



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Leonardo Ribeiro Pinto

**AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO
DA SERRA DAS AREIAS EM APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS**

Goiânia, 2017

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Leonardo Ribeiro Pinto

**AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO
DA SERRA DAS AREIAS EM APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS**

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em
Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG
(PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado
Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de
Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa:
Tecnologia de Redução e Gerenciamento de
Resíduos

Orientador: Prof. Dra. Warde Antonieta da
Fonseca-Zang.

Goiânia, 2017

P6581a Pinto, Leonardo Ribeiro.

Avaliação hidrogeoquímica das águas subterrâneas da região da Serra das Areias em Aparecida de Goiânia – Goiás / Leonardo Ribeiro Pinto. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2017.

46 f. : il.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Inclui anexo.

1. Hidrogeoquímica. 2. Geologia. 3. Águas subterrâneas – Serra das Areias – Aparecida de Goiânia (GO). I. Fonseca-Zang, Warde Antonieta da (orientadora). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. III. Título.

CDD 551.48

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva Abreu CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Leonardo Ribeiro Pinto

Avaliação Hidrogeoquímica das águas subterrâneas da região da Serra das
Areias em Aparecida de Goiânia - Goiás

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em
Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG
(PPGTPS- IFG) - Dissertação de Mestrado
Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de
Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa:
Tecnologia de Redução e Gerenciamento de
Resíduos

Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang, Instituto Federal de Goiás (orientadora).

Dr. Joachim Werner Zang, Instituto Federal de Goiás.

Dra. Regina Célia Bueno da Fonseca, Instituto Federal de Goiás

APROVADO EM: 12/05/2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, o Criador de todas as coisas e fonte de toda sabedoria.

À minha amada esposa, Wilma Nayra, que sempre está ao meu lado me dando apoio em todas as nossas conquistas e planos. Também à Natália e Marcela, minhas pedras preciosas, herança de Deus.

Minha mãe, Georgina, que investiu todo amor, cuidado e afeto para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço às inúmeras pessoas que, de diversas formas contribuíram com esforço, estímulo e amizade na elaboração deste trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás e ao Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, por tornar esse trabalho possível.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela concessão da bolsa de Mestrado.

Aos meus colegas e professores da Área de Química do Instituto Federal de Goiás Campus Goiânia, onde tenho a honra de trabalhar e aprender junto com estas magníficas pessoas.

À minha orientadora, Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang, que sempre demonstraram disposição e paciência nesse trabalho.

TÍTULO: AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DA SERRA DAS AREIAS EM APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS
AUTOR: LEONARDO RIBEIRO PINTO
ORIENTADOR: DRA. WARDE ANTONIETA DA FONSECA-ZANG.

RESUMO

A região da Serra das Areias do município de Aparecida de Goiânia, localizado na região metropolitana de Goiânia no estado de Goiás, é uma área com relevante importância ambiental na a recarga dos aquíferos que são responsáveis, em grande parte, pelo abastecimento de água à população tanto doméstica e empresarial da região. Porém essa área sofre com a expansão imobiliária da região metropolitana de Goiânia causando a modificação de sua superfície, que é altamente crítica, tanto por ações antrópicas quanto ações do intemperismo. A sensibilidade dessa região é devido a sua formação litológica da região que contribui para a absorção da água quanto para a contaminação dos aquíferos devido à composição químicas das rochas de gênese e pela sua formação litológica. Neste trabalho foram analisados dados físico-químicos das águas dos poços artesianos perfurados e realizados os ensaios pela SANEAGO (Saneamento de Goiás S.A.). Para analisar os dados obtidos dos poços, durante os procedimentos de sua abertura, localizados na região da Serra das Areias, foram utilizadas as ferramentas do software OriginPro 2017 na elaboração dos coeficientes de correlação e elaboração dos gráficos triplot. Observou-se a concreta participação dos minerais de gêneses na modificação das características das águas subterrâneas. A Serra das Areias, considerada uma zona de recarga dos Sistemas aquíferos fraturados e do sistema de aquíferos granulares, provenientes da zona de saturação dos lençóis freáticos, no qual a água possui contato com rochas, contribui com a possibilidade de reações químicas de lixiviação com solubilização de cátions, alterando o aquífero fraturado. Pode-se observar que a coincidência de perfurações de poços próximos às nascentes ou cursos de água, por se tratar de uma zona de maior saturação do aquífero granular, interfere diretamente na qualidade da água subterrânea de aquíferos fraturados.

PALAVRAS-CHAVE: Serra Das Areias, Hidrogeoquímica, Água Subterrânea, Aquífero Fraturado, Triplot, Coeficiente de correlação.

TITLE: HYDROGEOCHEMISTRY ASSESSMENT OF THE GROUNDWATER FROM THE SERRA DAS AREIAS IN APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS – BRAZIL
AUTHOR: LEONARDO RIBEIRO PINTO
ADVISER: WARDE ANTONIETA DA FONSECA ZANG

ABSTRACT

The Serra das Areias region of the municipality of Aparecida de Goiânia is located in the metropolitan region of Goiânia in the state of Goiás. It localizes in an area with significant environmental importance for the recharge of aquifers that is responsible, in large part, for the water supply for domestic and business applications. However, this area suffers from the real estate expansion of the metropolitan region of Goiânia that causes modifications of its surface, which is highly critical, caused by anthropic and weathering actions. The characteristics of this region is due to its regional lithological formation that contributes to the water absorption and to the contamination of the aquifers due to the chemical composition of the genesis rocks and their lithological formation. In this work, the physicochemical data of the drilled artesian wells were analyzed with the participation of the SANEAGO State company (Saneamento de Goiás S.A.) For the examination of the data of water, which were gained during the well opening procedures, the OriginPro 2017 software were applied for the correlation and the coefficients calculations, including the triplot graphs. It was observed that there is an association of the mineral of the rocks with the modification of the characteristics of groundwater. The Serra das Areias is considered a recharge zone of the fractured aquifer systems and the granular aquifer system (saturation zone of the groundwater) in which the water has contact with rocks with more possibility of leaching chemical reactions with the dilution of ions, which alters the fractured aquifer. The groundwater wells are near to the watercourses, because it is a zone of greater saturation of the granular aquifer, and directly influences the groundwater quality of fractured aquifers.

