções científicas da época?
13. O texto lido é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não.
14. Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas.
15. Você gostaria que algum assunto no texto ou nessa tarefa, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não. 16. Se sim, quais assuntos?

ENCONTRO 4. AULAS 9, 10 e 11 – Aplicação EsM e IpC

Conteúdo. Radiação do Corpo Negro. Quantização de energia e dualidade da natureza da luz: onda ou partícula? Temperatura de Cor Correlata

Local. Sala de aula

Recursos didáticos necessários. Datashow, computador

A MA proposta para este encontro é o uso do IpC, que começa com uma aula expositiva breve sobre um dos conteúdos previstos, conforme apresentado por VIEIRA (2013). Serão realizadas as sequências da metodologia, uma para cada um dos conteúdos, a saber, **Radiação de Corpo Negro. Noções sobre a Quantização de energia Temperatura de Cor Correlata.** Utilizando um software de apresentação será feita uma aula expositiva de 15 a 20 minutos pelo professor. Recomenda-se o uso do Prezi©. Uma sugestão, está disponível em <<https://goo.gl/As10cQ>>.

Seguindo, com base na aplicação da metodologia de IpC, são aplicados os TC.

Os alunos irão votar com o uso de cartões resposta (Plickers©). O professor através de um *smartphone* ou computador, recebe em tempo real, as respostas. Com base nos índices de acertos, o professor irá informar aos alunos os percentuais atingidos. Caso abaixo de 30%, o professor irá apresentar uma aula expositiva sobre o tema, e proceder novos testes. Se estiverem entre 30 e 70%, os alunos irão discutir em pares, em instantes depois, o teste é novamente respondido. Com base nos percentuais de acertos, faz-se ou não, uma nova explanação e dúvidas. E novamente os alunos respondem aos testes.

Se estiverem acima de 70% o professor pode optar por apresentar mais testes de aprofundamento, ou seguir a um próximo conteúdo. A quantidade de testes a ser feita dependerá da assimilação do conteúdo, baseada nas respostas aos testes.

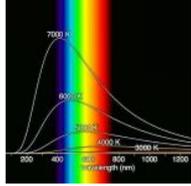
Ao final desta seção seguem sugestões de TC para este encontro.

TC6. Quantização da energia

plickers
Library
Reports
Classes
Live View
Cards
Help
P. Souza

Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Quantização da energia

1. A energia de um fóton de luz amarela é:



A menor que a de um fóton de luz vermelha.
 B maior que a de um fóton de luz laranja.
 C igual à de um fóton de luz verde.
 D maior que a de um fóton de luz violeta.

Collapse



Engenheiros Inovadores



Elétricos! ;o)

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

2. Considere as afirmações abaixo sobre a luz:

I) A energia da luz depende da sua intensidade, quanto mais intensa ela for, maior sua energia.
 II) A energia da luz depende da frequência, assim luzes de frequências diferentes têm energias diferentes.
 III) A luz se comporta como onda quando se propaga, mas se comporta como partícula quando interage com a matéria.
 IV) A luz azul tem maior energia que a luz amarela.

São corretas as afirmações:

A I e II.
 B II e III.
 C I, II, III.
 D II, III e IV.

Collapse



Engenheiros Inovadores



Elétricos! ;o)

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

3. Utilizando um controlador, aumenta a intensidade da luz emitida por uma lâmpada de cor vermelha, sem que esta cor se altere. Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que a intensidade da luz aumenta porque:

A A frequência da luz emitida pela lâmpada aumenta
 B O comprimento de onda da luz emitida pela lâmpada aumenta.
 C A energia de cada fóton emitido pela lâmpada aumenta.
 D O número de fótons emitidos pela lâmpada, a cada segundo, aumenta.

Collapse



Elétricos! ;o)



Elétricos! ;o)

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

TC7. Radiação de Corpo Negro

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. Souza

/ Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Radiação de Corpo Negro

1. (UEL) A faixa de radiação eletromagnética perceptível dos seres humanos está compreendida entre o intervalo de 400 a 700 nm. Considere as afirmativas a seguir:
 I - A cor é uma característica somente da luz absorvida pelos objetos;
 II - Um corpo negro ideal absorve toda a luz incidente, não refletindo nenhuma onda eletromagnética;
 III - A frequência de uma determinada cor (radiação eletromagnética) é sempre a mesma;
 IV - A luz ultravioleta tem energia maior do que a luz infravermelha.

A Somente as afirmativas I e II são corretas.
 B Somente as afirmativas II e IV são corretas.
 C Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.
 D Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

Collapse

Engenheiros Inovadores

Elétricos! ;o)

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

2. Um radiador ideal - ou também chamado corpo negro - é um corpo cuja radiação depende apenas de sua temperatura. A melhor cor para pintar um radiador, no que tange à eficiência de aquecimento é uma cor:

A preta.
 B branca.
 C metálica.
 D na realidade não importa.

Collapse

Engenheiros Inovadores

Elétricos! ;o)

Engenheiros Inovadores

Engenheiros Inovadores

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

3. (UFPR) A equação que descreve o espectro de radiação emitido por um corpo negro foi descoberta por Max Planck em 1900, sendo posteriormente chamada de Lei da Radiação de Planck. Ao deduzir essa equação, Planck teve que fazer a suposição de que a energia não poderia ter um valor qualquer, mas que deveria ser um múltiplo inteiro de um valor mínimo. O gráfico abaixo mostra a intensidade relativa da radiação emitida por um corpo negro em função do comprimento de onda para três diferentes temperaturas. A região visível do espectro compreende os comprimentos de onda entre 390 nm e 780 nm, aproximadamente, que correspondem às cores entre o violeta e o vermelho.

Com base nessas informações e no gráfico a seguir, considere as seguintes afirmativas, e em seguida, assinale a alternativa correta.

I) A Lei da Radiação de Planck depende da temperatura do corpo negro e do comprimento de onda da radiação emitida.
 II. O princípio de funcionamento de uma lâmpada incandescente pode ser explicado pela radiação de corpo negro.
 III. Para a temperatura de 3000 K, a maior parte da radiação emitida por um corpo aquecido está na faixa do infravermelho.

A Somente a afirmativa I é verdadeira.
 B Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
 C Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
 D As afirmativas I, II e III são verdadeiras.

Collapse

Engenheiros Inovadores

Elétricos! ;o)

Elétricos! ;o)

Engenheiros Inovadores

Engenheiros Inovadores

Engenheiros Inovadores

+ Add to Queue...

TC8. Temperatura de Cor Correlata

plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. SOUZA

My Library / Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Temperatura de Cor

1. Com base nos estudos que desenvolvemos acerca das características da luz e das fontes artificiais de iluminação, analise as afirmações, e a seguir, marque a opção correta:

I. A Temperatura de Cor é uma grandeza considerada apenas em alguns projetos luminotécnicos, pois pouco influencia o comportamento das pessoas que utilizam o ambiente, exceto em projetos com maior exigência estética e de maior investimento tecnológico.

II. É possível produzir diferentes Temperatura de Cor em todas as fontes de luz artificiais, uma vez que esta grandeza depende apenas da composição química dos compostos usados no gás que compõe a lâmpada.

III. As Temperaturas de Cor das lâmpadas estão associadas às radiações térmicas emitidas pelas diferentes tecnologias de iluminação. As lâmpadas incandescentes e halógenas possuem valores de Temperatura de Cor entre 2700K e 3000K, sendo consideradas cores quentes.



A Apenas as afirmações I e III estão corretas.
 B Apenas as afirmações II e III estão corretas.
 C Apenas a afirmação I está correta.
 D Nenhuma das afirmações está correta.

Collapse

Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)
 Engenheiros Inovadores
 Engenheiros Inovadores

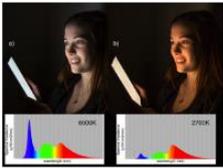
+ Add to Queue...

2. Alguns recentes estudos, evidenciam que a má qualidade do sono em adolescentes e a sonolência diurna resultante têm sido associadas a prejuízos no desempenho acadêmico e podem causar uma série de problemas como instabilidade emocional, dificuldades de aprendizagem, atraso escolar e absenteísmo (Cocachen et al., 2004; 2011; Dewald et al., 2010; Eggermont & van den Bulck, 2006). Foi sugerido que um potencial fator contribuinte para o sono deficiente dos adolescentes é o uso crescente de tecnologia de tela (por exemplo, computadores, televisões e comprimidos) nas horas anteriores ao sono (Gradisar et al., Na imprensa, Kaiser Family Foundation [KFF], 2010). A maioria das evidências mostram que a exposição à luz noturna brilhante suprime a secreção de melatonina endógena para aumentar o estado de alerta e atrasar o tempo de sono (Cajochen et al., 2005, Caco et al., 2011, Vandewalle et al., Wright E Lack, 2001, Wright et al., 2001). Com relação aos estudos enunciados e seu conhecimento a respeito da Temperatura de Cor da luz, julgue os itens abaixo.

I. Pode-se inferir que um dos mecanismos propostos para o impacto positivo da tecnologia no sono é a exposição à luz de tela brilhante.

II. A propensão para a exposição noturna à tela para suprimir a melatonina e aumentar o estado de alerta poderia explicar como tarde tecnologia de tela de noite pode afetar o sono.

III. A luz de comprimento de onda curto (por exemplo, 497 nm verde, 525 nm verde) suprime a melatonina e aumenta a vigiância, enquanto a luz de comprimento de onda longo (por exemplo, 660 nm vermelho, âmbar 595 nm) não tem efeito discernível. Esses valores de frequência estão associados à Temperatura de Cor, utilizadas nas telas.



A Apenas a afirmativa II está correta.
 B Apenas as afirmativas II e III estão corretas.
 C Apenas a afirmativa III está correta.
 D Todas as afirmativas estão corretas.

Collapse

Elétricos! :o)
 Elétricos! :o)
 Engenheiros Inovadores

TC8. Temperatura de Cor Correlata

 plickers Library Reports Classes Live View Cards Help P. SOUZA

My Library / Sob a luz de novas explicações / 2. Física Moderna / Temperatura de Cor

3. Você é um engenheiro responsável por elaborar uma proposta de iluminação para uma indústria de alimentos. Com base nos seus estudos acerca das tecnologias de iluminação incandescentes, de descarga (fluorescentes e de descarga de alta pressão), do Índice de Reprodução de Cores (IRC) e da Temperatura de Cor (TCC).

I. Por produzir alimentos, é importante que a iluminação da indústria tenha uma Alta Reprodução de Cores, e por isso, deve-se considerar no projeto a opção com o uso de lâmpadas incandescentes e halógenas em alguns setores.

II. Sabe-se que os LED's são a última tecnologia em iluminação, pois todos apresentam excelente reprodução de cores (IRC alto) e podendo ser produzidos em diferentes Temperaturas de Cor, além de serem a opção mais econômica e com maior durabilidade. Assim, variando-se as escolhas da TCC, a melhor opção para a planta industrial, é a tecnologia em LED.

III. Em um ambiente de produção industrial é exigido que se tenha foco e atenção às atividades desenvolvidas, sendo ideal portanto, que toda tecnologia de iluminação para uma fábrica tenha uma Temperatura de Cor alta, em torno de 5000K.

IV. As lâmpadas de descarga, com alta TCC podem ser consideradas para um projeto industrial. Nas opções de baixa pressão (fluorescentes tubulares) o consumo é baixo e são a melhor opção para o ambiente corporativo, escritórios e administração. Ao passo que as lâmpadas de descarga de alta pressão, são a melhor opção para o setor produtivo, pois todas possuem um alto 'pacote' de iluminação (fluxo luminoso), e possuem ótima reprodução de cores (IRC).

A Apenas as alternativas I e III estão corretas.
B Apenas a alternativa III está correta.
C Apenas as alternativas II e III estão corretas.
D Apenas a alternativa IV está correta.

[Collapse](#)

● Elétricos! :o)
● Elétricos! :o)
● Engenheiros Inovadores

[+ Add to Queue...](#)

ENCONTRO 5. AULAS 12 e 13 – Problemas de Luminotécnica, 1ª sessão tutorial do PBL

Conteúdo. Luminotécnica: o que envolve o ato de projetar iluminação?

Local. Sala de aula

Recursos didáticos necessários. Datashow, computador

Para o Encontro 5 está prevista a utilização da metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Serão abordados no encontro a **Luminotécnica**, e **O que envolve o ato de projetar iluminação?**

O professor deve iniciar a aula com uma exposição, estimulando os alunos a pensar as múltiplas variáveis a serem atendidas ao se desenvolver um projeto, para além das características técnicas. Sugerimos ao professor a exibição do vídeo com as respostas à esta pergunta, e que foi elaborado com respostas de alunos universitários, estudantes de Engenharia. O vídeo tem duração de dois minutos, é intitulado ‘O que é projetar? Que tal pensarmos?’, e está disponível no endereço <<https://goo.gl/BXJaqV>>.

Uma sugestão de aula com o uso do Prezi, está disponível em <<https://goo.gl/pNFsug>>, que inclui uma apresentação da metodologia PBL aos alunos.

O professor prosseguirá realizando uma explicação sobre a estrutura básica da metodologia PBL a ser utilizada nesta, e nas próximas aulas – Encontro 6.

A turma será dividida em grupos de 5 a 6 alunos. Cada grupo receberá um problema de uma instalação luminotécnica, a ser desenvolvido com os objetivos e parâmetros de projeto, a serem atingidos. É importante que as situações-problema, sejam o mais próximo possível de situações reais.

Serão distribuídos 2 problemas distintos, sendo que desta forma, teremos como comparar e problematizar as propostas de grupos que recebam o mesmo problema. Cada grupo, apresentará a solução de seu problema à turma. A turma irá dialogar com base no conhecimento construído ao longo do processo, promovendo um debate para a melhor solução. O professor irá prestar tutorias, bem como avaliar a interação, o comprometimento, o desenvolvimento e a participação individual dos alunos na atividade em grupo.

No PBL, os alunos irão distribuir entre eles, os papéis, e eleger, um coordenador, um relator e membros, de acordo com a estrutura de aplicação mostrada na apresentação do início desta aula. Numa próxima aplicação, é interessante que estes papéis sejam alterados.

Uma ficha referencial para organização dos dados levantados pelos alunos, nesta primeira sessão tutorial, encontra-se no final desta seção.

Ficha Referencial para o

DESENVOLVIMENTO de SOLUÇÃO para um PROBLEMA

Adaptado de RIBEIRO (2005) e SOUZA (2011)

Definição do PROBLEMA			
Com relação ao PROBLEMA		Com relação ao GRUPO	
IDEIAS/ HIPÓTESES	FATOS	QUESTÕES (OBJETIVOS) DE APREDIZAGEM	PLANO DE AÇÃO (PESQUISA)
Esse espaço é destinado às ideias propostas pelos integrantes do grupo para resolver o problema. Não deve haver censura às ideias que surgirem. Devem ser anotados o maior número de ideias possíveis.	Procure, no problema, evidências para suas ideias/ hipóteses (atividade com debate no grupo).	Registre conceitos relevantes para apresentar uma solução para o problema. Neste espaço, devem ser registrados todos os conceitos que o aluno do grupo tutorial irá pesquisar na fase de estudo autônomo (individual).	Registre nesse espaço o planejamento de como o grupo irá buscar os conceitos que faltam para a solução, ou seja, como irá responder às Questões de Aprendizagem. (Como, Quem, Quando, Onde?)
Coordenador	Relator	Porta-Voz	Membros

□

BREVE APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA ATIVA – PBL

O PBL será dividido em duas sessões tutoriais, sendo a primeira neste encontro, e a segunda sessão tutorial, na aula seguinte, preferencialmente com uma semana de intervalo entre os encontros. A dinâmica de aplicação da metodologia PBL na primeira sessão é sistematizada em 7 passos que visam estruturar sua realização, conforme descritos a seguir.

1ª Sessão Tutorial

1º passo. Apresenta-se o problema na forma de um texto e/ou material audiovisual, constituindo a **abertura** do problema. Neste primeiro passo deve-se esclarecer os termos difíceis, para a compreensão do problema a ser resolvido.

2º passo. Neste momento deve-se, a partir da compreensão do contexto apresentado, identificar qual (is) o(s) problema(s) que necessitam de solução.

3º passo. Deve ser feita a discussão dos problemas a partir dos conhecimentos prévios do grupo. Neste momento, serão compartilhadas as informações e iniciada a elaboração de hipóteses diagnósticas para a solução do problema. Alguns textos identificam essa tempestade de ideias como um brainstorm. É importante eleger um coordenador de atividades (líder) e um relator (secretário), e à medida que sejam realizadas outras dinâmicas que estas funções sejam rotacionadas entre os alunos. O coordenador deve gestar as discussões, incitando a participação de todos. O relator deve tomar notas das discussões, hipóteses e decisões do grupo.

4º passo. O quarto passo resume as informações debatidas, esclarece e relembra a todos os problemas identificados, as hipóteses diagnósticas e as contribuições parciais, com prós e contras, de todos os elementos do grupo.

5º passo. Neste momento serão formulados os objetivos de aprendizado, que consistem em identificar e relacionar o que cada aluno deverá estudar para aprofundar os conhecimentos incompletos, a partir das hipóteses formuladas.

6º passo. Esta é a etapa de estudos individuais a respeito dos objetivos de aprendizado definidos na etapa anterior. Estes estudos ocorrerão ao longo da semana, e serão compartilhados na próxima sessão tutorial.

7º passo. Este último passo – que acontecerá no Encontro seguinte – prevê um retorno ao grupo tutorial para a rediscussão dos problemas, com a contribuição dos estudos individuais, para o **fechamento** da solução do problema.

Ao final desta seção, seguem dois problemas de iluminação com sugestão de aplicação do PBL. Os problemas foram formulados de modo a explorar a busca por uma solução que abrangesse tópicos sobre: definição, propriedades e qualidade da luz visível; influência da luz sobre as atividades biológicas humanas; tipos, classificação grandezas da luz natural e artificial; definição e uso das tecnologias de iluminação disponíveis para uso, incluindo perfil de uso, vantagens e desvantagens de operação de cada uma delas.

Propostas de problemas para aplicação PBL aos Projetos Luminotécnicos

SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO HOSPITALAR



Diretrizes para a apresentação da proposta

Solicitamos por meio desta, junto à equipe de engenheiros deste escritório de serviços de Engenharia, uma proposta de iluminação para atendimento a um **Hospital Municipal**, na cidade de Jataí, localizada na região sudoeste do estado de Goiás. É necessário um **estudo das tecnologias de iluminação** a serem adotadas no dimensionamento dos projetos executivos, e consequente implantação. Os quantitativos serão posteriormente calculados com base na tecnologia adotada, após a aprovação da proposta apresentada. À sua equipe foi solicitado o planejamento de uma proposta luminotécnica considerando as necessidades técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas da iluminação objetivada de acordo com as especificações a seguir apresentadas.

SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO HOSPITALAR

DIRETRIZES PARA A APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

À sua equipe foi solicitado o planejamento de uma proposta luminotécnica considerando as necessidades **técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas da iluminação** objetivada, para cada um dos seguintes ambientes hospitalares:

1. Estacionamento
2. Recepção
3. Circulação
4. Consultórios Médicos
5. Capela
6. UTI e Sala de Recuperação Pós-Anestésica
7. Morgue
8. Almojarifado



SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO ESTABELECIMENTO EDUCATIVO DE ATENDIMENTO INFANTIL



Diretrizes para a apresentação da proposta

Solicitamos por meio desta, junto à equipe de engenheiros deste escritório de serviços de Engenharia, uma proposta de iluminação para atendimento a um **Estabelecimento Educativo de Atendimento Infantil – Creche João XXIII** – na cidade de Jataí, localizada na região sudoeste do estado de Goiás. É necessário um **estudo das tecnologias de iluminação** a serem adotadas no dimensionamento dos projetos executivos, e conseqüente implantação. Os quantitativos serão posteriormente calculados com base na tecnologia adotada, após a aprovação da proposta apresentada. À sua equipe foi solicitado o **planejamento de uma proposta luminotécnica** considerando as **necessidades técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas** da iluminação objetivada de acordo com as especificações a seguir apresentadas.

SOLICITAÇÃO DE PROPOSTA DE ILUMINAÇÃO ESTABELECIMENTO EDUCATIVO DE ATENDIMENTO INFANTIL

DIRETRIZES PARA A APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

À sua equipe foi solicitado o planejamento de uma proposta luminotécnica considerando as necessidades técnicas, funcionais, psicofisiológicas e econômicas da iluminação objetivada, para cada um dos seguintes ambientes:

1. Estacionamento
2. Recepção
3. Circulação
4. Salas de Aulas
5. Playground
6. Berçário
7. Coordenação Pedagógica
8. Cozinha



ENCONTRO 6. AULAS 14, 15 e 16 – Apresentação das Propostas e Avaliação – 2ª sessão tutorial do PBL

Conteúdo. Apresentação das Propostas Luminotécnicas Desenvolvidas e Avaliação das Metodologias

Local. Sala de aula

Recursos didáticos necessários. Datashow, computador

Neste encontro os alunos, reunidos nos grupos da aula anterior, irão continuar a discussão para o compartilhamento dos conhecimentos relevantes à solução do problema, realizando o que a metodologia classifica como 2ª Sessão Tutorial. Serão reservados cerca de 45 minutos para essa etapa. Após os estudos individuais propostos na estrutura do PBL, e realizados em ambiente extraclasse, este é um momento de troca de informações, e estabelecimento de um consenso para apresentar a solução.

Durante os debates, o professor deve circular em sala, ouvindo as dúvidas dos alunos e auxiliando com esclarecimentos conceituais. É interessante pontuar que o professor não dará respostas às perguntas, mas deverá orientar e instigar os alunos em suas reflexões, para que construam o conhecimento com base em seus debates e estudos. O professor deverá ainda, tomar notas para, a partir da observação dos grupos, buscar subsídios para avaliar a interação, o comprometimento, o desenvolvimento e participação individual dos alunos na atividade em grupo.

Após finalizada a 2ª sessão tutorial, os grupos de alunos irão apresentar à turma a solução da problematização recebida. Após a apresentação de cada grupo, a turma poderá opinar, concordar ou contrapor as soluções, com argumentação necessária a cada um dos casos.

Ao final, os alunos responderão três questionários, ainda relativos ao PBL, para que cada aluno avalie sua participação, a dos integrantes do grupo e a metodologia desenvolvida para a solução de problemas. Ao final desta seção, seguem três fichas referenciais para estas reflexões. Segue, ainda uma ficha referencial de avaliação, para avaliar o conjunto das MA desenvolvidas ao longo da SD.

Ficha Referencial para a

AUTOAVALIAÇÃO DO ALUNO

Adaptado de RIBEIRO (2005)



Nome do Aluno

Data

Selecione uma Nota

ATIVIDADE(S)	Selecione uma Nota				JUSTIFICATIVA
	E	B	R	I	
Contribuí com as ideias, fatos, debates, pesquisas.					
Utilizei vários recursos durante a minha INVESTIGAÇÃO/ PEQUISA.					
Ajudei a refletir sobre o problema.					
Contribuí com informações novas.					
Ajudei meu grupo a elaborar o trabalho.					
Adquiri conhecimentos novos por meio do processo de solução do problema.					

E EXCELENTE (8,0 A 10,0)	B BOM (6,0 A 7,9)	R REGULAR (4,0 A 4,9)	I INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)
------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

Alguns comentários que gostaria de deixar registrados a respeito da experiência.



Ficha Referencial para a

AVALIAÇÃO DO GRUPO. Adaptado de RIBEIRO (2005) e SOUZA (2011)

Nome do Aluno	Data			
Utilize a escala e as considerações a seguir para avaliar os outros membros do grupo				
ATIVIDADES	NOME DOS INTEGRANTES DO GRUPO			JUSTIFICATIVA
Esteve presente nos encontros, veio preparado para a discussão e contribuiu para os debates em grupo?				
Fez perguntas relevantes e respondeu às perguntas dos integrantes?				
Dispôs-se a realizar tarefas fora da sala de aula e a trazer material relevante para a discussão em grupo?				
Foi um bom ouvinte e respeitou a opinião dos outros?				
Contribuiu para a organização geral do grupo e para a construção do consenso?				

E EXCELENTE (8,0 A 10,0)	B BOM (6,0 A 7,9)	R REGULAR (4,0 A 4,9)	I INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)
------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

Alguns comentários a respeito do funcionamento e desempenho do Grupo.

Use este espaço para apresentar quaisquer dificuldades encontradas pelo grupo e estratégias de superação implementadas ou passíveis de serem implementadas em grupos futuros.

└

Ficha Referencial para a

AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PBL

Adaptado de RIBEIRO (2005)

	E	B	R	I
Proporcionou Motivação?				
Foi relevante para o aprendizado?				
Proporcionou integração de conhecimentos?				
Foi fácil obter material de pesquisa?				
O tempo foi suficiente para as atividades?				
Como você avalia a apresentação dos produtos (projetos) desenvolvidos?				
Como você avalia o alcance dos objetivos educacionais, pela PBL?				
Cite aqui outro item que gostaria de considerar.				

E	B	R	I
EXCELENTE (8,0 A 10,0)	BOM (6,0 A 7,9)	REGULAR (4,0 A 4,9)	INSUFICIENTE (0,0 A 3,9)

Alguns comentários a respeito da Metodologia.

Use este espaço para apresentar comentários de dificuldades ou pontos positivos que queira ressaltar, e que possam ser passíveis de serem implementadas na resolução de problemas futuros (PBL).

VII – PRODUTOS e INSTRUMENTOS AVALIATIVOS

Os instrumentos de avaliação serão produzidos a partir dos objetivos de aprendizagem traçados para cada módulo da SD. Desta forma, o professor deve elaborar uma avaliação formativa do desenvolvimento do aluno, ao longo do processo, e de forma a adequar aos objetivos da disciplina. Sugerimos que sejam consideradas as seguintes propostas:

1. Avaliação qualitativa e quantitativa, pelo professor, quanto à participação e organização dos trabalhos nas atividades presenciais e à distância.
2. Avaliação qualitativa e quantitativa, pelo professor, da participação na aplicação dos TC.

Avaliação qualitativa, pelo professor, pela observação da argumentação na apresentação das soluções de iluminação desenvolvidas para os projetos luminotécnicos propostos.

ALGUNS SITES ÚTEIS

Bons tutoriais do Plickers!

<http://www.gema2.com.br/tecnologias--recursos>

https://uspdigital.usp.br/apolo/apoObterAtividade?cod_oferecimentoatv=73360

<https://ticportugal16braganca.wordpress.com/2016/06/22/workshop-1-a-utilizacao-das-ferramentas-kaoot-socrative-e-plickers-aprender-e-avaliar-de-forma-ludica/>

<https://drive.google.com/file/d/0B3W88ULE9a4WZndYY1g3eHR5Y00/view>

Repositório de Imagens Gratuitas para elaboração de questões!

<http://br.freepik.com/>

<https://unsplash.com/>

<https://pixabay.com/>

<http://www.freedigitalphotos.net/>

REFERÊNCIAS

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362–384, 2013.

MCKAGAN, S. B.; PERKINS, K. K.; WIEMAN, C. E. Design and validation of the quantum mechanics conceptual survey. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, n. 2, p. 1–17, 2010.

MAZUR, E. **Peer Instruction: a revolução da aprendizagem ativa**. Porto Alegre: Penso, 2015.

RIBEIRO, L. R. DE C. **A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. São Carlos: Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós Graduação em Educação. Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SOUSA, S. O. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL – Problem based Learning): estratégia para o ensino e aprendizagem de algoritmos e conteúdos computacionais**. Presidente Prudente: Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. UNESP, Câmpus Presidente Prudente, 2011.

TREGENZA, P.; LOE, D. **Projeto de iluminação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

VIEIRA, A. S. **Uma alternativa didática às aulas tradicionais: o engajamento interativo obtido por meio do uso do método Peer Instruction (Instrução Pelos Colegas)**. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa de Pós Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

VII – ANEXOS

PROJETO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE ESPECTROSCOPIA

I – APRESENTAÇÃO

Bancada didática para a aplicação de experimentos relativos à Espectroscopia, e outras experimentações relativas ao estudo de Luminotécnica.

Visa atender às necessidades do laboratório, incorporando alimentação monofásica, com níveis de tensão compatíveis com as lâmpadas a serem utilizadas. A montagem dos experimentos, deve ser realizada com os equipamentos desenergizados para segurança dos usuários.



II – MATERIAIS PARA A EXECUÇÃO

Quantidade	Descrição
01	Placa de MDF (Medium Density Fiberboard), (1830X2730X150) mm
06	Base tipo plafon, com soquetes em porcelana e contato metálicos em bronze
02	Conj. completo (suporte, placa e módulos) com interruptores triplos, 10A/ 250V
01	Conj. completo (suporte, placa e módulos) para tomadas tripolar, 10A/ 250V
01	Disjuntor monopolar de 10A/ 3kA e proteção adicional contra contatos indiretos através de interruptor diferencial residual 30mA
01	Reator Vapor de Sódio 70W/ 220V, Uso interno
01	Conector receptáculo AC macho padrão IEC 320 - 10 A/ 250 V
01	Conector receptáculo AC fêmea padrão IEC 320 - 10 A/ 250 V
03	Cabo 3x2,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), PRETO
02	Cabo 1,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), VERMELHO (FASE)
04	Cabo 1,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), BRANCO (RETORNOS)
02	Cabo 1,5mm ² , isolado em PVC 70°. (m), VERDE (CONDUTOR DE PROTEÇÃO)
20	Parafusos de rosca fina, 6mm
01	Tubo de Cola universal, 100ml
01	Fita isolante, 250V.

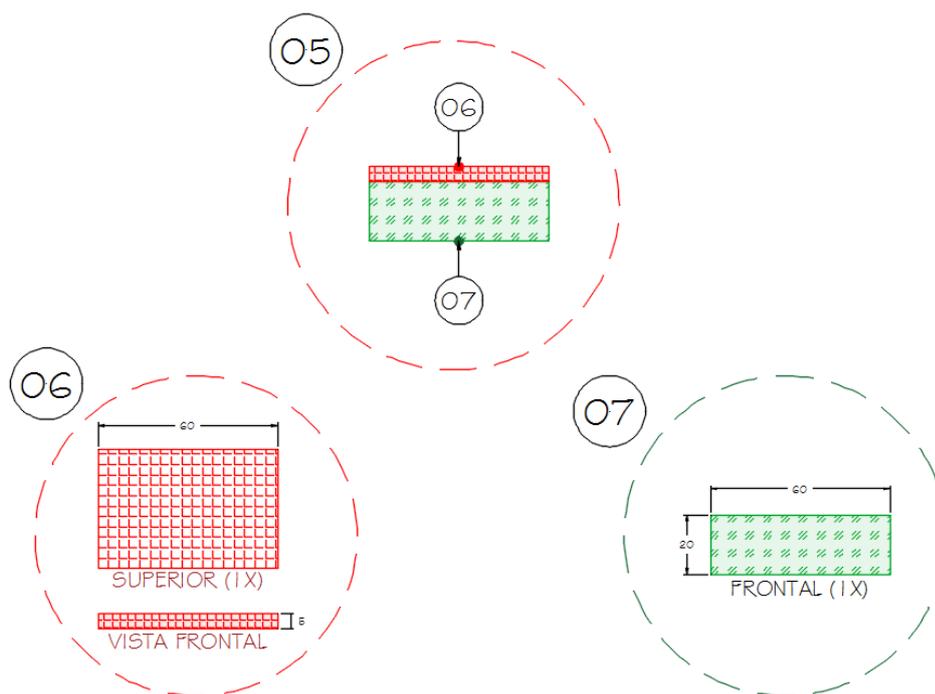
Todo o material deve possuir selo de qualidade normativa, INMETRO.

III – PLANO DE CORTE

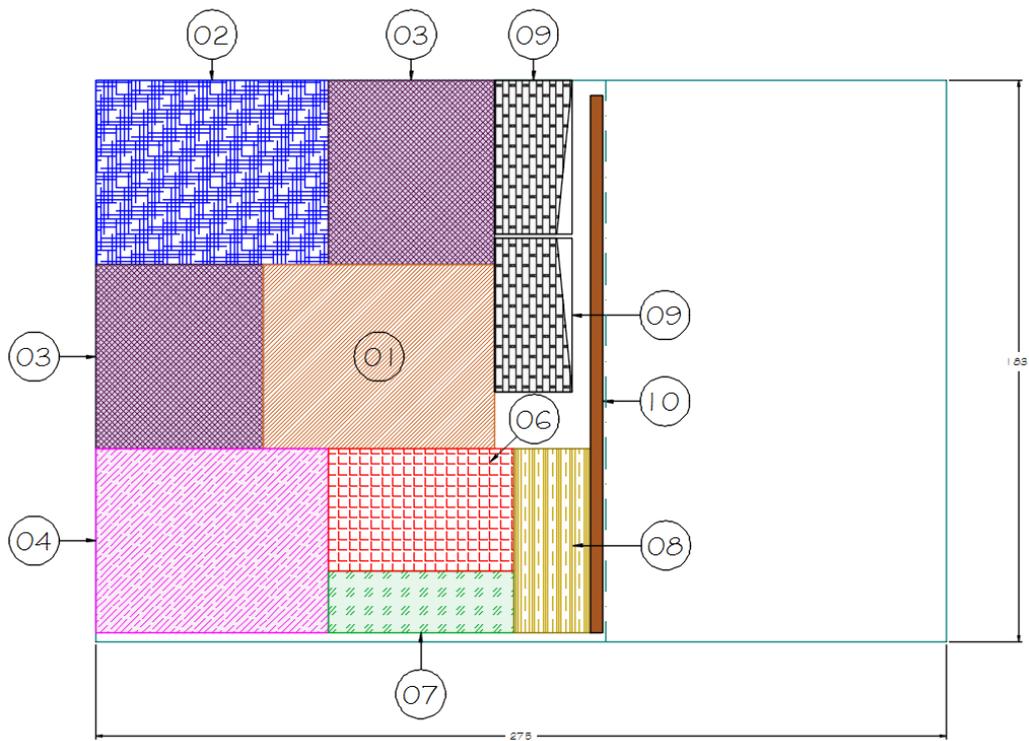
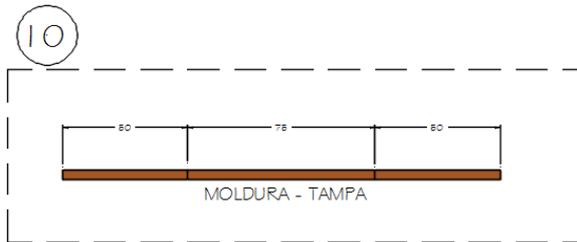
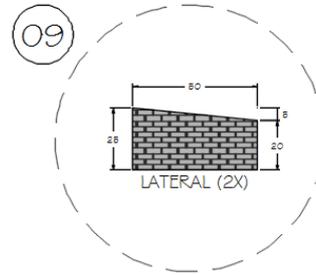
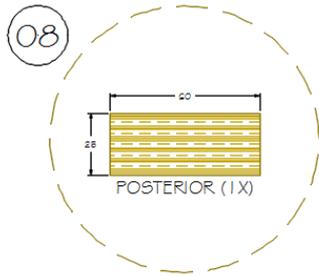
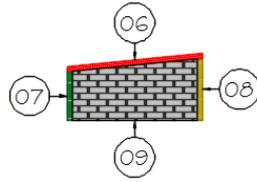
A bancada didática é composta por duas partes, sendo uma caixa desmontável, e um módulo didático fixo, com soquetes, interruptores e tomada, conforme mostrado ao final deste manual de montagem.

O plano de corte, que compõe este manual, define as medidas para corte de todas as peças para montagem da caixa externa desmontável, e do módulo didático fixo.