KEYWORDS: Serra das Areias, hydrogeochemistry, Groundwater Aquifers, Triplot, Correlation Coefficients.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

BM - Banco Mundial

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

MERCOSUL - Mercado Comum do Sul

OEA - Organização dos Estados Americanos

SEMARH-GO - Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recurso Hídricos Goiás

UNEP - Unidade Nacional de Execução do Projeto

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura

MS – Ministério da Saúde

RLd/q - Neossolos Litólicos Distrófico Psamítico

RQo - Neossolos Quartzarênicos Órticos

CXyd - Cambissolos Háplicos Ta Distrófico

SMEWW - Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater

US EPA - United States Environmental Protection Agency

SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A

SUMÁRIO

PARTE I: CAPÍTULO ARTIGO REVISÃO.	1
1 INTRODUÇÃO	2
1.1 OBJETIVO GERAL	4
1.2 OBJETIVO (S) ESPECÍFICO (S)	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE O TEMA DA PESQUISA	5
2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	5
2.2 SOLO E RELEVO	6
2.3 GEOLOGIA	7
2.4 AQUÍFEROS	8
2.5 CLIMA	11
3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
3.2 MEIO FÍSICO	13
3.2.1 <i>Geologia</i>	13
3.2.2 <i>Relevo, hipsometria e solo</i>	15
3.2.3 <i>Geoquímica</i>	18
3.2.4 <i>Hidrogeoquímica</i>	19
3.3 REFERÊNCIAS	20
PARTE II: ARTIGO ORIGINAL.	22
4 ARTIGO ORIGINAL:	23
REFERÊNCIAS	39
ANEXO A – EXEMPLO DE FICHA COMPLETA DE PERFURAÇÃO DE POÇO	42
RESUMO DO CURRÍCULO LATTES	45

PARTE I: Capítulo Artigo Revisão.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho corresponde ao produto final, dissertação de mestrado, desenvolvida durante o curso de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis. É apresentado em formato de artigos, precedida da fundamentação teórica da pesquisa relativa às questões que pretendem dar suporte quanto à compreensão da abordagem teórica e a caracterização da área de estudo quanto à dinâmica das águas subterrâneas.

A Serra das Areias é uma região do sudoeste de Aparecida de Goiânia no estado de Goiás que por sua formação geológica se apresenta como uma zona de recarga dos aquíferos regionais, regeneração de cobertura vegetal, e sofre pressão da expansão urbana na região devido ao crescimento populacional com potencial de contaminação das águas subterrâneas.

A extração de água subterrânea abastece as necessidades industriais e domésticas em todo o mundo. Por outro lado, as reservas de água subterrâneas não extraídas servem como a barreira contra a intrusão de água do mar ou reserva para fluxos naturais críticos para o bom funcionamento de comunidades ecológicas e podem ter um valor de opção futuras utilizações, tais como a amortecimento de carências periódicas abastecimento de água. Enquanto a água subterrânea é um recurso renovável, quando há recarga, os aquíferos têm capacidade limitada e as taxas de recarga são frequentemente inferiores às taxas de extração. Como populações crescem e os padrões de chuvas mudam, as águas são recursos estão sujeitos a uma pressão crescente (QURESHI, et al., 2012).

De acordo com GIORDANO (2009), o abastecimento mundial por águas subterrâneas representa cerca de 50% do abastecimento como principal fonte de água potável. Além disso, mais da metade das megacidades do mundo (aquelas com populações acima de 10 milhões) são dependentes da água subterrânea.

Do total de municípios brasileiros, 47% são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, 39% por águas subterrâneas e 14% pelos dois tipos de mananciais (abastecimento misto) (ANA, 2010), ver Figura 1.

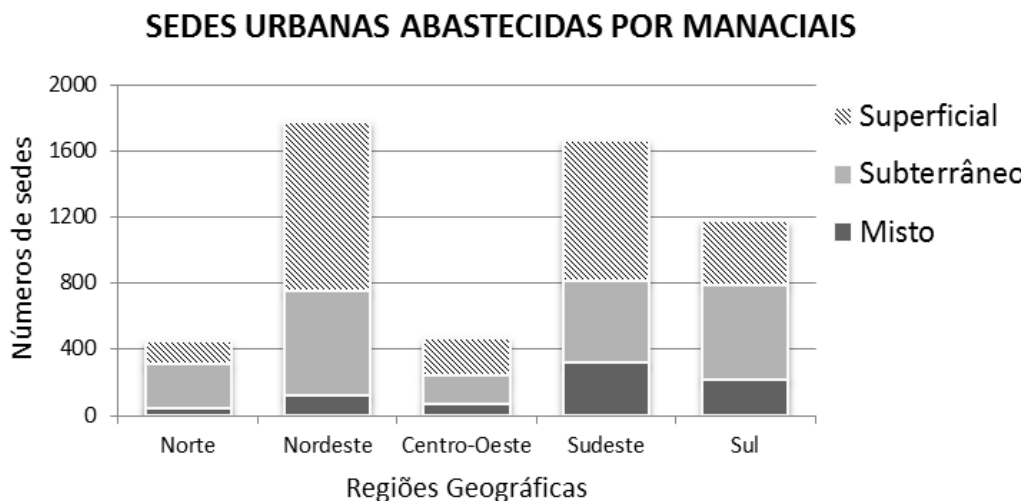


Figura 1 – Sedes urbanas abastecidas por mananciais (ANA, 2010).