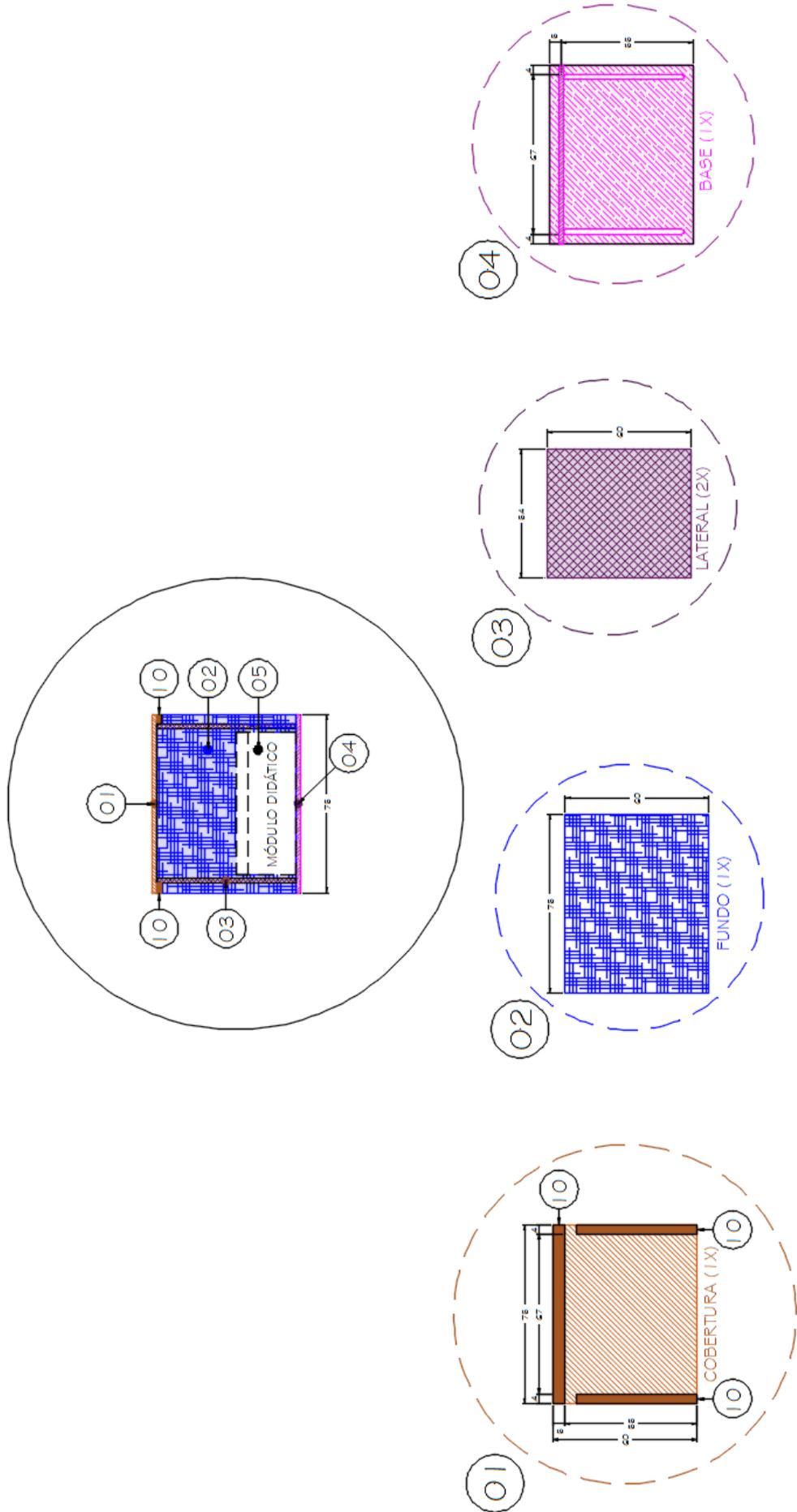
ESQUEMA DE CORTE E MONTAGEM DO MÓDULO DIDÁTICO
MEDIDAS INDICADAS EM CENTÍMETROS.



VISTA LATERAL DO MÓDULO DIDÁTICO
 MEDIDAS INDICADAS EM CENTÍMETROS.

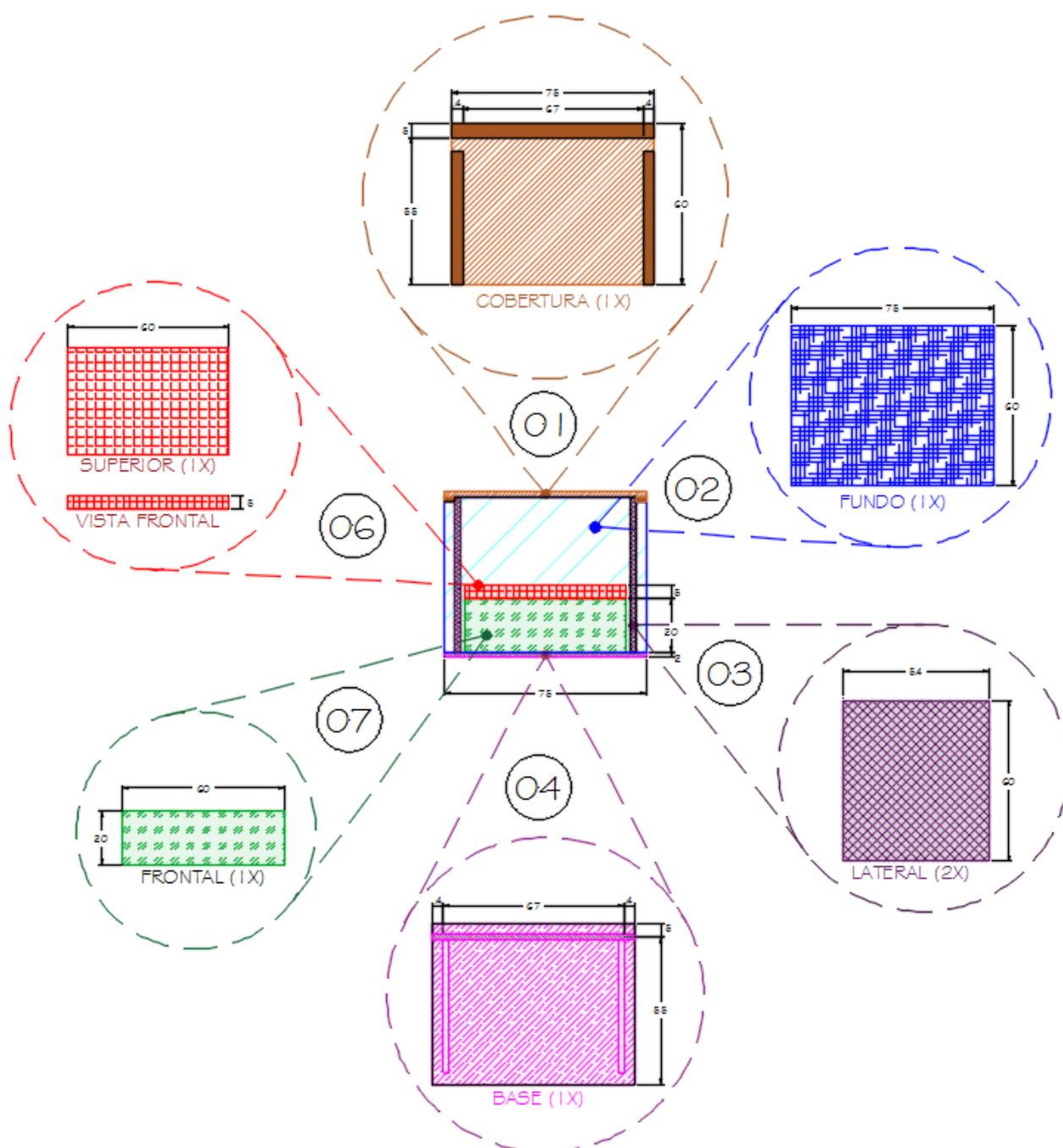


ESQUEMA DE CORTE E MONTAGEM DA CAIXA EXTERNA
MEDIDAS INDICADAS EM CENTÍMETROS.



IV – PLANO DE MONTAGEM

Após a finalização dos cortes, proceder à montagem do módulo didático, conforme ilustrações no esquema de montagem. A fixação será feita por parafusos. E finalizada com cola universal.

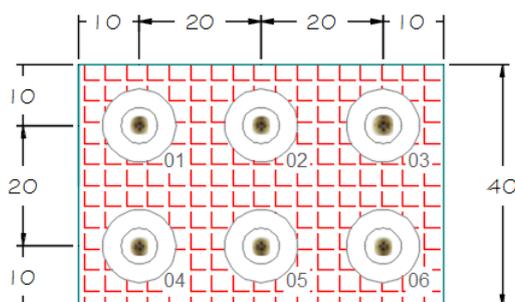


V – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

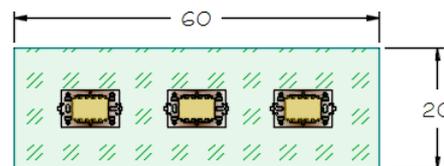
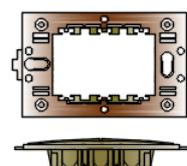
Após a montagem estrutural do módulo didático, proceder às instalações elétricas de acordo com diagrama multifilar apresentado.

Toda a montagem deve ser realizada com total desenergização, do sistema.

ESQUEMA INSTALAÇÃO SUPERIOR. BASES COM SOQUETES E27



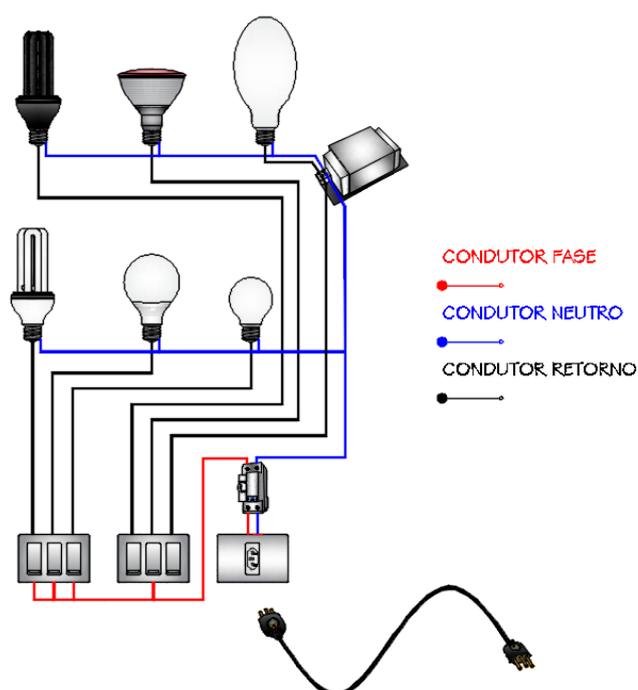
PLACA SUPORTE 4"x2" SEM ESCALA



ESQUEMA INSTALAÇÃO FRONTAL. INTERRUPTORES

ESQUEMA INSTALAÇÃO FRONTAL. SUPORTE PARA INTERRUPTORES

ESQUEMA DE LIGAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



APÊNDICE P – Termo de Consentimento Informado e Esclarecido

Eu, _____,
RG/ CPF _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE LUMINOTÉCNICA PARA OS CURSOS DE ENGENHARIA: UMA PROPOSTA COM AS METODOLOGIAS ATIVAS DE EsM, IpC E PBL como sujeito. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisadora Patrícia Gomes de Souza Freitas sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação, e o uso de imagens e textos produzidos, para fins acadêmicos. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento, se for o caso).

Jataí – GO, 31 de janeiro de 2017.

Nome e Assinatura do sujeito: _____

Patrícia Gomes de Souza Freitas. casa.21@terra.com.br, 64.9.9959.0021

Nome e Assinatura do pesquisador _____

APÊNDICE Q – Transcrição de áudio da apresentação das propostas luminotécnicas

Apresentação do G1

As falas a seguir correspondem à transcrição de áudio, dos vídeos de apresentação do produto proposto pelo G1, na segunda sessão tutorial da PBL, realizada em 14/03/2017.

<i>Fala</i>	<i>Autor</i>	<i>Transcrição</i>
<i>01</i>	<i>A15</i>	<i>Nossa proposta, é... de iluminação para um estabelecimento educativo de atendimento infantil. O meu grupo é A9, A14, A16, A18 e eu, A15. Bom, a gente tinha que propor, é... tipos de iluminação para cada ambiente em uma creche, aí a gente optou por dividir os ambientes entres os integrantes do grupo e falar sobre cada ambiente separadamente.</i>
<i>02</i>	<i>Prof.</i>	<i>Deixa só eu fazer uma observaçãozinha, antes de vocês continuarem, bem rápida. Comentei com os meninos no começo que eu vou ficar fazendo algumas anotações a critério de pesquisa, não se preocupem se eu estou escrevendo, para eu ir lembrando... Ah, vocês levantaram um ponto que eu não imaginava ou alguém falou uma coisa que depois no final que a gente precisa melhorar, mas não se preocupem não, tá? Vamos lá!</i>
<i>03</i>	<i>A14</i>	<i>Estacionamento, eu escolhi a lâmpada LED tubular, vocês vão ficar querendo me bater, mas nossa é muito cara! Nossa! Não sei o que. Bom, eu tive lendo um pouco sobre isso, a LED tubular ela atende bastante ..., as especificações que teríamos que ter no estacionamento, tem a norma da NBR que fala sobre o ambiente luminoso, que tem que provocar uma segurança visual, a olhar ao redor e detectar perigos, e é isso o que o estacionamento precisa. Você precisa andar pelo estacionamento e conseguir ver onde está o seu carro, e... claro que não todas as áreas vão ficar com luminosidade, mas pelo menos as áreas onde estão os carros, tem que ter. Eu até vi em um projeto de luminotécnica que o rapaz colocou as LED, invés de lâmpadas de vapor de sódio ou outras, e aí explicou que era normal uma faixa estar</i>

escura, porque é permitido pela norma.

Bom, ééé... o estacionamento, segunda a norma a iluminância tinha que ter pelo menos 75, de ofuscamento 28 e de cor mínima de 40. Bom, eu escolhi a lâmpada LED tubular igual eu falei, eu olhei um tipo de lâmpada só, porque a gente não fez é... cálculos, né, de tamanho do estacionamento nem nada, mas eu peguei um exemplo de lâmpada tubular LED de 25W. As lâmpadas LED, elas têm uma grande eficiência energética, né? Porque elas, tem uma vida útil muito grande, que é de 50 mil horas, que equivale a 11 anos, e elas... as LED, elas são mais difíceis de queimar, como se trata de um estacionamento, geralmente, são, são pés direito muito alto, então, é difícil a manutenção dessas lâmpadas, é um dos porquês eu escolhi a lâmpada de LED.

A angulação dela é de aproximadamente 130 graus, ah, é... esqueci o nome, a 'luminância' é de 2750 se for transparente 2500 se for a fosca. Tá, agora um detalhezinho, 2 projetos que houve a troca que tinha antes no estacionamento pela lâmpada LED foi em um prédio comercial, ele trocou a lâmpada fluorescente de 35W por uma de LED de 20W. A melhoria de iluminação foi de 35% e a economia 42%. Isso é, em reais por ano, dava entorno de 50 mil reais de economia.

E num shopping trocaram a lâmpada de sódio por LED. Dava duas vezes, 2,5 vezes mais luminosidade e a potência era menor, ou seja, é reduzir o consumo de energia, com essa potência menor e como eu falei, durava entorno de 11 anos.

Recepção, bom, eu escolhi na recepção lâmpadas LED também, eu colocaria, óh, as lâmpadas é... LED na recepção devido a, possibilidade de alternar as cores delas, porquê? Eu pensei assim, na recepção tem o ambiente de espera, do pessoal que fica lá lendo revista, esperando alguma coisa lá, enfim, e tem a moça da recepção que cuida do computador, que vê horários, enfim, que recebe os pais, etc. Então, eu poderia alternar a luminosidade no mesmo ambiente. Eu

imagino, porque eu colocaria na faixa que o pessoal está esperando, uma luminosidade mais quente entorno de 3000 Kelvin E aí eu colocaria uma coisa mais, uma lâmpada mais fria entorno de 6000 Kelvin na parte da recepcionista, né? Por que ela está lá no computador.

As vantagens e desvantagens é em relação a preço e vantagens em relação mobilidade que você tem com a LED, mais ou menos isso.

04 A18 *Então é... eu fiquei com a parte de circulação em salas de aula. E aí eu e a A14, acabou que a gente pesquisou muita coisa parecida. Você ficou com qual parte?*

05 A14 *No caso o meu é a coordenação pedagógica e a cozinha, aí a gente escolheu os dois tipos de lâmpadas que foram iguais, que foi a LED tubular e a fluorescente tubular por causa das comparações.*

06 A18 *Só que assim... daí a escolha, a gente teve escolhas diferentes, só que assim foram praticamente as mesmas coisas, então eu vou falando uma coisa, ela vai complementando a outra, ela vai justificar uma coisa e eu a outra, a gente vai **falando o que aprendeu sem usar o papelzinho**. Então, circulação em salas de aula, primeiro assim, eu dei uma lida é... de como buscar uma luz mais natural. Como pode favorecer isso, principalmente se for tratar de crianças que estão em fase de crescimento, que precisa muito da Luz do Sol de conversão de vitamina D e tal, aquelas coisas todas. Então assim, inicialmente alguns artigos falavam assim: Que se o... é... dependendo do tamanho da sala se puder fazer muita utilização da luz solar de onde que ela vai ser voltada, do tamanho do peitoril e dessas coisas, principalmente em relação a questão das crianças que é... nessa fase de crescimento, ligado à doença do raquitismo, das pernas por causa da falta de conversão da vitamina D. Aí levando em consideração, então dependendo do tipo da localização da sala pode fazer muita utilização da luz solar primeiro, que também está ligado... por exemplo, a gente tem no organismo dois tipos de hormônio que é a melatonina e o cortisol, se você fizer a*

utilização de uma luz que é mais clara, que ela vai estar mais ligada a luz solar, então vai causar uma atenção maior para o aluno na sala de aula, ele vai ficar mais atento, os monitores também vão estar mais atentos, porque com criança você precisa estar mais atento a todo instante, para ele aprender a questão de comunicação.

Já o cortisol causa atenção, a melatonina, se for uma luz que é uma luz mais clara mais amena, mais assim, um tom que causa uma sensação de bem-estar, então ela vai estar muito ligada aquele momento que você vai dormir, aquela fase de estar dormindo, então vai te dar uma sensação de tranquilidade que não vai dar atenção das crianças na sala de aula, então assim, em uma sala de aula é... a... a fluorescente, né? A fluorescente tubular, assim ao nosso ver é mais indicada por essa questão, né... que ela atende mais essas especificações e até porque a... a luminosidade dela, ela é mais ampla, né?

07 A14 *No caso, ela é mais... a fluorescente tubular ela é mais dispersa a luz dela, enquanto a LED, ela é mais direcionada, então, para o mesmo ambiente, vamos supor que você... se fosse a fluorescente tubular você precisaria de uma lâmpada, mas se fosse a LED tubular talvez você precisaria de duas.*

08 A18 *No caso, essa é a questão....*

09 A14 *Tem aquela questão do custo e... eu entrei em uns três sites de fabricantes e assim, com relação à vida útil igual a fluorescente tubular ela tem uma vida útil em torno de 24000 horas enquanto que a LED tubular, ela... geralmente é de 25 a 30, igual eu... tem muitos sites que falam que ela pode chegar até 50, só que eu não consegui achar essa de 50 mil horas, então assim, tanto é que eu estava comentando com a A16, a gente achou sites muito tendenciosos para LED, e na verdade quando você vai entrar no site dos fabricantes não é o que fala no site.*

10 A18 *Aí por exemplo, na questão da sala, aí como essa lâmpada ela é a que tem, tem mercúrio né, que é, eu até estava falando para a A14, mas as*

crianças podem jogar alguma coisa e quebrar e pode ser prejudicial.

11 A14 *Aí eu estava falando que a fluorescente tubular ela pode ser fechada ou aberta, então para evitar esses riscos, optar pela fechada né, ou com proteção.*

12 A18 *Mas aí tem outra questão também, por exemplo, é aqui mesmo em Jataí eles falam muito que tem os postos de coleta lá, lá no Pontal Ecoponto né, mas a maioria das pessoas não faz a distinção correta, então assim, aí utilizar uma lâmpada dessa ela quebrou, mas a maioria das pessoas não tem nem conhecimento de como vai fazer o descarte dela, então, querendo ou não é uma coisa que prejudica sim o meio ambiente né.*
Por que é uma cidade que por exemplo a coleta seletiva não passa em todos os bairros, então para lâmpada, então é que vai demorar a ser, ser ainda mais aplicada na cidade, tem essa questão.

13 A14 *Aí no caso eu também vi o outro site falando da LED e que ela, se eu não me engano na França ou na Itália, não lembro, não me recordo muito bem, Mas falando que é o LED, ele traz sim riscos à saúde é... mas assim como é uma tecnologia muito nova, então estão fazendo esses estudos, mas tudo indica que ela causa sim problemas à saúde a longo prazo, então no caso ela não é perfeita também, então assim você não pode sair trocando o certo pelo duvidoso, então por isso que eu escolhi a fluorescente tubular, por isso e também por causa da....*

14 A18 *Questão Econômica...*

15 A14 *Da questão Econômica, depois que eu vi esta questão da vida útil dela né, e a questão da dispersão pela fluorescente ser mais ampla, e aí você vai precisar de uma quantidade menor do que a LED.*

16 A18 *Dessa também (apontou para cima) tem muita dermatologista que fala né, que ficar por muito tempo trabalhando, estudando debaixo dela, causa melasma né (risos) tem isso também (risos).*

17 A14 *Aí você fica naquela (risos)...*

18 A15 *A luz de vela (risos)...*

-
- 19 A18 *Tem tudo isso, mas como a gente estava falando, a gente estava falando já que é para uma verba pública, então deve ser mais para o lado econômico né, é algo que vai ser menos, que vai custar menos então assim, essa seria mais viável né. Teoricamente.*
-
- 20 A14 *É, a fluorescente tubular seria mais viável, ainda mais pela questão da vida útil e da projeção dela, precisaria de uma quantidade menor da Fluorescente tubular.*
-
- 21 A18 *Aí, a circulação, aí assim, por exemplo, a circulação não é um lugar que vai ter movimentos de pessoas a todo instante né, aí a gente estava discutindo sobre isso, Então eu tinha pensado nas LED, aquela com sensor sabe, quando a pessoa passar ela vai acender né, e que elas podem ter pontos específicos, por exemplo por que a creche, Então as crianças vão ter hora para comer, hora de estudar, então movimento na parte de circulação no corredor, não vai ser um fluxo tão grande como seria na sala de aula, para você colocar esse tipo de lâmpada né.*
-
- 22 A14 *É só isso, porque sim para os dois ambientes tanto para coordenação pedagógica e a cozinha eu escolhi a fluorescente tubular, aí no caso ia variar um pouco a questão da temperatura de cor, no caso para cozinha seria de, entre 4 mil e 5 mil Kelvin e na coordenação seria de 5 mil até 6 mil.*
-
- 23 A9 *Bom, é... eu fiquei com a parte do Berçário, aí como eu estava pesquisando, é... uma tecnologia muito usada é a fita de LED, porque ela meio que, tipo, os bebês ficam entretidos olhando e também uma outra tecnologia que eu também pesquisei é a fibra ótica, que coloca... é embutida dentro do forro, que aí fica parecendo um céu estrelado, assim. Mas assim, entre as duas, eu optei pela fita de LED, porque é... ela... as lâmpadas de LED, elas emitem raios UVA e UVB e tem vida longa útil, como as meninas falaram. Aí eu pesquisei um tipo de fita de LED né, e especifiquei a iluminância de 75, 100, 150. Índice de reprodução 80%, tem que ter uma iluminação indireta né, porque os bebês ficam sempre olhando para cima né, se for, é... pode prejudicar a*
-

visão deles. Fluxo luminoso de 210 lumens, vida útil de até 35 mil horas, consumo de 3W.

A Manutenção delas é sempre evitar, ficar, é... em lugares quentes né, então como é um berçário, acho que não ia ter nenhum problema, e sempre ter também uma lâmpada fluorescente, no caso reserva para poder fazer outras coisas, limpeza, porque ela tem é... uma espécie de dimmers, dimerização, que é a que regula né, é... a intensidade da luz. Aí, como o berçário tem que ser um lugar tipo, mais, com a cor mais amarelada para conforto, então, aí eu optei por fita de LED.

Aí o Playground, aí como eu tinha olhado lá no projeto é uma área externa, aí eu pensei, olhei, pesquisei né, aí disse que podia colocar postes com lâmpadas de LED, ou então luminárias com lâmpadas fluorescentes, tipo aquelas tartarugas, colocar em volta né. Porque as tartarugas, elas têm alta resistência a chuva, sol, então, e para emergência também, e como é uma creche então não vai ter que ficar ligado durante ao dia, talvez assim na parte da manhã, alguma coisa assim.

Uma coisa que eu estava pesquisando sobre as lâmpadas fluorescentes também é o que liga e desliga né, tipo, toda hora liga, desliga isso é... reduz muito a vida útil da lâmpada e a economia dela também né, na conta de luz e do meio ambiente, e o fator, a desvantagem é bem ruim, porque ela agride muito o meio ambiente né, porque não tem um lugar adequado para descarte, como a A16 falou.

24 A16 Bom, é então, com toda essa pesquisa, a gente conclui que uma tendência é a LED, querendo ou não é, com a redução de preços, ..., com os incentivos que, hoje a gente vê os incentivos do governo para a troca dessas lâmpadas, é... se não me engano é... a CELG já estava trocando, é as lâmpadas, acho que em torno de Goiânia, é... então, é uma tendência, uma hora ou outra vai acabar tomando conta, assim como foi a fluorescente quando ela surgiu, no começo era cara, depois

foi passando a ser cada vez mais é... elas se pagavam, assim como o LED vai... eu tenho certeza que vai acabar chegando a esse ponto. A lâmpada fluorescente continua tendo aceitação em diversos tipos de ambiente, mesmo ela sendo é... ela, ela não chega a ser assim ilimitada, porque ela tem diversas diferenciações de cor e eficiência luminosa, então ela continua tendo aceitação, tanto como as meninas falaram, tanto em cozinha, tanto em playground, ela continua sendo eficiente.

Fator psicológico, que é o que a gente observa, é... principalmente em relação ao berçário, o que, que a cor da luz e a forma de inserção dela no ambiente, ela faz com que de uma sensação de calma e não prejudique a pessoa que está ali dentro. E também a diversas variáveis para um tipo de escolha de iluminação, que é o principal, que eu vejo, é o fator psicológico, desse item, do berçário, da creche, o fator psicológico acho que é o mais importante, lógico que, para quem está construindo, igual obra pública, vai ser um fator importante, mas não tanto econômico, mas que é um fator de se pensar.

É isso.

[Palmas]

Apresentação do G2

As falas a seguir correspondem à transcrição de áudio, dos vídeos de apresentação do produto proposto pelo G2, na segunda sessão tutorial da PBL, realizado em 14/03/2017.

Fala Autor Transcrição

<i>24</i>	<i>A5</i>	<i>Então, a gente vai falar da creche João XXIII, e a gente fez a tabela, essa tabela da frente ela é de ideias que a gente teve, só que a gente não usou, a gente está explicando o porquê não usamos isso e a outra, a segunda do verso, elas são de coisas que a gente usou...</i>
-----------	-----------	---

<i>25</i>	<i>A17</i>	<i>Ééé... na primeira coluna aí, tem uma que está tecnologia de iluminação escolhida, na outra página tem tecnologia de energia, somente. Aí... são as duas coisas que a gente vai explicar as duas</i>
-----------	------------	---

tecnologias e porque a gente preferiu um em relação a outra.

26 A5 *A quarta coluna. Então, os ambientes que foram separados para gente foi: o estacionamento, a recepção, circulação, a sala de aula, o playground, o berçário, a coordenação pedagógica e a cozinha. Daí, nessa primeira coluna, a gente, a gente vai primeiro discutir o estacionamento e depois a recepção, e aí a gente vai seguindo na ordem.*

Ééé... a primeira linha a gente colocou... a área, nesse aqui a gente não encontrou no projeto, nem indicou a área. A função do estacionamento vai ser, atender os responsáveis pelas crianças, os funcionários da creche, visitantes, vai ser um local de trânsito rápido de pessoas, e o tipo de iluminação, vai ser luminária, essa tartaruga bivolt, a tecnologia de iluminação, seria bom se a gente pudesse usar o LED bivolt 15W, branco frio, 6 mil Kelvin, quer falar alguma coisa?

27 A17 *A gente está começando a explicar a tecnologia que a gente não utilizou, a gente deu duas opções de tecnologias, aí a gente vai explicar elas, as vantagens e as desvantagens e depois explicar a outra e... explicar porque a gente escolheu.*

28 A5 *Gente, vamos comparando melhor, eu vou falando de todos os ambientes iguais, de todos ... para ficar melhor, para a gente discutir.*

Então, a área do estacionamento não está indicada, a área da recepção é 20,12 m², a circulação não está indicada, da sala de aula é 47,10 m², do playground não está indicado, o berçário também não está indicado, a coordenação pedagógica 15,20 m², da cozinha não está indicado.

A função do estacionamento, reunir e atender os responsáveis pelas crianças, os funcionários da creche e visitantes, é um local de trânsito rápido de pessoas. A recepção, ela tem a função de atender os responsáveis pelas crianças e visitantes. A circulação, ela tem uma

passagem rápida de crianças, funcionários e visitantes. A sala de aula, ela vai ter a função de receber funcionários da creche e crianças, vai ser um lugar de estudo e concentração. O Playground, vai estar os funcionários da creche e crianças, e é um local de brincar. O Berçário, vai ter os funcionários da creche e as crianças, vai ser um local de repouso, para as crianças. A Coordenação pedagógica, ela vai ter os funcionários da creche, os responsáveis das crianças e é um lugar de serviço. Na Cozinha vai estar os funcionários da creche, vai ser um local de serviço, utilizando ferramentas e materiais que necessitam de atenção.

O tipo de iluminação para o estacionamento, que seria interessante aplicada, mas a gente não vai aplicar, a maioria por questões de custo, por isso a gente vai discutir... O tipo de iluminação é a luminária tartaruga bivolt, no estacionamento; na recepção, luminárias tubulares; na circulação, seria luminárias tubulares, também; na sala de aula, luminárias tubulares; no playground, arandelas; no berçário plafon; na coordenação pedagógica, luminárias tubulares e na cozinha, luminárias tubulares.

A temperatura de cor no estacionamento, seria o branco frio de 3 mil Kelvin; na recepção, ééé... teria a cor branco neutro, 4 mil Kelvin; na circulação, a temperatura de branco neutro, com 4 mil Kelvin; na sala de aula, a temperatura de cor branco com neutro, 4 mil Kelvin; o playground, a temperatura de cor branco quente, 2 mil Kelvin; o berçário, temperatura de branco quente, de 2.700 Kelvin; a coordenação pedagógica, temperatura de branco neutro, 4 mil Kelvin e a cozinha, temperatura de neutro, 4 mil Kelvin.

29 A17 *Gente, esse primeiro a gente vai mais ler essa tabela, porque a gente não escolheu isso aqui, aí no de lá a gente vai discutindo, do porque a gente escolheu aquele, aí eu só leio e a gente discute. Por isso vou ficar só lendo, mas esse eu vou ler mais rápido e todo mundo acompanha.*

O índice de reprodução de cor: do estacionamento é 80, da

		<i>recepção 80, da circulação 80, na sala de aula 80, playground 80, berçário 82, coordenação pedagógica 80, cozinha 80. A potência: do estacionamento 15W, da recepção 20W, da circulação 20W, na sala de aula 20W, playground 15W, berçário 20W, coordenação pedagógica 20W, cozinha 20W. A vida útil, prevista em horas, seria 25 mil para o estacionamento, se a gente usasse a lâmpada de LED.</i>
30	A5	<i>...o LED. Na recepção, seria 25 mil; na circulação, 25 mil também; sala de aula, 25 mil; playground, 25 mil; o berçário, 8 mil</i>
31	A17	<i>O berçário, nessa seria usada a fluorescente, por isso a diferença...</i>
32	A5	<i>Seria o LED... a coordenação pedagógica, 25 mil e a cozinha 25 mil. Ééé... o fluxo luminoso esperado, ééé... do estacionamento seria 1.550, da recepção 2 mil, da circulação 2 mil, da sala de aula 2 mil, do playground 1.250, do berçário 1.100, da coordenação pedagógica 2 mil, cozinha 2 mil. A eficiência luminosa, no estacionamento seria 83, no playground 83, no berçário 55, na coordenação pedagógica 83 e cozinha 83.</i>
33	A17	<i>Nessas outras que não tiveram os dados é porque a gente não conseguiu achar pelo catálogo</i>
34	A5	<i>As características térmicas no estacionamento seria menor geração de calor em comparação com todos as outras lâmpadas.</i>
35	A17	<i>Essas características térmicas vão se repetir para todas as LED, como nessa opção a única lâmpada que não é LED é a do Berçário que é fluorescente, é a única que vai mudar...</i>
36	A5	<i>A recepção ...</i>
37	A17	<i>o berçário, porque todas as outras são iguais.</i>
38	A5	<i>Isso, no berçário, as características térmicas possuem grande eficiência, por permitir mais energia eletromagnética em forma de luz do que calor e elas aquecem menos o ambiente, e as outras também, coordenação pedagógica e cozinha, seria pela menor geração de calor comparado com as outras lâmpadas. Ééé... o perfil de manutenção no estacionamento, baixa manutenção, devido a longa vida útil...</i>

-
- 39 A17 *Todas são iguais, novamente, todas são iguais pela questão do LED, que tem uma longa vida útil, né? E a fluorescente, ela também tem uma longa vida útil, não tão grande como o LED, mas tem uma vida útil... ééé... agradável (risos)... interessante... impacto ambiental.*
-
- 40 A5 *É, o impacto ambiental do estacionamento, ele é... seria ecologicamente correto, pois não contém mercúrio, nem qualquer outra substância perigosa.*
-
- 41 A17 *Aí, isso se repete novamente para todas a lâmpadas de LED, que contém mercúrio e outras substâncias perigosas, e difere do berçário, para a lâmpada fluorescente que contém mercúrio e tem que ter um local adequado para o descarte dessas lâmpadas.*
-
- 42 A5 *Ela já respondeu o berçário, então... vantagens de iluminação, no estacionamento usar o LED, que seria baixo custo de manutenção, luz de emissão de raios ultravioletas e infravermelho, alta durabilidade e podem ser economizadas alta economia de energia também, isso para todos os LED. Agora lá no berçário, as lâmpadas, elas oferecem longa vida útil ou eficiência energética, baixos custos, baixa manutenção, boa reprodução de cores e as desvantagens da iluminação do LED, seria o maior preço de implantação, necessidades de aparelhos de segurança para impedir prejuízos na iluminação, a implantação requer cuidados especiais para que os seus benefícios sejam alcançados.*
- E aí, as desvantagens da fluorescência seria menor vida útil que os LED, aquecem mais que as LED, e as lâmpadas fluorescentes tubulares, necessitam de reatores*
-
- 43 A17 *A gente... com essa opção de LED na maioria dos cômodos, porque foi um grande conflito inclusive do nosso grupo... inclusive o nosso grupo até 45 do segundo tempo, a gente ficou na dúvida qual que era melhor: fluorescente ou LED? O Led, ele é muito bom, ele tem uma vida útil maior, realmente, que a fluorescente, por isso a manutenção dele é menor, só que aí que tá, a... a diferença do preço dele é considerável, e aí, quando você vai colocar isso em uma creche que são*
-