A Figura 1 apresenta a dependência do uso de mananciais subterrâneos para abastecimento tanto de forma exclusiva ou mista. Em Goiás, a participação do uso dos mananciais subterrâneos está inferior às proporções brasileiras, sendo 62% são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, 23% por águas subterrâneas e 15% pelos dois tipos de mananciais (abastecimento misto) (ANA, 2010).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura (UNESCO), atualmente, estima-se que cerca de 54% da água doce contida em rios, lagos e aquíferos já estejam sendo utilizados pela sociedade. Em termos globais, 69% dessa água destinam-se à irrigação de lavouras, 23% são usados pela indústria e 8% destinam-se aos diversos usos domésticos (CARDOSO, 2012).

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a Hidrogeoquímica das águas subterrâneas da região da Serra das Areias em Aparecida de Goiânia – Goiás e sua influência na característica da água dos poços para fins de abastecimento público.

1.2 OBJETIVO (S) ESPECÍFICO (S)

- Identificar tendências na relação da composição litológica e os aquíferos;
- Interpretar os processos de evolução hidrogeoquímica da região.

A primeira parte deste trabalho apresenta a fundamentação teórica do trabalho abrangendo a importância da água, os tipos de aquíferos, as províncias Hidrogeológicas brasileiras com foco no Escudo Central na qual o aquífero da Serra das Areias está inserido e as dinâmicas dos aquíferos, na sequência, um artigo original com os resultados da pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE O TEMA DA PESQUISA

Apresentam-se alguns conceitos e respectivas considerações teóricas relevantes à pesquisa, tais como a água e seu comportamento, os solos e o relevo, a geologia e os aquíferos. A composição das águas subterrâneas é controlada por muitos fatores que incluem a composição da precipitação, a mineralógica das camadas hidrográficas e dos aquíferos, clima e topografia. Estes fatores se combinam para criar diversos tipos de água que mudam no espaço e tempo. Isto explica através da evolução química que a água subterrânea mediante da interação com os minerais e os aquíferos e as misturas internas entre os diferentes tipos de águas nas amplas trajetórias de fluxo no subsolo. Nesse contexto foram enfatizados e comentados tópicos fundamentais para a pesquisa e que são priorizados a seguir.

2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

De acordo com CARDOSO (2012), estima que 96,54% da água que existe no mundo estejam no mar. Há também muitos lagos salgados e presume-se que mais da metade da água subterrânea também seja salgada. No cômputo geral, portanto, podemos dizer que 97,5% da água que existe é salgada. Entre os 2,5% do volume restante, há ainda muita água que não é salgada, mas que não é propriamente doce. É a chamada água salobra, essa água pode ser encontrada em alguns lagos, lagoas, deltas, pântanos e até no solo. Dessa forma, podemos considerar que 2,5% da água que existe no mundo é doce. Acontece que mais de 2/3 da água doce fica nas geleiras e na cobertura permanente de neve sobre as montanhas e as regiões polares e 1/3 da água doce existente. Contudo, mais de 96% dessa água doce restante está confinada nos poros ou entranhada nas fissuras das rochas subterrâneas, em formações conhecidas como aquíferos a parte restante está nos rios e nos lagos, na atmosfera.

O Brasil é o país que apresenta a maior abundância de recursos hídricos no mundo, por conter aproximadamente 12% de toda a água doce do planeta, associada ao seu domínio territorial e ainda um dos maiores potenciais hídricos subterrâneos, com cerca

112.311 km³ de água, o que corresponde a 1,1% de todo o volume dos aquíferos existentes no planeta (GOMES, 2008).

A Região Centro-Oeste em particular é a segunda mais rica em disponibilidade de recursos hídricos, com 15%, sendo que o estado de Goiás é contemplado com cerca de 5% de toda a água doce disponível para uso no Brasil. Em Goiás, a principal atividade produtiva consumidora de água é a agricultura, com uma participação de 84% de toda a água consumida, seguida por abastecimento humano, 9%, e indústria com 7% (ALMEIDA, 2006).

De acordo com MEIRA, 2014, A constante mudança de estado físico da água na natureza é denominada de ciclo hidrológico ou ciclo da água, onde o calor do sol, grande motor deste ciclo, aquece a água dos oceanos e da superfície terrestre, que se evapora, passando a formar parte da atmosfera, por onde circula até que se condensa e precipita sobre os oceanos e continentes alimentando rios, lagos aquíferos, glaciares.

Ainda de acordo com MEIRA, 2014, cerca de 40% da água que precipita nos continentes, escoam pela superfície terrestre alimentando rios, lagos e nascentes e cerca de metade infiltra nos solos e rochas. Portanto, as águas subterrâneas representam a fração de água que, após a precipitação, infiltra e ocupa os espaços vazios existentes tanto nos solos quanto nas rochas. As mesmas desempenham papel fundamental na manutenção da umidade do solo e na perenização de rios e nascentes.

2.2 SOLO E RELEVO

O solo é um sistema complexo, constituído de materiais sólidos, líquidos e gasosos. As partículas sólidas formam um arranjo poroso que tem a capacidade de armazenar líquidos e gases. A parte líquida do solo constitui-se essencialmente de água, contendo elementos minerais dissolvidos e matéria orgânica solúvel (REICHARDT, 1987).

Parte da água que precipita nos continentes se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis, em decorrência de muitos fatores, sobretudo da textura, estrutura e porosidade do solo e do subsolo (rochas); da presença e do tipo de cobertura vegetal, da declividade do terreno, do tipo de chuva em termos de volume, distribuição, intensidade e duração. Entretanto, a presença de argila no solo provoca a redução de sua permeabilidade, sobretudo quando dispersa, não favorecendo a

infiltração. Porém, um solo coberto por vegetação é mais permeável de que um solo desmatado devido à ação das raízes e da matéria orgânica umidificada e incorporada, ambas promovendo agregação e conseqüentemente melhoria da porosidade e da permeabilidade. Assim, a dinâmica da água nos terrenos cobertos leva a uma retenção pela vegetação, diminuindo escoamento superficial e aumentando a infiltração. Em declividades acentuadas a água escoar mais do que infiltra, dando-se o inverso em áreas aplainadas (MEIRA, 2014).

2.3 GEOLOGIA

As águas subterrâneas, por sua vez, armazenam-se em poros dos materiais geológicos (rochas), caracterizados por constituírem espaços intergranulares ou por espaços abertos pelo fraturamento ou fissuramento das rochas além de espaços gerados pela dissolução de minerais (MEIRA, 2014).

Para Almeida (2006), a natureza geológica constitui o principal componente da dinâmica dos processos relacionados às águas subterrâneas na superfície terrestre. O autor ainda destaca a litologia (tipos de rochas e suas variações), a estratigrafia (empilhamento das diversas unidades), a tectônica e estruturação (deformações por dobramentos e fraturamentos), a sedimentologia (ambientes de formação das rochas supracrustais) e a geoquímica (composição química das diferentes rochas), sendo que a própria composição química de uma determinada rocha pode ser fonte de contaminação do aquífero. A arquitetura (arcabouço geológico) e a idade são também fatores importantes para a constituição de reservatórios subterrâneos. Assim, as características hidrogeoquímicas são determinadas pelas interações água solo e rocha na formação de um aquífero, através da lixiviação a longo ou curto prazo de tempo, fazendo-se cada vez mais importante o conhecimento da geologia e histórico da região.

2.4 AQUÍFEROS

Aquíferos são formações geológicas subterrâneas capazes de armazenar água. Esses grandes depósitos de água são alimentados pela precipitação atmosférica, que traz a água dos mares aos continentes, que acaba por adentrar nos aquíferos através do mecanismo da infiltração em suas áreas de recarga (COELHO et al., 2015).

A capacidade de armazenamento de água de um aquífero depende da extensão e espessura da camada de rochas permeáveis à água ou de material não consolidado (seixos, areia ou silte) do qual se pode extrair água por meio de um poço (Figura 2) (COELHO et al., 2015).

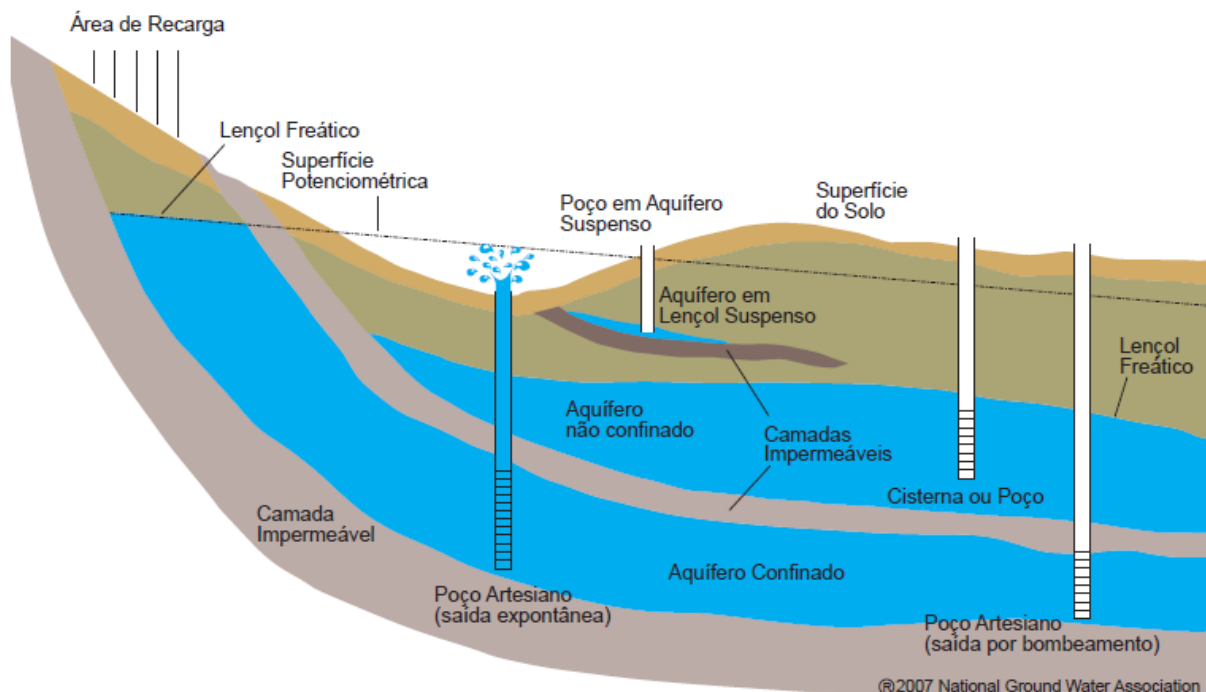


Figura 2 - Tipos de aquíferos confinados e não confinados, que mostram as diferenças entre mina de água (cisterna), poço freático, poço artesiano e poço artesiano de água com pressão, bem como uma representação do lençol freático (COELHO et al., 2015).