		<i>muitas lâmpadas e muitos cômodos, você precisa de um investimento inicial maior, essa foi a nossa opção para não escolher as lâmpadas de LED na creche. Porque, mesmo elas apagando a longo prazo, precisaria de investimento inicial muito alto comparado com as lâmpadas fluorescentes. Que tem uma vida útil também... bacana (risos). E a gente vai para a opção escolhida, que é em sua maioria fluorescentes, mas tem também outras lâmpadas por aí.</i>
44	A17	<i>Ééé... os cômodos têm as mesmas funções, né? (risos) as mesmas áreas. A gente mudou algumas coisas em relação ao tipo de iluminação e na tecnologia de iluminação. Se alguém quiser ler?</i>
45	A4	<i>Vamos dividir um pouco, uma fala um pouco, né? Só uma pessoa ficaria cansativo.</i>
46	A17	<i>Quer ler?</i>
47	A4	<i>Não... começa aí.</i>
48	A5	<i>Eu vou continuar lendo, e aí a gente vai discutindo. Mas assim, a diferença do LED para a fluorescente, a gente pensou mais em economia também, que geralmente... vai gastar também muito. Então, no estacionamento a iluminação é o poste; na recepção vai ter o uso de arandelas na parede, mais uma iluminação embutida no teto; na circulação, vai ter iluminação embutida no teto; nas salas de aulas, também, iluminação embutida no teto; no playground, vai ter postes; no berçário, plafons; na coordenação pedagógica, a gente vai por plafon, também e na cozinha, vai ser lâmpadas embutidas no teto. A tecnologia de iluminação que a gente escolheu para o estacionamento, foi lâmpadas de vapor de sódio.</i>
49	A17	<i>A gente escolheu a lâmpada de vapor de sódio, porque ela tem uma luminância muito alta para uma só lâmpada, mesmo ela sendo uma lâmpada mais cara, ela tem uma luminância muito forte, e como é um ambiente aberto, a gente optou por ela, porque se não teria que colocar muitas outras lâmpadas e ficaria mais caro, então, a gente optou pela lâmpada de vapor de sódio, por causa disso.</i>

50	A21	<i>E além disso, ela não vai ter muito uso noturno... porque acho que a creche, até as seis horas da tarde tem que todo mundo ter ido embora.</i>
51	A17	<i>Exatamente, e como é um lugar de trânsito rápido, das pessoas, a lâmpada de vapor de sódio, elaaa... ela, não tem uma alta reprodução de cores, mas você não tem essa necessidade, de uma alta necessidade de cores, por causa de um estacionamento.</i>
52	A20	<i>Bom, eu discordei, particularmente eu discordei dessa opinião, eu colocaria postes de LED, por ser um lugar que não vai fazer muito uso noturno, então, o LED seria mais viável, seria mais barato que esse poste de sódio, de vapor de sódio e seria mais econômico.</i>
53	A5	<i>É, eu li isso num... sobre o LED, numa troca que eles fizeram, num artigo, deles falando, que trocaram o estacionamento inteiro por LED, por isso, pelo caro que sai mais barato no final, e sairia, só que a gente...</i>
54	A17	<i>Mas é um caro que sai mais barato no final, mas é a longo prazo, né? Então, a gente preferiu por ser uma creche, por ser uma entidade filantrópica e uma parceria com a Prefeitura. Você não vai poder ter um alta investimento inicial, não é a sua casa, que você está fazendo.</i>
55	A5	<i>E na recepção, seriam lâmpadas fluorescentes tubulares no teto e fluorescentes compactas nas arandelas, a circula... você quer falar alguma coisa?</i>
56	A20	<i>Ééé... na Circulação, a gente escolheu as lâmpadas fluorescentes tubulares, elas vão ser embutidas no teto, uma temperatura de cor de 4 mil Kelvin, que não ééé... a gente escolheu uma que não fosse muito baixa e que nem fosse muito alta também, para não ter um contraste muito grande das salas com a circulação. Ééé... na sala de aula, é, foi a iluminação embutida no teto, de lâmpadas fluorescentes também tubulares, a temperatura é de 4 mil a 5 mil, né? Porque eu vi num artigo falando que, por ser sala de aula, a gente não pode nem ter uma iluminação muito quente e nem ter uma muito fria, para não estimular excessivamente. Por serem crianças, elas são ainda mais</i>

sensíveis que nós, então assim, uma estimulação excessiva pode ser prejudicial no intuito da sala de aula.

57	A20	<i>Bom, no Playground a gente também escolheu a opção de lâmpadas de vapor de sódio, por ter uma ampla iluminação. Mas... eu também ficaria com o LED (risos).</i>
----	-----	--

58	A21	<i>Ééé... no berçário foi escolhido a lâmpada LED, 20W, ... Que é a que gera menos calor, baixa emissão de calor, vida útil longa, e o berçário, como a A9, podemos ter duas formas de iluminação. Uma fluorescente para função e outra LED, jogando luz para cima. O que acontece, tem hora que a pessoa quer trocar a criança, precisa de uma luz mais forte, aí quando a criança quer dormir, ela usa só a iluminação em cima... indireta.</i>
----	-----	---

59	A17	<i>Uma questão para o berçário aqui, ter ficado a LED, em relação aos outros, porque a gente não optou por usar LED em toda a creche, porque ficaria muito caro, mas na questão do berçário, por uma questão de conforto para as crianças que vão dormir lá, a gente optou pelo LED, até porque LED ele pode ser dimerizado⁷⁴, então a gente pensou, olha isso é uma característica bacana dele e nesse caso, do berçário, é interessante você ter um investimento maior, para ter esse retorno de conforto.</i>
----	-----	---

60	A5	<i>Aí a cor quente, do branco quente, ele gera o conforto também, que a gente optaria lá para o berçário. Cozinha?</i>
----	----	--

61	A17	<i>A coordenação pedagógica, a gente também colocou um branco neutro de 4 mil Kelvin, né? E lâmpadas fluorescentes; e na cozinha, como a gente imagina que vai ser um lugar que você vai ter mais atenção que todos os outros lugares, porque você vai estar mexendo com alimentos quentes, facas e é um risco de acidente maior, aí nesse local foi onde a gente optou por colocar um branco frio, justamente por ser um lugar onde você precisa de muita, muita atenção, mesmo.</i>
----	-----	---

⁷⁴ Dimerizar é uma palavra sem tradução em português, derivada do inglês *dimmer*. É a função que permite variar a corrente de alimentação da lâmpada, variando assim, seu fluxo luminoso. É um recurso utilizado em quartos de bebês, em hotéis, em sessões terapêuticas, entre outras possibilidades (COSTA, 2013).

62	A5	<i>Esses índices, ..., a gente vai pular... Potências...</i>
63	A17	<i>Não, pode falar índice de cor? (risos)... o índice de cor de sódio é menor, como a gente já havia falado, mas é porque era no estacionamento, não precisa disso, né? Ééé... na recepção, o índice de cor da lâmpada tubular é de 85, a lâmpada compacta de 82, da circulação é de 85, na sala de aula é 85, no playground volta a ser a vapor de sódio 25, no berçário 80, ééé... na coordenação pedagógica 85 e na cozinha 85.</i>
64	A5	<i>A potência, 220W no estacionamento, na recepção 28W para a lâmpada tubular, 18W na lâmpada compacta; na circulação 28W; na sala de aula 28W; no playground 220W; no berçário 6W; na coordenação pedagógica 28W; e na cozinha 54W para lâmpada tubular.</i> <i>A vida útil prevista em horas: no estacionamento 20 mil horas, na recepção 24 mil horas para a lâmpada tubular, 10 mil horas para a lâmpada compacta, na circulação 24 mil horas, na sala de aula 24 mil horas, no playground 20 mil horas, no berçário 25 mil horas, na coordenação pedagógica 24 mil horas e na cozinha também 24 mil horas que é a lâmpada tubular.</i> <i>Fluxo luminoso esperado: no estacionamento seria 20 mil lumens, na recepção 2.600 lumens na lâmpada tubular e 1.200 na lâmpada compacta, na circulação 2.600 lumens, na sala de aula também, no playground 20 mil lumens, no berçário 470 lumens, na coordenação pedagógica 2.600 lumens e na cozinha 4.250 lumens para a lâmpada tubular. A eficiência luminosa...</i>
65	A17	<i>Ééé... 91 lúmens por Watt para lâmpada de vapor de sódio, 104 para lâmpada tubular, 67 para a lâmpada compacta, na circulação a gente pegou a lâmpada tubular novamente, ela é 104 e se repete na sala de aula, no playground, a gente novamente a vapor de sódio 91, no berçário é de 98,73, essa é as lâmpadas de LED, né? Ééé...na coordenação pedagógica 104 novamente e na cozinha 89.</i>

-
- 66 A4 *Ééé... nas características térmicas, no estacionamento possui grande eficiência por emitir mais energia eletromagnética em forma de luz do que de calor, então aquece menos o ambiente.*
-
- 67 A17 *Ééé... essa questão de aquecimento dos ambientes, é porque a gente tem as incandescentes que elas tinham uma eficiência energética baixa, e ia aquecer muito o ambiente. Essas lâmpadas que a gente escolheu aquecem pouco o ambiente, a de LED aquece menos ainda, mas essas também têm um conforto térmico, né? Que a gente não pode...*
-
- 68 A4 *E também tem uma baixa manutenção devido a vida longa; na recepção ela também possui uma grande eficiência, e também aquece menos o ambiente e também possui uma baixa manutenção devido a longa vida útil; na circulação também possui uma grande eficiência e também aquece menos, também tem uma baixa manutenção devido à vida útil; na sala de aula possui grande eficiência e também aquece menos, e também tem uma baixa manutenção.*
-
- 69 A17 *Só o berçário vai diferir, né? Porque vai usar LED. Porque o berçário vai ser a menor geração de calor como falei, por ser LED. A outras geram pouco calor, mas o berçário com o LED gera menos ainda. Ééé... perfil de manutenção todos tem uma baixa manutenção, uma vida útil longa. Impacto ambiental...*
-
- 70 A5 *Estacionamento: risco de reação dos sais de sódio com água, onde produz soluções potencialmente corrosivas e inflamáveis, também possui em sua composição, mercúrio, metal altamente tóxico, e volatilidade alta, a melhor forma de descarte para essas lâmpadas, é que seja enviada para aterros de resíduos perigosos ou tratamentos de até descartados.*
-
- 71 A21 *Na recepção as lâmpadas fluorescentes possuem uma solução de mercúrio, metal altamente tóxico de modalidade elevada em condições normais de temperatura e pressão, possuem alto grau de periculosidade, a melhor forma de descarte para essas lâmpadas, é que sejam enviadas para aterros de resíduos perigosos ou tratadas antes de*
-

		<i>descartadas.</i>
72	A17	<i>Ah, e essas características se repetem onde usam LED fluorescentes, no playground vai repetir a característica da lâmpada de vapor de sódio. No berçário, como é lâmpada de LED elas são ecologicamente corretas, pois não possuem mercúrio e nem qualquer outra substância perigosa. Ééé... Vantagens da iluminação escolhida, ééé... de vapor de sódio, possuem alto poder de iluminação, baixo consumo de energia, alta durabilidade, baixa depreciação de fluxo e manutenção de espectro de cores, né?</i>
73	A5	<i>A recepção, ela produz um ambiente que desperta a atenção das pessoas, em especial nas áreas da mesa, na recepção e nas paredes, as lâmpadas oferecem longa vida útil, boa eficiência energética, baixos custos, baixa manutenção e boa reprodução de cores. Na circulação, as lâmpadas, elas oferecem longa vida útil, boa eficiência energética, baixos custos, baixa manutenção e boa reprodução de cores.</i>
74	A17	<i>Na sala de aula produz um ambiente que desperta a atenção das crianças, igual a Carol falou, mas não é que desperta... excessivamente, as outras características são iguais aos outros cômodos. No playground é igual ao estacionamento.</i>
75	A21	<i>No berçário como é separado, a LED baixo fluxo de manutenção, sem emissão de raios ultravioleta e infravermelho, alta periculosidade, podem ser dimerizadas, alta economia de energia, proporcionam um ambiente aconchegante e não aquecem o ambiente.</i>
76	A4	<i>Coordenação pedagógica, as lâmpadas aparecem com longa vida útil, boa eficiência energética, baixos custos, baixa manutenção e boa reprodução das cores.</i>
77	A20	<i>As desvantagens da iluminação escolhida é: vapor de sódio, que é uma menor vida útil, que é a LED, aquece mais que a LED, também necessita de reator e ignitor, tem um alto preço de implantação.</i>
78	A17	<i>Só que aí é o que eu tinha explicado, ela tem uma quantidade de lúmens</i>

		<i>muito grande, a lâmpada ela pode ser cara, mas ela tem 20 mil lúmens, essa lâmpada, então ela meio que se paga, né?</i>
79	A5	<i>Recepção, melhor vida útil que as LED, aquecem mais que as LED, e as lâmpadas fluorescentes tubulares, elas necessitam de reatores.</i>
80	A17	<i>Aí vai se repetindo, né? O playground vai repetir a do estacionamento. No berçário que vai ser diferente.</i>
81	A5	<i>No berçário tem maior preço de implantação, necessita de aparelhos de segurança, para impedir prejuízos na iluminação, a implantação requer cuidados especiais para que seus benefícios sejam alcançados.</i>
82	A17	<i>E os outros repetem...</i>
83	A5	<i>A gente optou por colocar essas ideias nas tabelas, porque se a gente fosse apresentar uma ideia de iluminação para o cliente e a gente mostrasse uma forma, tipo essa, primeira que é viável, só que ficaria caro, teria essa opção e uma opção economicamente melhor, que é essa que a gente escolheu, então a gente separou por cômodos e dividiu assim.</i>
84	A17	<i>E a gente colocou tabela, porque é fácil a visualização e comparação</i> <i>[Palmas]</i>
85	Prof.	<i>Tem alguma coisa que as meninas apontaram que está muito diferente?</i> <i>[Risos]</i>
86	Prof.	<i>Não, isso de jeito nenhum, ou a gente está mais ou menos nesse caminho?</i> <i>[Risos]</i>
87	A17	<i>Playground e para o Estacionamento. O playground não vai funcionar a noite, né?</i> <i>[Risos]</i>
88	Prof.	<i>O que você não concorda A15?</i>
	A15	<i>Uai, eu falei, né? Eu comparei na minha apresentação as lâmpadas de LED.</i>
89	A...	<i>Eu também vou na de LED...</i>
90	Prof.	<i>As lâmpadas de sódio vão ter muito mais... isso não é perigoso?</i>

91	A...	<i>O nosso não tem nenhuma de LED.</i>
92	A17	<i>Mas as lâmpadas de LED estão sendo usadas nos postes, aí esse argumento seu cai por terra. Mas as lâmpadas de LED estão sendo usadas nos postes, aí esse argumento seu cai por terra.</i>
93	A...	<i>Mas aí o que o argumento entra em jogo... Mas em Goiânia a CELG já estava trocando de alguns postes para iluminação LED... Mas é tudo visando economia e meio ambiente ...</i>
94	A17	<i>Olha, mas assim, eu não coloquei no trabalho, foi uma coisa que eu fiz 'in off', gente, mas eu li em uns dos artigos, estavam pesquisando na Europa que as lâmpadas de LED podem ser prejudiciais à saúde.</i>
95	A...	<i>A gente falou sobre isso. Aí eu não coloquei porque tinha jeito de provar isso, mas...</i>
		<i>[Risos] e [Palmas]</i>

Apresentação do G3

As falas a seguir correspondem à transcrição de áudio, dos vídeos de apresentação do produto proposto pelo G3, na segunda sessão tutorial da PBL, realizada em 14/03/2017

<i>Fala</i>	<i>Autor</i>	<i>Transcrição</i>
96	A1	<i>Bom, nosso trabalho é: Proposta de iluminação no hospital. Eu vou apresentar o grupo, vou falar um pouquinho da nossa experiência com esse trabalho. Teve até um pouco de atrito, mas o coordenador soube gerir bem o trabalho, que no caso sou eu. Bom, está aí: A8, A2, A6, A7 e eu, A1. Vou apresentar aqui o nosso trabalho, definimos as funções para cada um, houve algumas discordâncias, nada grave e eu sempre incentivando a equipe.</i>
97	A1	<i>Em relação à iluminação proposta, a gente pesquisou dentro da NBR e outras referências Na 5413..., mas, dentro dessa pesquisa, nós buscamos outras fontes. É, ... o trabalho em si, como se trata de onde a necessidade do paciente vem em primeiro lugar, vamos dizer assim, o principal cliente do hospital, o personagem central é o paciente, e dar</i>

este conforto para essa pessoa, não é uma tarefa de simplesmente de escolher uma lâmpada, uma luminância e tal, porque vários fatores fisiológicos, mesmo, do ser humano, psicológico, é influenciado pelo tipo de iluminação.