A crosta terrestre pode ser dividida em dois compartimentos: a zona saturada ou freática (os aquíferos, propriamente ditos) onde todos os espaços disponíveis estão ocupados pela água; a zona não saturada é caracterizada pela existência de espaços não ocupados pela água. A pressão da água na zona saturada é geralmente maior do que a pressão atmosférica. Um poço, ao atingir essa zona, irá permitir que a água jorre sem qualquer bombeamento. A pressão da água nas zonas não saturadas não é suficiente para a extração livre e a água

necessita de ser bombeada para a superfície. O limite entre essas duas zonas é conhecido como sendo o lençol freático. Os aquíferos podem ser divididos em duas grandes categorias: os aquíferos de baixa permeabilidade, ou aquíferos confinados e os não confinados, que são mais permeáveis e usualmente estão conectados a nascentes (COELHO et al., 2015).

A água subterrânea, como um componente do ciclo hidrológico, está em constante circulação e flui, de modo geral, lentamente, pelos poros da rocha. Os aquíferos contêm, ao mesmo tempo, rochas com características porosas e permeáveis e impermeáveis que formam estruturas geológicas capazes de armazenar e ceder água. Um dos parâmetros que influenciam o fluxo da água subterrânea é a permeabilidade. Já a porosidade é a propriedade que determina a quantidade de água que pode ser armazenada em uma rocha. A porosidade é determinada pelo volume de poros vazios em relação ao volume total da rocha (IRITANI & EZABI, 2012).

Além do termo aquífero, são designados outros termos que evidenciam a capacidade do meio na circulação da água, tais como: aquícludos, aquíardos e aquífugos. Os aquícludos como porosos muitas vezes saturados, mas não permitem a sua circulação, porque as rochas são argilosas onde dominam os microporos de circulação praticamente nula. Já os aquíardos são estratos semipermeáveis que armazenam quantidades significativas de água e permitem a circulação de forma muito lenta, correspondentes às argilas siltosas ou arenosas. Por fim, os aquífugos são materiais impermeáveis com baixíssima porosidade que tanto não contem como não transmitem água (MEIRA, 2014). Giampá e Gonçalves (2006) caracterizam as classes hidrogeológicas de acordo com condutividade hidráulica, porosidade específica e litologias, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Características da classificação das classes hidrogeológicas (Giampá e Gonçalves, 2006).

<i>Classes Hidrogeológicas</i>	<i>Condutividade Hidráulica (cm/s)</i>	<i>Porosidade Específica (%)</i>	<i>Litologias Características</i>
Aquíferas	$(1 - 10^{-3})$	(5-27)	Areias, arenitos, rochas muito fraturadas/alteradas.
Aquíferas	$(10^{-4} - 10^{-5})$	(3-5)	Síltes, areias argilosas, argilas arenosas, rochas pouco fraturada/alterada.
Aquícludes	$(10^{-6} - 10^{-9})$	(2-3)	Argilas, folhelhos, rochas muito pouco fraturadas/alteradas.
Aquíferos	$(< 10^{-9})$	(< 1)	Rochas compactas não fraturadas/alteradas.

A litologia é que determina os diferentes tipos de aquíferos. A litologia de um aquífero, ou seja, a sua constituição geológica (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, bem como, a qualidade dessa água como reservatório. A litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), magmáticas ou ígneas (rochas fraturadas) e metamórficas (sobretudo rochas calcárias) (MEIRA, 2014).

Quanto à porosidade, os aquíferos podem ser classificados em poroso, fissural e cárstico (Figura 2). Esses três tipos são descritos por Borghetti et al. (2010), sendo que o primeiro, de maior interesse desta pesquisa, é o aquífero poroso ou sedimentar, ou seja, formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos. Nesse tipo de aquífero a circulação da água se faz através dos poros formados entre os grãos de areia, silte e mesmo argila. Constituem os mais importantes aquíferos, em função do grande volume de água armazenada, e também pela sua ocorrência em grandes áreas. Podem ser encontrados nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumulam sedimentos arenosos. Sua porosidade é quase sempre distribuída de forma homogênea, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função tão somente dos diferenciais de pressão hidrostática, propriedade essa conhecida como isotropia (MEIRA, 2014; Iritani & Ezabi, 2012). Ver Figura 3.