98 A1 *Estou fazendo uma introdução geral, depois cada um vai falar da sua parte, dentro de cada ambiente. O que apareceu como referência em geral, lâmpadas de 4 mil a 4.500 Kelvin, de temperatura de cor, a média geral nesse tipo de ambiente, e um índice de reprodução de cor de 90%, isso dentro de um padrão internacional, foi uma referência de um arquiteto que eu li em relação de como é implantado lá no Estados Unidos, e os colegas vão falar, de cada ambiente, para a gente concluir cada setor do hospital, qual foi a melhor escolha*

99 A1 *Então, segundo... dentro de um artigo que a gente colocou dentro do trabalho, nesse ambiente hospitalar, a alguns efeitos gente tem que levar em consideração na hora de escolher o tipo de iluminação e em cima desses efeitos negativos que eu vou citar, o projetista atentar a isso. Os efeitos negativos, entre outros: o brilho excessivo da fonte de luz, alta luminância - às vezes um ambiente de repouso e descanso, nos quartos, ou no próprio ambiente em geral, ... você quer dar um certo conforto para as pessoas que estão doentes, então, essa alta luminância em excesso, pode até atrapalhar a recuperação – refletância de uma fonte sobre uma superfície brilhante – a cor das paredes, os objetos também podem influenciar no tipo de lâmpada que você escolher, para evitar que haja essa refletância em excesso – tamanho e posição adequadas da fonte de luz. Uma questão até interessante, e a gente até nunca atentou a isso, o paciente quando ele está em uma sala de recuperação, aqui na proposta ideal, é que não tenha aquela fonte de luz diretamente no campo de visão quando está deitado, ele sempre fica deitado. Então, aquela luz direto ali, é bom evitar isso. São luzes mais quentes, e em uma posição que não seja frontal, porque isso incomoda, então não é bom pra... – ter uma*

		<i>disposição alta luminância, são fatores negativos, iluminância baixa em áreas com superfícies com cores acentuadas, esses efeitos influenciam, além de forma biológica, mas psicologicamente também, há um estudo que prova esses efeitos no paciente.</i>
100	A1	<i>Ééé... o centro cirúrgico não é o caso do [nosso trabalho] ... não tinha ambiente do centro cirúrgico, né? Mas, é bom atentar, em relação à luminosidade dele tem que ser bem alta, e o fluxo luminoso bem intenso. O foco cirúrgico, né? Tem que ser bem intenso e você vai reduzindo gradativamente... na sala de cirurgia, você vai ter três tipos de iluminação, dentro da mesma sala.</i>
101	A2	<i>Isso para não dar fadiga visual na equipe médica.</i>
102	A1	<i>Exatamente.</i>
103	A1	<i>Então, outra coisa, né? No ambiente hospitalar as variações de luz em geral, ela anima, coloca também que... como a gente quer que não... evitar uma luminância muito intensa, é fazer um projeto aonde a gente contemple muito mais, o possível de contemplar a luz natural e isso ajuda na recuperação do paciente, então, é... dentro do tipo de projeto, observar isso, né? Essa questão da luz natural.</i>
104	A1	<i>Ahm... a iluminação artificial é necessária em áreas com grande profundidade, ééé... Mais para introduzir a gente tem que comentar essa parte, ok? Vamos lá.</i>
105	A2	<i>É, só complementando o que o A1 disse, essa ideia de fazer um projeto que foque muito o paciente, é algo recente, porque anteriormente, desde quando surgiu o plano de criar hospital, sempre se pensou muito do funcional, né? Como um hospital deve funcionar, qual seria a iluminação geral, ... sem foco assim, em pensar nos pacientes mesmo! E nem no próprio médico que vai dar assistência, então, isso é algo novo, bem recente.</i>
106	A2	<i>Bem, quanto à proposta de luminotécnica, ééé... nosso trabalho ficou dividido em 8 ambientes, sendo eles: o estacionamento, a recepção, a circulação, os consultórios médicos, a capela, a UTI, a sala de</i>

recuperação pós-anestésica, o morgue – que é o necrotério – e o almoxarifado. Aí, vale destacar que o pré-projeto falou que os ambientes receberiam um piso claro, né? Piso porcelanato bege, as paredes com tinta branca, teto e forro no gesso rebaixados e acabamentos branco neve.

107 A2 *Vou falar sobre o estacionamento, eu especifiquei que o estacionamento hospitalar é um lugar, que a um fluxo constante de pessoas chegando, certo? Mesmo assim, há a parada toda hora de carros, saem os pacientes, saem os equipamentos para levar esses pacientes ao... dentro do hospital, e também é um ambiente onde tarefas fáceis são executadas. É... para isso é requer uma iluminação em que seja fácil identificar o caminho, para você chegar ao hospital, e para chegar também ao carro e que aumente a sensação geral de segurança e conforto.*

108 A2 *Aí nisso ... eu estava vendo em um artigo, que o tipo de iluminação adequado para um estacionamento é uma iluminação comparada a de um shopping e não a uma iluminação pública, que é a base de vapor de sódio, aí... justamente porque quando você ilumina um lugar com vapor de sódio, há zonas de sombra, e isso não é legal, porque vai ficar fluxo de... um lugar luminoso, outro lugar não, e isso aí é ruim, para um estacionamento que você não sabe quem vai estar andando, né? Justamente também por ser um estacionamento aberto, porque, a gente não ressaltou antes, mas o hospital é público... a gente levou em consideração esse parâmetro.*

109 A2 *Ééé... a gente também optou por luminárias que promovam uma melhor claridade, também por função da segurança e uma melhor definição de monitoramento de imagens, caso seja necessário, para ver se houve algum furto, e também pensamos obviamente, no consumo energético e uma montagem fácil, aí por isso optou-se por lâmpadas de LED. Aí a gente falou que vai ser uma lâmpada de LED de tensão nominal de 200V com 24W de potência, uma alta uniformidade,*

		<i>excelente distribuição de luz, com alto brilho, índice de reprodução de cor 70, e temperatura de cor a 4.500 Kelvin...</i>
110	A7	5 mil
111	A2	5 mil, né?
112	A7	4 mil a 5 mil...
113	A7	<i>4 mil a 5 mil Kelvin, fator de potência em sistema maior que 90, uma vida útil estimada em 50 mil horas, que prolonga o prazo para manutenção, e fluxo luminoso de 2.160 lúmens. A iluminação é necessária com respeito a NBR5413, entra este tipo de espaço na classe A que é de iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples, e o tipo de área é a área pública, com arredores escuros, iluminância de, ... aproximadamente 50lux.</i>
114	A7	<i>E, deve existir uma certa diferença entre a recepção em si e essa sala onde estão essas pessoas que estão acabando de chegar no hospital, né? Então, essa diferença de luminosidade também, serve para quem está chegando, mesmo que seja a primeira vez, que ela vai adentrar aquele hospital, ela vai ter nitidamente a imagem de onde ela deve ir, que é o local que, teoricamente, é... seria mais claro, que é onde fica a recepcionista em si, a que ela deverá procurar.</i>
115	A7	<i>Então, com base nisso, é foi... vou ler um trechinho aqui, do nosso: para este tipo de ambiente, as tecnologias de iluminação devem ser uniformes e claras, com ênfase ao perímetro com elevada referência das paredes ou iluminação nas paredes. Conferindo também, flexibilidade e economia de energia. Então, dessa forma a gente fez uma... propôs a iluminação da seguinte forma, ela será feita através de lâmpadas tubulares de LED, com potência de 18W e tensão nominal de 200V, a vida útil dessas, ... dessas lâmpadas é de 40 mil horas e a temperatura de cor, ela vai estar variando de 4 mil a 6 mil Kelvin, para essa iluminação da mesa, né? Da recepção, é de 2.700 a 3.000 Kelvin</i>

para a parte de descanso e espera, e o índice de reprodução de cor deve ser acima de 80% e o fluxo luminoso de 900 lúmens. É... e esse recurso não é agressivo ao meio... não é agressivo ao meio ambiente. Também, ela está classificada ao nível de classe A que é a iluminação geral das áreas usadas ininterruptamente, igual foi o que a A2 disse, e com tarefas visuais simples, ééé... e essa classificação de classe A, é um tipo de atividade com requisitos visuais limitados, trabalho como ... auditórios, 300lux de iluminância para a área de recepção. Entretanto, na área da mesa da recepção deve-se utilizar uma iluminação localizada para aumentar o nível de iluminação, em relação à área dos visitantes, que foi o que eu tinha explicado aqui no começo.

116 A8 Ééé... lá na área de circulação é onde ocorre o trânsito de pacientes, funcionários e visitantes, a luz deve ser baixa e próxima a... e mais próxima ao piso, né? Justamente por ser uma área que... com presença constante de pessoas e é apenas para circulação, é transito rápido, ele não requer uma iluminação intensa por causa disso. Foi escolhido também pela lâmpada de LED, com fluxo luminoso de lúmens de 990, é mais ou menos 10%, é potência de 9W, ééé... o IRC é igual ou maior a 75, e a vida útil pode chegar até 50 mil horas, né? Pode chegar, né? Mas... A tensão é de 220V, temperatura de cor está entre 4 mil e 5 mil Kelvin, que é um branco neutro, que não precisa ser tão intenso e também é um nível de iluminância que é de classe A.

117 A6 Bom, consultórios médicos. Na sala de consulta é importante manter a sensação de segurança e aconchego, para os pacientes e visitantes, também tem que ter uma iluminação que seja fácil para o médico ao ler os exames, né? Tenha mais atenção ao ler os exames, ... realizar seus estudos ...

118 A6 Bom, ... a iluminação dos consultórios médicos será feita com a lâmpada fluorescente tubular ..., essa que foi escolhida ficou um pouco atrás da lâmpada de LED por questão de durabilidade. Mas ela apresenta melhor qualidade de uso, né? Para essa finalidade, a gente

-
- considera ela melhor, apesar da lâmpada de LED ter menor custo de manutenção, a gente achou mais viável utilizar este tipo de iluminação.*
-
- 119 A6 *Bom, a iluminação em torno do consultório médico, será feito com a lâmpada fluorescente tubular, com potência de 40W, tensão de 220V, temperatura de cor, a gente usou 6.500 Kelvin, essa temperatura de cor, ela se enquadra na cor branca fria, pois é um ambiente que requer atividades, que requer atenção, né? O índice de reprodução de cor, nós optamos por um que seja maior que 80%, facilita na reprodução de cores, facilita para o médico... e uma vida útil de 8 mil horas. 8 mil horas... assim, ela requer uma manutenção razoável, e o fluxo luminoso, nós escolhemos de 12.500 lúmens. Quanto a iluminância, elas entram na classe B, iluminação geral para área de trabalho. O tipo de atividade para tarefas com requisitos visuais normais... para escritório ela se encaixa, ... A iluminância de mil lux, pois é um local onde o trabalho visual, pode ser considerado alto.*
-
- 120 A8 *Já a capela, ela é um ambiente mais reservado, para orações, para serviços religiosos, algumas missas também que ocorrem na capela, num hospital mesmo, eee... E é um local onde não há tanta necessidade de luz muito intensa. A iluminação também é lâmpada de LED, com potência de 8W, a tensão nominal de 220V, a temperatura de cor é a branca morna, que é de 2.700 a 3 mil Kelvin, o IRC maior ou igual a 80, fator de potência maior que 50% e vida útil de 25 mil horas. A iluminação da capela também é de classe A, só que a luminância dela é menor que as outras, que os outros que a gente tinha falado que eram de classe A é de 300 lux e na capela, é de 200.*
-
- 121 A8 *E na UTI e a sala de recuperação pós-anestésica, são ambientes em que os pacientes estão mais vulneráveis, estão em recuperação, então o sistema imunológico deles, não está normal ainda, como era antes. Então, tem que ser uma luz mais forte para regularizar o sistema do paciente e para dar também um maior conforto, um bem-estar durante a recuperação, também foi escolhido a lâmpada de LED, né? Mas com*
-

uma potência de 18W, fluxo luminoso maior de 980, com 10% para mais para menos, a tensão é de 220V, o fator de potência é maior igual a 95%, o IRC é maior igual a 75% e a temperatura de cor está entre 4 mil e 5 mil Kelvin, que é o branco neutro. A vida útil que a gente já tinha falado, é de mais de 50 mil horas, mas... e a classificação é B, que a gente tinha comentado, uma iluminação para área de trabalho, com a luminância de 500 lux, que é o menor dessa categoria.

122 A6 *Bom, no Morgue. O morgue é um local que se coloca cadáver, [risos] e por isso, por ser um ambiente de pouco trabalho, é necessário apenas a realização de [não foi possível compreender] ... desse modo é importante a iluminação econômica e viável, né? Como lâmpadas de LED, além da economia de energia, elas possuem vida útil alta, mais durável, com menor custo de manutenção, quando comparadas às fluorescentes. Para essa área de iluminação, escolhemos a lâmpada de LED de 2W, com potência de 220W temperatura de cor de 3.500 Kelvin, essa cor é a cor branca quente, para uma sensação de descanso, o índice de reprodução é de até 80%, pois o local não precisa de muita reprodução fiel de cores [risos]..., vida útil de, aproximadamente, 25 mil horas, e fluxo luminoso de 18 mil lúmens, quanto à luminância necessária ... ela entra na classe A e com iluminância geral para áreas usadas com tarefas visuais.*

-
- 123 A6 *Almoxarifado hospitalar, um espaço usado para guardar remédios, e outros objetos de relevantes do complexo hospitalar. Para essa estrutura nós escolhemos uma tecnologia de iluminação econômica de energia com alta durabilidade, esse ambiente se assemelha com o Morgue, ... também podemos usar a lâmpada de LED, como local para buscar e armazenar medicamentos, é necessário apenas a lâmpada função. Para a iluminação, o almoxarifado foi escolhido a lâmpada de 32W, temperatura de cor é de 4.500 Kelvin, branca quente, para facilitar a busca por medicamos, o índice de reprodução é de até 90%, o índice de reprodução de cores melhor, é... pois facilita a busca por medicamentos e a vida útil é prevista de 25 mil horas, fluxo de 2.500 lúmens, e ela também se enquadra na classe A, são usadas 200lux de iluminância.*
-
- 124 A1 *Bom, e para gente fechar o trabalho, as considerações finais, ééé... como visto aí, a lâmpada de LED predominou, né? A lâmpada em si... o tipo de lâmpada de LED escolhido, lembrando que isso aqui é um projeto né, corta aí professora... a execução pode, né? Ao andamento da obra a gente pode ver as questões, se é viável ou não, a gente pode cortar alguns custos, durante...*
-
- 125 A1 *Se a empresa não for a Odebrecht, a Andrade Gutierrez, e essas assim ... Lembrando então... para finalizar, a lâmpada utilizada é o LED, levando em consideração principalmente a questão do paciente, né? Que é o que vai ser atendido, que vai estar recebendo toda essa iluminação, dentro desse... como havia introduzido antes, no aspecto fisiológico e psicológico é importante, então tem que olhar, além desse aspecto quantitativo e econômico, tem que olhar essa parte para projetar, ééé... então, o importante mesmo, ensino disso, é que o edifício seja funcional, bem funcional, e atenda às necessidades, dos usuários...*
-
- 126 A2 *os usuários.... De modo geral.*
-

127 A1 A1 – de modo geral. É uma obra... eu vou falar assim, ah vai ficar muito cara, mas hospitais, são geralmente obras... não são obras, ééé... corriqueiras, né? São obras que podem ter investimentos sim, mais elevados, para dar uma qualidade melhor de atendimento para essa população sofrida, né? Principalmente do Sistema Único de Saúde, então, às vezes... mais confortável, né? Ajudar na recuperação. Ele vai achar que está sendo atendido em um hospital de elite, então, às vezes pode ajudar na sua recuperação, ele vai se sentir importante.

128 A2 Também vale destacar que esse tipo de iluminação LED, ele busca também fazer com que o hospital, vire um ambiente de hotel, o paciente se sinta em um ambiente.... Mas eu falei sério mesmo.

[Palmas].

Apresentação do G4

As falas a seguir correspondem à transcrição de áudio, dos vídeos de apresentação do produto proposto pelo G4, na segunda sessão tutorial da PBL, realizada em 14/03/2017.

<i>Fala</i>	<i>Autor</i>	<i>Transcrição</i>
-------------	--------------	--------------------

129	A3	Então, ah... denominação tem algumas características, né? Nós temos que estar atentos, né? Tais como: princípio de funcionamento, a iluminância conforme a NBR, temperatura de cor, potência consumida, vida útil prevista, o fluxo luminoso esperado pelo ambiente, características térmicas, perfil de manutenção, limpeza e impacto ambiental. Então, tudo isso a gente tem que analisar. Certo! Antes de começar aqui, eu vou explicar como vai ser a nossa apresentação, ah.... Durante as discussões, nós decidimos utilizar três tipos de lâmpadas, e algumas... alguns tipos de luminárias. Nós vamos falar a respeito... Rapidamente desses três tipos de lâmpadas, para depois irmos para os ambientes... Caracterizar ela e como ela funciona.
-----	----	---

130	A3	Então, a lâmpada fluorescente... a lâmpada fluorescente, ela possui 4 componentes principais, ééé... tubo de vidro, 2 eletrodos, gases e o material que reveste internamente o tubo. No finalzinho ali daquele texto, fala que é
-----	----	--

		<i>mais econômico que a incandescente, pois aquece menos, né? E dissipa menos energia em forma de calor.</i>
131	A3	<i>Em relação as características térmicas, né? Ah... a luz fluorescente, ela tem a questão da Temperatura de Cor, o que, que é isso? A Temperatura de Cor, ela não está relacionada à emissão de calor, mas relacionada à cor mesmo, então, quanto maior for a temperatura de cor, maior será a sensação de fria, causada por essa iluminação. Então, temos ... a morna, a amarelada, que tem uma faixa de 3 mil... até 3.500 Kelvin, neutra ou branca de 3.300 a 5 mil Kelvin, ou a fria ou a suave até 5 mil Kelvin.</i>
132	A3	<i>Em relação à limpeza e manutenção, deste tipo de lâmpada, as lâmpadas fluorescentes em condições normais, elas não necessitam de limpeza periódica, tempo de vida varia entre 20 mil horas. Em relação às luminárias, né? Então a gente tem esse tipo de lâmpada fluorescente e as luminárias. Ééé... discutindo a gente... aaa... propôs luminárias de sobrepor com refletor, e plafon de sobrepor.</i>
133	A11	<i>Esse tempo de 20 mil horas está um pouco elevado, mas depende muito do fabricante, e tem lugar que fala 8 mil, tem lugar que fala 16 mil, cada um está um valor diferente, vai depender muito da sua escolha mesmo.</i>
134	A3	<i>Nós olhamos muito em catálogos de fabricantes. Em relação a vantagens e desvantagens. As vantagens: maior a durabilidade das lâmpadas incandescentes, claro. Podem ser ligadas e desligas, sem perigo de queimar, facilmente; o calor emitido é significativamente menor do que uma lâmpada incandescente. E as desvantagens, o custo inicial, algumas podem exigir instalações somente por eletricitas, algumas podem tremer visualmente e produzir uma luz desigual, podendo, ééé... incomodar os usuários.</i>
135	A13	<i>Lâmpadas halógenas, a gente, em alguns casos optou por usar ela, embora seja incandescente, uma variação da lâmpada incandescente, há setores em que ela se encaixa, até por viabilidade econômica e facilidade de implantação. Ééé... características térmicas, as lâmpadas halógenas possuem luz brilhante que possibilita realçar as cores e objetos com eficiência energética maior do que as incandescentes comuns, por serem compactas, as</i>

halógenas são utilizadas por mais... nas mais diversas luminárias... é... desde pequenas luminárias até luminárias mais complexas...

Manutenção e limpeza, lâmpadas halógenas não necessitam de limpeza. As luminárias... as luminárias propostas para este tipo de estabelecimento, no caso, o hospital, a gente usou luminária de halógenas e luminária de teto sobrepor.

136 A12 *A gente vai explicar, mais à frente...*

137 A11 *E,... cada ambiente.*

138 A13 *Vantagens, índice de reprodução de cor 100, equivalente as incandescentes e a luz natural do sol. Temperatura de cor, entre 2.800 Kelvin e 3.100 Kelvin, essa temperatura torna o ambiente mais agradável, por se aproximar bastante dá... dá luz natural do sol e ter o índice alto de reprodução de cores, ela proporciona um ambiente mais agradável. Uma variedade de formatos, permite uma flexibilidade maior para instalação. Desvantagens, durabilidade reduzida, ééé... em comparação com fluorescentes ou LED, ééé... Lâmpadas halógenas, não são tão economizadoras de energia, embora consumam menos que as incandescentes, consomem muito mais que compactas e fluorescentes. Então, com relação a consumo e durabilidade ela perde um pouco.*

139 A19 *Nosso grupo também utilizou no projeto lâmpadas de vapor de sódio, que é um caso específico do estacionamento, e elas são construídas como tubos de descarga e que contém nesse tubo é excesso de sódio e com a idade ele evapora eee... eee... ele acende, né? Ééé... as características principais dela, é que utilizam reator, o índice de reprodução de cores é entorno de 20%, necessita de um equipamento auxiliar, que é o reator, e possui temperatura de cor entorno de 2 mil Kelvin. Essas lâmpadas apresentam vida útil aproximada de 16 mil horas, conforme elas vão sendo queimadas, vão sendo substituídas. Ééé... lâmpadas de vapor de sódio, diferente das de mercúrio não atraem insetos.*

As vantagens e desvantagens eee... que a gente vê bastante vantagem na de LED em relação ao uso dela... neste caso específico, mas a gente viu

		<i>que ela acabou sendo utilizada ééé... em detrimento da de LED, porqueee... porque questão de custo, mesmo. Ééé... acendimento de reatores, e por esse fator podem levar até 15 minutos para receber, no caso de oscilação de energia, por exemplo. As de LED funcionam através de chip e não apresentam reator, e é isso.</i>
140	A3	<i>Certo, antes de ir para a próxima proposta de cada ambiente, ééé... pode perceber que a gente não utilizou... não utilizamos lâmpadas de LED, foram esses três tipos: as fluorescentes, aaa... halógenas e aaa... de vapor de sódio. Por que? Essa foi a discussão inicial do nosso grupo, né? Chegamos no estacionamento, ah, o que a gente vai usar? A LED ou a fluorescente? O quê que vai ser? Primeiro, por que ééé.... a gente descartou o LED? Por ser uma obra pública, né? A questão do custo mesmo, a gente achou melhor não utilizar LED, por conta disso, questão do custo.</i>
141	A12	<i>Deveria utilizar, mas é pensando em longo prazo, mas no Brasil não funciona muito bem assim, então a gente pensou no que realmente seria utilizado. A3 – E outra, a gente consegue dizer características iguais ou próximas a LED, usando outras lâmpadas também...</i>
142	A19	<i>Consegue proporcionar um certo conforto.</i>
143	A3	<i>Isso! Só saber qual temperatura de cor, por exemplo, qual o tipo de lâmpada, o que depende de uma análise do profissional do projeto.</i>
144	A11	<i>E normalmente a... pessoa que está ali editando e tal, vai pensar mais na praticidade em por uma luminária que é mais comum, talvez mais fácil, não sei, de encontrar alguém que consiga instalar, do que algo que as vezes é mais novo para as pessoas, e também ééé... não sei, as vezes a pessoa não consegue ter a projeção do depois, né? Do que depois a LED é mais econômica, a pessoa talvez não consiga ter essa projeção, ela só quer que o projeto finalize logo, entregar a obra logo e pronto</i>
145	A3	<i>E por que não também, não fazer misto, né? Ao invés de um fluorescente, por uma de LED? Eu posso, na mesma luminária, simplesmente tirar o reator dali e colocar uma lâmpada de LED. Só que isso é perigoso, né? Eu utilizo uma fluorescente e uma de LED aqui, queima, a pessoa não sabe, vai e</i>

coloca uma aqui e acaba dando problema, porque não tem reator, então, a gente tentou unificar essa tecnologia para o ambiente que a gente está trabalhando.

146 A11 *Ééé... nós vamos começar pelo estacionamento, nós escolhemos a lâmpada de vapor de sódio ovoide, eee... é... o IRC ela deve ser para garantir a visibilidade, para o condutor do veículo e segurança, e a temperatura de cor 2 mil Kelvin, uma cor quente, porque não há necessidade de uma cor estimulante, no estacionamento, porque vai ser só um local para as pessoas chegarem e saírem do seus veículos, não vai ter uma permanência prolongada ali, então, não há necessidade de uma cor estimulante, e não vai ser realizada nenhuma tarefa complicada, porque no caso de emergências, tem a rampa de acesso direto, né? Ambulância, tem o local onde fica as ambulâncias, né? Então, são outros casos.*

Ééé... potência consumida estimada, isso foi baseado em alguma pesquisa que a gente fez procurando uma lâmpada de vapor de sódio ovoide, então, depende da... que você vai colocar no seu projeto, você vai analisar, ééé... a área, vai analisar outros fatores para chegar a essa conclusão da potência, mesmo. Ééé... vida útil prevista 24 mil horas e fluxo luminoso 28 mil lúmens por lâmpada.

147 A3 *Na questão do estacionamento, que foi o primeiro ambiente, né? Nós olhamos diretamente para o estacionamento aqui do IFG, né? E aí, foi uma discussão bem boa, assim, melhor. Porque, ah, esse tipo de luz aqui proporciona muita insegurança, olha aí o estacionamento, mas a gente não pode confundir isso, com a questão da falta de iluminação de lâmpadas mesmo (risos), né? A gente tem que saber diferenciar isso, a questão da insegurança com a falta de...*

148 A11 *Pode usar muito bem a vapor de sódio em maior quantidade, do que usar uma outra mais cara, com menor quantidade. Isso daqui é a justificativa que já comentamos.*

149 A12 *Recepção, ééé... a gente escolheu a lâmpada fluorescente tubular (o aluno apontou para o teto da sala), que é essa daqui que a gente está vendo... ééé...*

o IRC dela maior ou igual a 80, temperatura de cor 3 mil e 4 mil, por quê que a gente colocou essas duas temperaturas de cor? Ééé... acho que até os meninos comentaram isso no trabalho deles, ééé... no local que está a recepcionista, o pessoal de atendimento, a pessoa que chega no hospital, a gente precisa de uma luz mais estimulante, uma luz que proporciona a pessoa a trabalhar e ficar atenta ao que ela está fazendo, a secretária no caso. Então, a gente pensou em uma luz ééé... mais fria, a de 4 mil Kelvin, e talvez o lugar onde a pessoa fica esperando para ser atendido, esperando para visita, alguma coisa assim, possa ser uma cor ééé... ééé... de 3 mil Kelvin e para estimular ééé... estimular não, que vai proporcionar conforto, descanso, enquanto essa pessoa espera.

Potência consumida 28W, vida útil prevista 45 mil horas, esse aqui está bem alto, fluxo luminoso 2.600 lúmens por lâmpada.

150 A19 *A Circulação, na circulação utilizamos lâmpadas fluorescentes tubulares, também, ééé... o IRC dela é por volta de 80%, temperatura de cor 3 mil, porque, espera-se que o corredor ééé... exista uma certa, ... calma e porque os pacientes que estão em recuperação nos leitos, eles vão olhar para fora do corredor, ééé... existem relatos de que essa luz atrapalha os pacientes a pegarem no sono, e atrapalha na recuperação desses pacientes. Por isso, a gente optou por uma cor mais morna nos corredores.*

151 A11 *Ééé... os consultórios médicos nós escolhemos a lâmpada fluorescente compacta espiral, porque é uma área menor, o consultório do que os outros locais. O IRC é de 80, temperatura de cor ééé... 6.500 uma cor fria para garantir uma boa visibilidade do local, para o médico, né? E o conforto do paciente. Potência estimada em 23W, vida útil prevista 8 mil horas, e o fluxo luminoso 1.472 lúmens por lâmpada. E também tem o fato de que comparação com a fluorescente compacta espiral e a convencional, a espiral ela consegue distribuir melhor a luz no ambiente, em comparação com a convencional.*

152 A13 *Capela, a gente escolheu dois tipos de lâmpadas para a capela ééé... uma é a lâmpada vela halógena, é uma vela, e lâmpada fluorescente eletrônica*

compacta. Ééé... o IRC é aproximadamente 80, temperatura de cor: halógena é bem alta, não espera... 2.800 é baixa, amarela, e a fluorescente ééé... 4 mil Kelvin. Potência consumida 28W na halógenas, 25W na fluorescente eletrônica. Vida útil, bem baixa na halógena 1.500 horas e na fluorescente 6 mil horas. No luminoso, 400 lúmens nas halógenas e 2 mil na fluorescente.

153 A13 *Mas por que, que a gente então, escolheu a halógena e a fluorescente para compor a capela? Ééé... a capela é um local de introspecção, meditação, deee... oração e geralmente a pessoa tem que estar... se sentir relaxada, se sentir... se sentir em paz naquele meio. O quê que a gente achou disso? A halógena, ela é capaz deee... pela, pela baixa... pela baixa temperatura de cor – 2.800 Kelvin, né? – 2.800 Kelvin, ela é capaz de transmitir isso a pessoa que está ali, então a gente pensa assim, ela pode ser utilizada sozinha, na maior parte do tempo, com uma lâmpada fluorescente ou um conjunto de lâmpadas fluorescentes no altar, vamos supor na frente, indicando alguma coisa de hierarquia, indicando que há algo maior, para algo de... ali, entendeu? (risos) no altar. Essa seria a lâmpada fluorescente de 4 mil Kelvin e na maior parte do tempo, ficaria só uma lâmpada no altar fluorescente e a halógena, nas laterais com arandela, que foi citado lá atrás. Aí, ééé... Se caso, for ter liturgia, alguma coisa, a gente colocaria então, a fluorescente no resto do teto da capela, para esses momentos especiais.*

154 A10 *Sobre a UTI e a sala de cirurgia pós-anestésica, nós escolhemos a lâmpada fluorescente tubular, com o índice de reprodução de cor maior que 80%, temperatura de cor 5 mil Kelvin, potência de consumo estimada em 110W, a vida útil prevista de 7.500 horas, o fluxo luminoso 7.600 lúmens por lâmpada. É, por que que a gente escolheu essa lâmpada? Ééé... para a iluminação de teto, recomendada pela norma ééé... com a luz natural? Lâmpadas fluorescentes de cor fria, pois reduz o tempo de internação do cliente, auxilia na noção de temporalidade do paciente e na recuperação também, dos pacientes. Ééé... existem fluorescentes com a própria temperatura de cor no mercado que atendem as exigências e são mais viáveis que as halógenas.*

155	A3	<p><i>No Morgue nós escolhemos a lâmpada fluorescente tubular, né? Ééé... o índice é maior que 80, temperatura de cor 3 mil ou 4 mil Kelvin, uma cor morna, potência consumida estimada de 28W, vida útil prevista de 45 mil horas, está alta, fluxo luminoso de 2.600 lúmens por lâmpada. Por que nós escolhemos este tipo de lâmpada? Nesse ambiente, não é realizada uma autópsia, né? O exame ou exame cadavérico ... então, eu não preciso nada de... com lâmpada especial, forte demais, eu preciso ler nomes, números, reconhecimento facial, às vezes, né? Então, por isso, essa justificativa. Não eu estou falando que é escuro, eu não circulei...</i></p>
156	A11	<p><i>3 mil ou 4 mil não é escuro.</i></p>
157	A3	<p><i>Eu estou respondendo a sua indagação (risos).</i></p>
158	A10	<p><i>Aí no Almoxarifado, nós escolhemos a lâmpada fluorescente compacta, ela tem um índice de reprodução de cor maior que 80%, temperatura de cor 6.400 Kelvin, ééé... potência consumida estimada em 20W, vida útil prevista 8 mil horas, fluxo luminoso ééé... de 1.180 lúmens por lâmpada. O porquê de a gente ter escolhido essa lâmpada fluorescente compacta, por que? São locais onde ocorre o recebimento, armazenamento e registro de materiais em estoque, além de ter registrado o histórico dos pacientes. A iluminação tem que proporcionar concentração e atenção, também.</i></p> <p><i>Ééé... com relação ao impacto ambiental das lâmpadas, sobre as lâmpadas fluorescentes, essas lâmpadas elas contêm substâncias químicas que afetam os seres humanos, como o mercúrio, um metal pesado que uma vez ingerido ou inalado, causa efeitos desastrosos ao sistema nervoso. Ao romper-se uma lâmpada fluorescente ocorre a emissão de vapores de mercúrio que são absorvidos pelos organismos vivos. Se elas forem descartadas em aterros, as lâmpadas contaminam o solo, e mais tarde, os cursos d'água, e chega até a cadeia alimentar. Ééé... o impacto sobre o meio ambiente causada por uma única lâmpada é desprezível, basta somar, as lâmpadas descartáveis, terá efeito sensível aos locais que são dispostas.</i></p> <p><i>Sobre as lâmpadas de vapor de sódio, ééé... no caso dos sais de sódio presentes nas lâmpadas de sódio a baixa pressão, existe algum risco de</i></p>

reação destes com a água, onde produzem soluções potencialmente corrosivas com hidróxido de sódio e gás hidrogênio, que é extremamente inflável e explosivo. Ééé... qual é a recomendação para o descarte dessas lâmpadas? O descarte deve ser feito em áreas de resíduos locais para reciclagem específico para esse descarte. E Jataí, Goiás, nossa cidade, temos o Ecoponto.

159 A11 *Aqui em Jataí, se não me engano tem 4 Ecopontos, só que a população não sabe muito dessa informação, eu só soube que existia isso, depois que já estava na faculdade, um rapaz aí que fez uma pesquisa e a gente descobriu iii... ééé... não tem muita informação que você pode levar nesse Ecoponto e as pessoas nem sabe da existência dele, mas ele recebe muito entulho, acho que até 1 m³ ele recebe por pessoa, então, é um local ideal para a gente descartar isso, quando ... tiver certeza ou pelo menos a gente acredita que sim, que não vá para o aterro ou diretamente para o solo.*

E aqui nós colocamos ééé... as lâmpadas que nós escolhemos (a aluna A11, mostrou fotos das lâmpadas) com a luminária correspondente, para ter uma ideia da... de como ficaria... da luminária. A primeira é a lâmpada fluorescente compacta e espiral, a segunda é a lâmpada halógena, que vai ser aplicada em arandela na Capela, (muda de slide) aqui a tubular, que é igual essa daqui da sala e a última é a... ovoide, que é a do Estacionamento. E é isso.

[Palmas]

[Aluno de outro grupo (A1) abre uma discussão.]

160 A1 *Só para fomentar o debate, sobre vocês não terem utilizado o LED no Estacionamento. Nós ficamos pensando aqui na proposta para vocês para o Estacionamento. Uma lâmpada de vapor de sódio.... demora 15 minutos para ligar, 10 horas da noite acontece um apagão, uma falha de energia, a pessoa pode ser assaltada ali por falta de eficiência disso ligar...*

161 A11 *Mas ocasionalmente... talvez...*

[a turma se anima a falar, e não dá para entender as falas individuais]

162 A1 *Há, vamos pegar um hospital público e tal... mas é uma obra de verdade, de*

		<i>qualidade, que demanda investimento público, ... [a turma se anima a falar, e não dá para entender as falas individuais]</i>
--	--	---

163	A11	<i>Sim, mas nós não estamos desprezando a qualidade ... [a turma se anima a falar, e não dá para entender as falas individuais]</i>
-----	-----	---

164	A1	<i>Há, outra coisa em relação, ééé... mas a... não considere o LED que vai te dar um retorno a longo prazo até lá e tal... o LED vai me dar um retorno a longo prazo, e isso é interessante ... Manutenção eu vejo assim, para o hospital a vida útil dessas lâmpadas fluorescentes é menor que as de LED, então, às vezes a manutenção para o hospital com certa frequência... atrapalha, incomoda o andamento do... ainda mais para um hospital que é movimentado, né? E é então, assim... com o LED... daria esse tipo de manutenção, você reduziria esse tempo, e atrapalharia menos o andamento da atividade hospitalar, né? São os pontos que a gente, nosso grupo, gostaria de apresentar...</i>
-----	----	---

165	A12	<i>Em alguns aspectos eu até concordo com você, mas a questão é o seguinte, o Governo Federal, o que ele faz? Ele tenta... ele redistribuiu os recursos, né? Ele não tenta focar em algumas coisas importantes, entendeu? Se eu posso construir dois hospitais, como é que eu vou... tipo assim, se eu posso construir dois hospitais bons, porque que eu construí só um? Tipo assim, com LED, com tudo que há de melhor, se eu posso atender a duas cidades com dois hospitais bons? É isso o que eu estou falando, entendeu? É distribuição de recursos. [não dá para entender, nem formar frases, por conta da quantidade de conversas]</i>
-----	-----	---

166	A3	<i>Mas professora, outra observação, assim, uma experiência minha, que eu comprei LED e usei e fiquei insatisfeito... eu não sei... a senhora pode falar melhor, mas eu acho que essa tecnologia ela deveria ser mais estudada ainda, mais aprimorada, eu acho. Não é... eu acho que não é isso tudo ainda, acho que não é tudo isso ainda, ainda!!! Não estou falando que é ruim não, mas que propagando maior que o produto, porque? Porque eu comprei e dois meses depois ela estragou, não pedi o cupom fiscal, me ferrei... troquei</i>
-----	----	--

		<i>todas as lâmpadas de LED da nossa empresa, não tive a redução nem de 1 centavo na energia, porque? Cai nessa do povo falar, 'não, troca porque LED e você vai pagar metade da sua energia da sua casa' (risos da sala). Troquei tudo, gastei o olho da cara, joguei um monte de reator fora, não virou nada.</i>
		<i>[a turma se anima a falar, e não dá para entender as falas individuais]</i>
167	A11	<i>Quem quiser comprar reator, eu tenho lá para vender (risos), pois ainda sobrou um monte. Mas assim, é uma experiência que eu tive.</i>
168	A11	<i>Não, mas ele falou só do comércio.</i>
169	A3	<i>Não, mas não é do comércio. Residencial também.</i>
170	A15	<i>Mas professora, às vezes nesse caso o problema nem é na lâmpada, às vezes tem outra forma, ou a instalação não estava boa, ...</i>
171	A3	<i>Exatamente. Só que... só que eu fui nessa onda, entendeu? Nessa onda de pesquisa na internet para você ver. Tudo fala bem de LED, tudo fala bem de LED, eu acho que não é bem por aí. Acho que tem que evoluir ainda.</i>
172	Prof.	<i>Gente, vamos lá então? Depois... eu vou pegar uns pontinhos aqui, mas vou deixar o LED para o final. O primeiro grupo falou que usou fluorescente... falou de usar fluorescente tubulares, a gente tem das 40, das 36, das 32 e das de 28. A 40 e a 36 a gente não usa mais, viu gente, não usa mais não. Então assim, quando a gente estiver falando de lâmpada fluorescente tubular, tem as T12, que ela tinha isso aqui, mais ou menos, que é 2 oitavos de polegada de diâmetro, então assim... então a T12 é a de 40, aí tem a T10 que é a de 36W, veio a T8 que são essas que a gente vê aqui, que são as de 32 e tem a T5 que ééé... 5 oitavas de polegada, que são 16 milímetros. Então, quando o último grupo falou de usar a fluorescente tubular de 28W, ótimo, beleza. Se alguém chegar e falar: vamos usar a 32W, pelo custo pode ser que ela passe, por causa do tipo de reator só. Mas assim, 40 e 36 é obsoleto mesmo, é igual eu dizer que vai usar a lâmpada de mercúrio para estacionamento, assim, não é uma opção, 40W para fluorescente tubular e 36W, não são opções mais, tá?</i>

Um grupo comentou de fazer a proposta de 2 mil Kelvin, para uma

temperatura de cor, para o estacionamento, se eu não estiver enganada... 2 mil Kelvin, ahhh gente... é muito, é muito difícil usar 2 mil Kelvin, é muito dramático. A gente usa para iluminação de cenário de peça de teatro, entendeu? Então assim, tem que ser uma situação muito... muito específica. Então assim, começemos em 2.700, tá? E aí, a gente para ali no 6 e 6.500 dentro dos usos normais. A gente pode usar 8 mil? Pode, num caso muito específico, a gente pode usar 2 mil num caso muito específico.