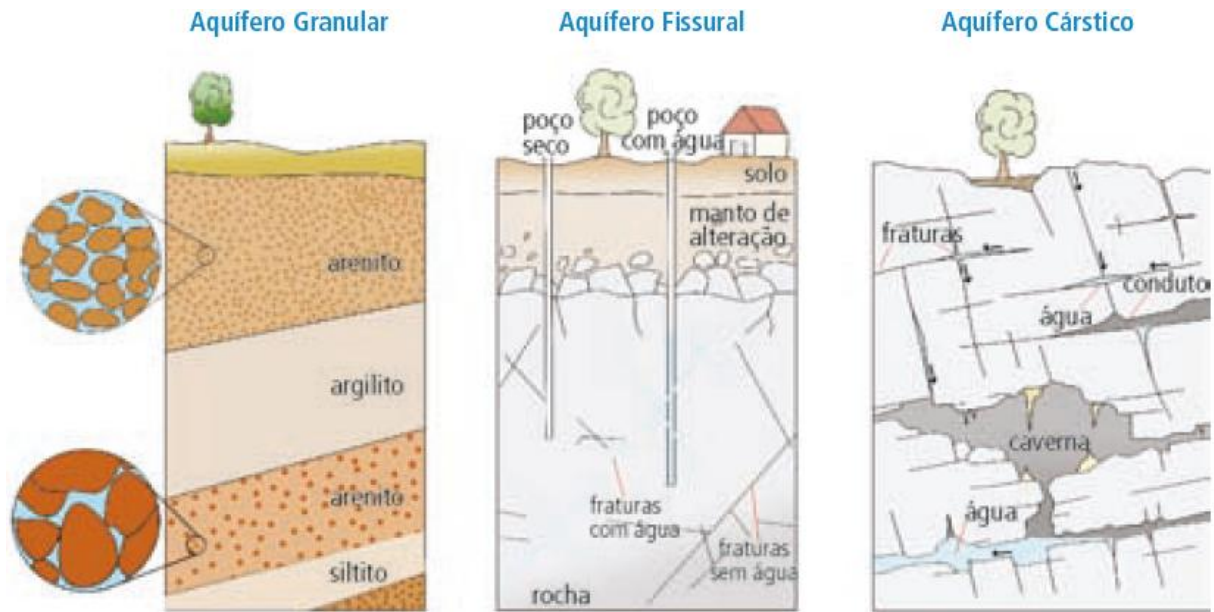


Figura 3 - Classificação dos aquíferos de acordo com o tipo de porosidade da rocha (Iritani & Ezabi, 2012).

2.5 CLIMA

Na região tropical, a principal forma de precipitação é a chuva e para entender a evolução dos sistemas de aquíferos são imprescindíveis os conhecimentos de informações de pluviometria e regime de chuva da região em estudo.

Para Almeida et al. (2006), a temperatura do ar desempenha um papel muito importante dentre os fatores que condicionam o meio ambiente e também tem influência na infiltração de água no solo, pois o escoamento da água no solo é laminar em função da viscosidade da água e quanto maior a temperatura maior a infiltração de água no solo.

A atmosfera é uma mistura gasosa, cuja composição volumétrica média, quando seca, é de aproximadamente 78% de nitrogênio (N_2), 21% de oxigênio (O_2), 1% de argônio (Ar) e 0,03% de gás carbônico (CO_2). Outros gases estão presentes em proporções muito menores, da ordem de partes por milhões (ppm), sendo os principais: neônio, hélio, criptônio, hidrogênio, metano e ozônio. Ainda há outros gases que fazem parte da atmosfera em pequenas quantidades e em proporções variáveis, também em parte por milhão, como o N_2O , NO , SO_2 , CO , etc. Esta mistura, chamada de ar seco, pode ter vapor d'água em diferentes

proporções, chegando até um máximo de 4%, ponto de saturação, que depende da temperatura (MEIRA 2014).

3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Aparecida de Goiânia se localiza na região metropolitana de Goiânia. Segundo o censo do IBGE realizado em 2010, a população era de 455.657 habitantes. A cidade leva esse nome em homenagem à capela de Nossa Senhora de Aparecida construída no povoado que originou a cidade em 1922. Em 14 de novembro de 1963 foi elevada a categoria de cidade (Figura 4).