O último grupo deixou passar ali umas fluorescentes tubulares, ainda que muito eficientes, eles se referiram à vida útil de 45 mil horas. Essas 45 mil não têm, não. Tem 15 mil nas básicas, nas que você não precisa perguntar, é o comum vamos dizer assim. Tem 24 mil e 25 mil horas, melhores. E a gente até tem 32 mil, mas numa linha muito top, top, que a gente tem que encomendar. Então assim, fluorescente tubular, é legal, dura 24 mil horas, e aí, ela, ela, ela é sim uma opção, tá?

Gostei muito do resultado de vocês, deixa eu ver o que eu tenha a dizer... eu anotei de todas as direções aqui. Tá. Um dos grupos comentou que o estacionamento pode ... ééé... não reduz a vida útil das fluorescentes, reduz, né? Por razão da ionização do gás. Então, apagar, acender, apagar... é. É porque ficou trocada a informaçãozinha, do LED não, mas de incandescente, de halógena e de todas as de descargas, vão perdendo e aí, mexe na vida útil.

Tá. Só para deixar claro, não tem diferença de preço pela temperatura de cor, tá gente? Se você vai comprar um fluorescente 3 mil, 2.700 Kelvin, não muda o preço. Diferença de índice de reprodução de cor, quanto melhor reproduz a cor, mais caro fica. Tá?

Ah tá... o grupo que usou halógenas, e aí eu vou entrar na questão do LED e depois volto na halógena, tá? Fluorescente... Óh... vocês apresentaram conceitos bastantes elaborados, uma quantidade de considerações para as áreas de trabalho, muito, muito eficientes, muito legal! Achei que vocês fizeram um trabalho muito bom, mesmo. O último grupo chegou a falar da capela, de criar, além de um cenário funcional e de bem-estar... que a gente disse ser importante, ... [alguém cita, divino]

exatamente... de dizer que a luz transmite isso, isso é muito evoluído, é um conceito de iluminação com cenário, é uma coisa muito legal.

Outro conceito legal que vocês todos trouxeram é a iluminação por área de trabalho, então, eu estou na recepção, quero uma iluminação geral que eu vou economizar e vou deixar uma iluminância x e depois vou aumentar sobre uma área de trabalho. Mas também, é o que há hoje em eficiência de projeto. Então assim, gastar menos, onde se usa menos, onde se necessita menos, tá? Muito bom, gostei muito do projeto de vocês!

Aí vamos lá para a briga do LED! Rapidão! O que acontece com o LED, gente? O LED é... não digam que o LED é novo. Ele já está velho... não, não é um bom exemplo, não (risos) ... ele não é novo. Vamos dar o exemplo... vamos ser feliz nesse exemplo. Ele é mais velho que a Xuxa, vamos dizer assim (risos).

Então, a gente não pode dizer que ele é novo, que ele está em desenvolvimento, podemos. Então assim, está maduro como uma tecnologia de fluorescente? Não está. O quê que acontece? Na tabelinha que as meninas entregaram, depois deem uma olhadinha, a gente tem que tomar muito cuidado quando falar: “vai lá e troca a sua fluorescente, que cabe, que tem esse tamanho, por uma LED daquela... que cabe lá e não precisa de reator e tal”. Ela consome menos? Consome menos. Mas ela ilumina menos, então, o nosso fator, o nosso olho vai bater em cima de eficiência luminosa, que é a quantidade de lúmens por Watts. Então, se ela ilumina menos e consome menos, não vai dar uma divisão tão gritante assim, entendeu? Então, fiquem de olho nisso. Aí isso salta aos olhos, quando a gente vai fala de halógena. Halógena e incandescentes realmente, vocês podem usar LED de olho fechado, então assim, a gente consegue uma resposta de LED bons, LED certificados que vão dar para gente essa característica de conforto, de reprodução de cor, de 85%, sabe? Não dá 100, não, né? Mas assim, em função do consumo e da vida útil quando eu penso em halógena, eu saio de 2 mil horas para 25 mil, aí gente, é uma festa... é uma festa!

Em compensação, na tubular eu saio de 24 para 25, não é negócio tão

bom assim, né? Quando o preço é muito maior, quando a tecnologia é nova. Então assim, tenham muito cuidado de usar, de trocar fluorescente tubular por LED. Aí, o que a gente faz? Eu posso dizer, a halógena eu posso dizer, pode usar. Quando chegar lá no estacionamento, aí vamos pôr na ponta do lápis, quando chegar na fluorescente tubular, a gente vai pôr na ponta do lápis. No estacionamento, nas lâmpadas de descarga de alta pressão, a maioria dos seus estudos vai dar favorável ao LED, a maioria. A onde é que ele não vai dar favorável ao LED? Quando aquela lâmpada for ficar ligada pouco tempo por dia. Agora, quando estiver falando vai ligar às sete da noite e vai desligar às seis da manhã, aí vamos sim, considerar a questão do LED, mesmo quando ela não tem baixo custo.

Concordei muito com o argumento do A1, quando estou pensando em um hospital e que não se faz hospital toda hora. Então assim, ele vai ficar lá 30 anos sem receber reforma, entendeu? Então assim, eu já começo com uma tecnologia muito antiga... isso é complicado. A gente tem todo o ... concordo com os meninos também, o projeto do centro médico é supernovo e a gente não conseguiu ééé... colocar LED dentro do hospital, só no estacionamento. Então assim, as variáveis são muitas e aí, a gente vai puxar para esse lado, as variáveis são muitas. É por isso que a gente precisa de bons projetistas, por isso que a gente precisa de vocês. Sabendo que a luz transforma sim, que ela emociona sim, que ela ajuda a recuperar mais rápido, que ela ajuda a se sentir e enxergar melhor, mas ela também tem seus custos, suas limitações de projetos e suas limitações de investimento. Então assim, gostei demais dos resultados de vocês. Muito, muito, muito. Muito obrigada!

[Palmas]

Respostas aos questionários de avaliação da metodologia PBL

AVALIAÇÃO PBL																					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21
Proporcionou Motivação?	E	B	E	E	E	R	B	E	E	B	E	E	B	B	E	R	E	B	B	E	E
Foi relevante para o aprendizado?	B	B	E	E	E	B	B	E	E	E	E	E	B	B	E	B	E	B	E	E	B
Proporcionou integração de conhecimentos?	B	B	E	E	E	B	E	E	E	E	E	E	E	B	E	B	E	B	B	E	E
Foi fácil obter material de pesquisa?	E	R	E	E	B	R	B	B	B	B	B	B	B	B	R	I	B	E	B	E	B
O tempo foi suficiente para as atividades?	E	R	E	E	R	B	B	B	B	B	B	R	E	R	R	I	R	R	B	B	R
Como você avalia a apresentação dos produtos (projetos) desenvolvidos?	E	B	B	E	B	B	B	E	E	E	B	B	B	B	E	R	B	B	B	B	E
Como você avalia o alcance dos objetivos educacionais, pela PBL?	B	B	E	E	R	R	E	E	B	E	B	E	B	B	B	R	B	R	B	E	E
Cite aqui outro item que gostaria de considerar.									E									R			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 60%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> <div style="background-color: #FFFF00; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">R</div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">I</div> <div style="width: 10%;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">E</div> <div style="background-color: #00B0F0; width: 10%; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> </div>																					

Respostas à Questão 12 do questionário de avaliação das MA

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21
1	5	1	4	7	3	7	3	1	3	1	4	4	1	4	4	4	3	1	7	3
2	1	1	1	7	3	6	1	2	2	5	1	3	3	1	1	2	1	4	7	1
1	3	1	2	7	4	5	2	4	1	4	2	1	2	3	5	1	1	3	7	4
1	2	4	3	7	3	4	4	3	4	3	5	2	7	2	3	3	1	2	7	2
2	4	1	6	7	2	2	6	5	5	2	3	5	6	7	2	5	3	5	7	5
5	6	3	7	4	3	3	7	6	7	6	7	7	5	6	7	6	4	7	7	6
3	7	1	5	7	5	1	5	7	6	7	6	6	4	5	6	7	3	6	7	7

1	O método é dinâmico;
2	O método proporciona a oportunidade de trabalhar em grupo;
3	O método origina problemas de relacionamento no grupo;
4	O método instiga o desempenho de papéis dentro do grupo.

1	O método é dinâmico;
2	O método possibilita desenvolver competências de solução de problemas;
3	O método estimula a busca do conhecimento por meio da pesquisa;
4	A pesquisa proporciona a autoaprendizagem;

Respostas às questões de 1 a 8 do questionário de avaliação das MA

AVALIAÇÃO METODOLOGIAS ATIVAS . EsM, IpC E PBL								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
A1	NÃO	SIM	B	A	E	B	C	C. ALGUMAS
A2	NÃO	SIM	B	B	F	B	C	A. SIM - TODAS.
A3	NÃO	SIM	A	A	A	A	E	A. SIM - TODAS.
A4	NÃO	SIM	B	B	F	A	D	B. SIM - PROJETOS.
A5	NÃO	SIM	A	B	E	A	D	B. SIM - PROJETOS.
A6	NÃO	SIM	B	B	F	B	C	B. SIM - PROJETOS.
A7	NÃO	SIM	B	B	B	B	D	B. SIM - PROJETOS.
A8	SIM	SIM	B	A	E	B	D	B. SIM - PROJETOS.
A9	NÃO	SIM	B	C	E	A	D	B. SIM - PROJETOS.
A10	NÃO	SIM	A	C	A	B	D	A. SIM - TODAS.
A11	NÃO	SIM	A	A	F	B	D	B. SIM - PROJETOS.
A12	NÃO	SIM	B	A	F	A	B *	B. SIM - PROJETOS.
A13	NÃO	SIM	A	A	F	B	B	C. ALGUMAS
A14	NÃO	SIM	A	C	F	C		B. Com sugestão de o método ter sido implantado desde o início para melhor adaptação. B. SIM - PROJETOS.
A15	NÃO	SIM	B	A	F	A	E	B. SIM - PROJETOS.
A16	NÃO	SIM	A	B	C	C	B	B. SIM - PROJETOS.
A17	NÃO	SIM	A	B	F	A	D	B. SIM - PROJETOS.
A18	SIM	SIM	A	C	A	B	D	A. SIM - TODAS.
A19	NÃO	SIM	A	A	F	A	D	C. ALGUMAS
A20	SIM	SIM	A e B	A	E	A	E	B. SIM - PROJETOS.
A21	SIM	NÃO	B	A	F	A	E	A. SIM - TODAS.

Respostas às questões de 9 a 13 do questionário de avaliação das MA

AVALIAÇÃO METODOLOGIAS ATIVAS . EsM, IpC E PBL					
	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
A1	SIM. Autonomia a Buscar e aprender. Debater e Concluir - aprendizagem.	SIM. Disciplinas mais práticas, projetos, que implicam debates. MENOS as que exigem mais cálculos.	ÀS VEZES. Por exigir mais do aluno.		Trabalhar fora da zona de conforto com muita pesquisa. Sobrecarga em semestre com muitas disciplinas.
A2	SIM. Defesa de Opinião.	SIM. Defesa de opinião publicamente, experiências pessoais, exposição fatos cotidianos.	NÃO. Aulas expositivas funcionam melhor.		Pesquisa constante.
A3	SIM. Organização em grupo, liderança, coletividade.	SIM. O ensino tradicional não cumpre com os objetivos.	SIM. Melhor assimilação nos conceitos.		SEM pontos negativos
A4	SIM. Pois coloca o aluno a situações práticas vividas no mercado de trabalho.	SIM. Pois o contato direto com o problema sob orientação AUMENTA o conhecimento.	SIM. Entender na prática facilita.		-
A5	SIM. Trabalho em grupo e argumentação em público.	SIM. Desperta o maior conhecimento pelos trabalhos em grupo e espírito crítico.	SIM. Melhor assimilação nos conceitos.		SEM pontos negativos
A6	SIM. Enxergar além	SIM.	SIM		falta de interesse por parte dos alunos (Raro)
A7	SIM. Devido à melhora na absorção dos conteúdos e situações mais práticas.	SIM. Torna o aluno mais ativo no processo de aprendizagem.	SIM.		Demanda de tempo para pesquisas e trabalhos.
A8	SIM. Mais problemas práticos	SIM. Pois o contato direto com o problema sob orientação AUMENTA o conhecimento.	SIM. Suscita a dúvida na sala de aula, uma vez que o aluno já o tenha estudado em casa.		Metodologia estritamente ligada à participação dos alunos. Nem sempre isso acontece.
A9	SIM. Visão mais prática e o que expande o conhecimento.	SIM. Ajuda a pensar mais.	SIM. Suscita a dúvida na sala de aula, uma vez que o aluno já o tenha estudado em casa.		Demanda de tempo para pesquisas e trabalhos. Devido às muitas disciplinas.
A10	SIM. Foca na Formação Profissional.	SIM.	SIM. Aluno mais ativo no processo.		Pouca orientação do professor nos trabalhos em grupo.
A11	SIM. Autonomia a Buscar e aprender.	SIM. MAS deve ser mesclado os dois métodos de ensino.	NÃO. Aulas expositivas funcionam melhor.		Não aplicável a disciplinas com conceitos mais complexos.
A12	SIM. Trabalho em grupo e argumentação em público.	SIM. MAS deve ser mesclado os dois métodos de ensino.	NÃO. Aulas expositivas funcionam melhor. Pois o professor é mais preparado para a transmissão do conhecimento.		-
A13	SIM. Pesquisa, argumentação, elaboração de trabalho.	SIM. MAS deve ser mesclado os dois métodos de ensino.	SIM.		Conteúdos de aplicação prática geram muitas dúvidas e dificuldade em se assegurar que está no caminho certo
A14	SIM. Melhor absorção das informações.	SIM. Assimila-se melhor a informação Na M. A.	SIM.		Método poderia ter sido aplicado no início do semestre para melhor adaptação
A15	SIM. Antecipa as dificuldades do mercado de trabalho.	SIM. Torna o aluno mais ativo no processo de aprendizagem.	SIM. Mas com a supervisão do professor. SE UNIR CONCEITO E PRÁTICA COM CERTEZA MELHORA		Se o aluno não se dedicar, não aprenderá nada.
A16	TALVEZ. Se o método for mais amadurecido.	NÃO. As duas podem contribuir.	NÃO. As duas podem contribuir.		-
A17	SIM. Auxilia o aluno a pensar e não só decorar.	SIM. Aluno mais ativo e mais apto a tomar decisões sobre casos reais.	SIM. Expressar o que eu entendi, melhora a absorção.		Nem todos os integrantes do grupo cooperam.
A18	SIM. Autonomia a Buscar e aprender.	SIM. Habilita o aluno a buscar soluções.	SIM. Unindo Conceitos e práticas.		Método poderia ter sido aplicado no início do semestre para melhor adaptação
A19	SIM. Trabalho em grupo.	SIM. Desenvolve lideranças e trabalho em grupo.	SIM.		Talvez a falta de experiência com o método faça com que os alunos fiquem um pouco receosos.
A20	SIM. Trabalho em grupo. Lidar com divergências de ideias.	SIM. Aluno mais ativo e mais apto a tomar decisões sobre casos reais.	SIM. Estimula melhor o aluno.		SEM pontos negativos. Falta apenas adaptação ao método.
A21	SIM. Trabalho em grupo e argumentação em público.	SIM. Trabalho em equipe, oratória, pensamento crítico.	SIM. Pois usa métodos de memorização para aplicá-lo.		-

ANÁLISE SEPARADA