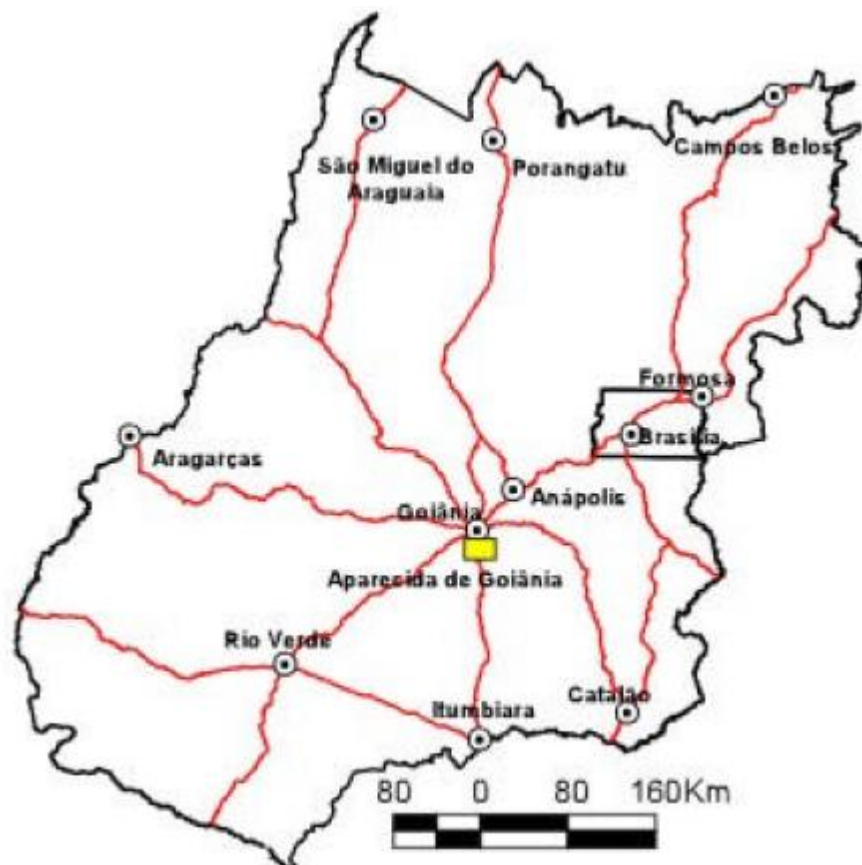


Figura 4 - Mapa de Localização do Município de Aparecida de Goiânia (RODRIGUES, 2005).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia INMET (2017), Aparecida de Goiânia apresenta precipitação média anual de 1467 mm e temperatura podendo variar entre 9 °C (valor mais baixo) a 38 °C (valores mais altos), predominantemente quente, tendo clima definido basicamente por duas estações, uma seca e a outra chuvosa.

Economicamente, de acordo com dados da Prefeitura municipal de Aparecida de Goiânia, a cidade possui um Polo Industrial e 964 indústrias registradas se destacando em atividades extrativas, alimentícias e farmacêuticas.

O abastecimento municipal de água de Aparecida de Goiânia é procedente na maior parte de águas subterrâneas não integrados onde possuem subsistemas para abastecimento de alguns bairros, dentre eles os da região da Serra das Areias. A companhia de abastecimento e saneamento de Goiás, SANEAGO, no município de Aparecida de Goiânia realiza o fornecimento.

3.2 MEIO FÍSICO

3.2.1 Geologia

A geologia compreende o estudo das rochas, sua deformação e estruturação, idade e potencial econômico, além de suas inter-relações com o meio físico. O município de Aparecida de Goiânia é integralmente representado por um conjunto de rochas metamórficas, denominadas de Grupo Araxá (Lacerda Filho et al., 1999).

As rochas do Grupo Araxá são rochas formadas a cerca de um bilhão de anos, por complexos processos geológicos. Inicialmente, sedimentos argilosos e arenosos foram depositados em ambientes de mares rasos a profundos, soterrados e posteriormente submetidos a elevadas pressões e temperaturas, que resultaram em metamorfismo que modificou os sedimentos originais, constituindo uma mudança gradual dos minerais pré-existentes e a sua transformação em novos (RODRIGUES, 2005).

A região em estudo, que possui rochas do Grupo Araxá, é caracterizada por xistos e quartzitos. Os xistos são rochas ricas em micas (muscovita, biotita e clorita), sendo ainda constituída por quartzo, granada e mais raramente feldspatos e turmalina. Os quartzitos são rochas ricas em quartzo e podem conter concentrações variáveis de micas (muscovita). Os

xistos e quartzitos são foliados em função da orientação dos minerais micáceos (Figura 5). Nas demais áreas estas rochas encontram-se recobertas por mantos de solos.

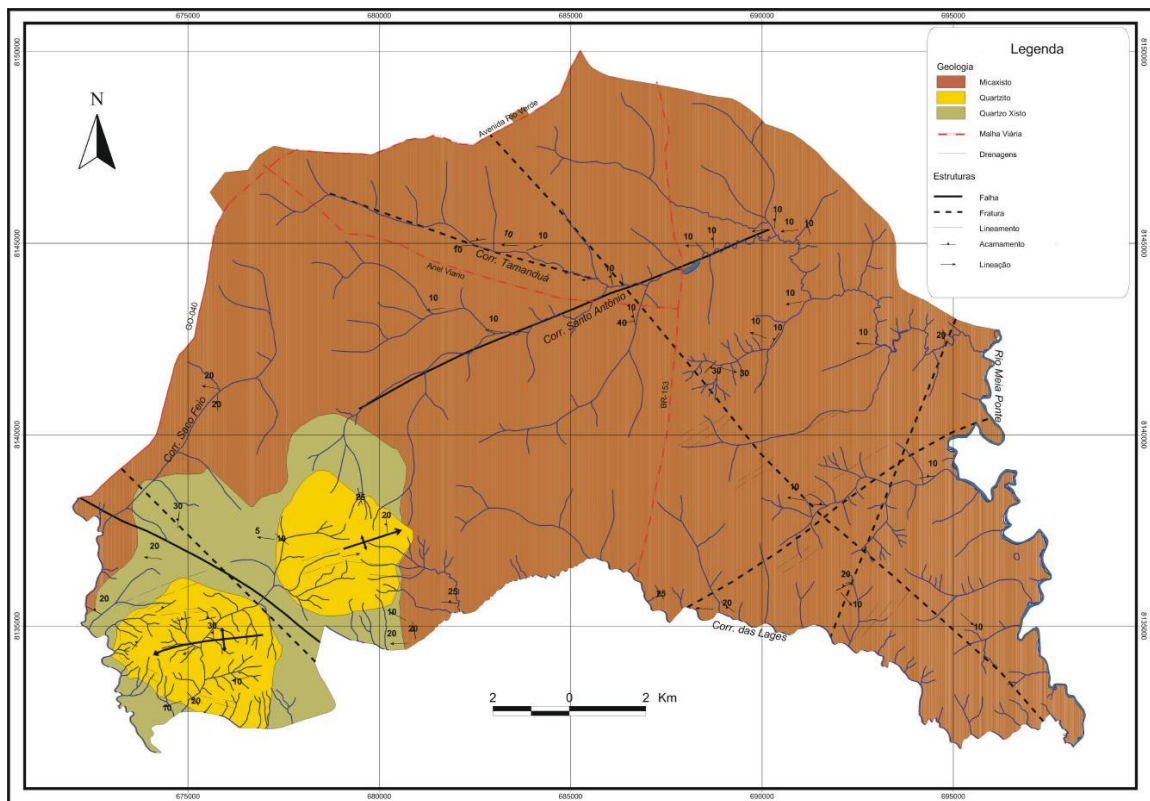


Figura 5 – Mapa Geológico do Município de Aparecida de Goiânia (RODRIGUES, 2005).

Na Figura 5, em amarelo, na legenda como quartzito, os quartzitos, por serem mais resistentes ao intemperismo, ocorrem nas áreas topograficamente mais elevadas, representadas pela Serra da Areia (por isso o nome). A deformação tectônica (plástica e rígida) que afetou o conjunto de rochas, além de causar a orientação dos minerais metamórficos, foi responsável pela formação de juntas, diáclases (fraturas que divide as rochas em bloco, provocadas por pressões e movimentos de tensão e compressão advindos dos movimentos da crosta terrestre), fraturas e falhas. Este conjunto de estruturas corresponde a um fraturamento das rochas com a abertura de planos que se entrecortam. Tais estruturas são importantes para a circulação e retenção de água em profundidade e pelo controle e condicionamento das direções dos cursos de córregos e ribeirões (Figura 6).



Figura 6 – Exposição de afloramento de quartzito micáceo fino a médio com foliação proeminente do Grupo Araxá na Serra da Areia (RODRIGUES, 2005).

3.2.2 Relevo, hipsometria e solo

Segundo RODRIGUES (2005), foram definidos três relevos na região denominados de: Região da Serra da Areia, Região das Chapadas e Região do Vale do Meia Ponte (Figura 7).

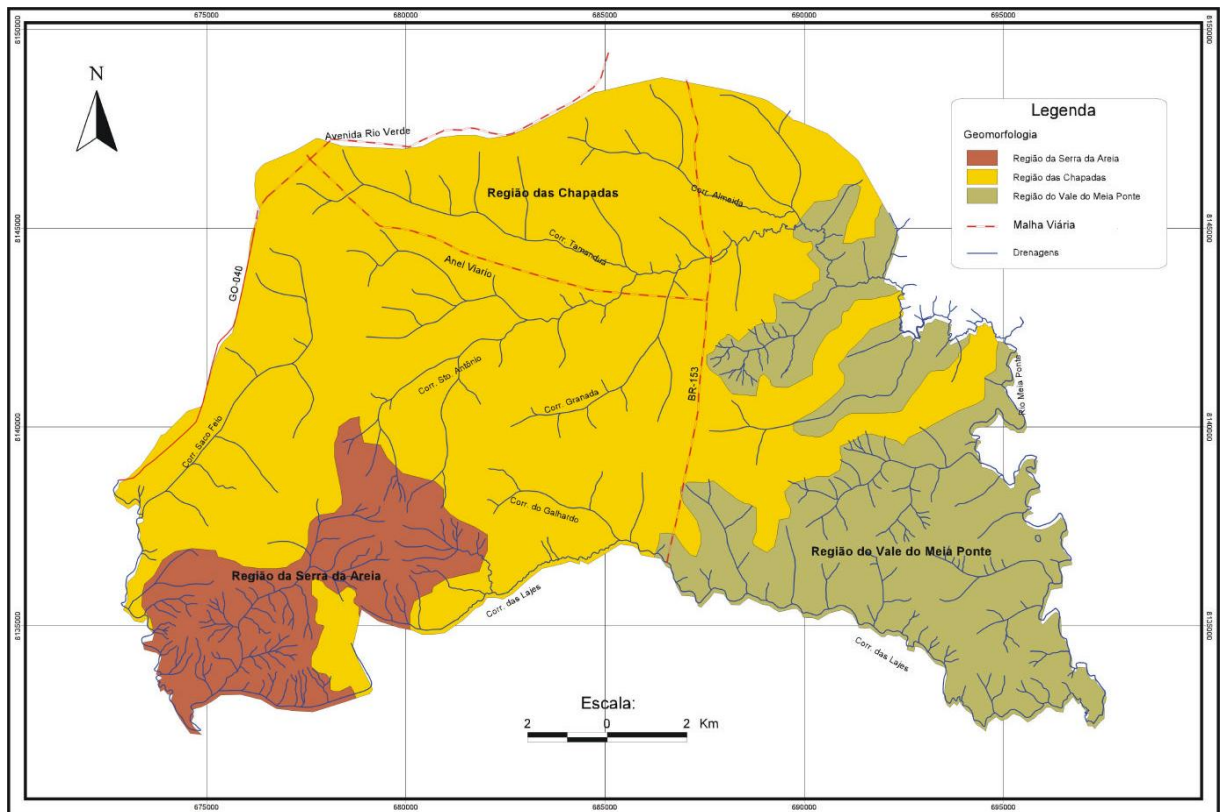


Figura 7 – Mapa de Relevos do Município de Aparecida de Goiânia (RODRIGUES, 2005).

Na Figura 7, a Região da Serra da Areia localiza-se no quadrante sudoeste do município e é representada pela serra homônima e adjacências. Constitui um padrão de relevo forte ondulado apresentando máxima amplitude de altitude com cotas na ordem de 760 a 999 metros. Os solos mais representativos desta compartimentação geomorfológica são Neossolos Litólicos, Cambissolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos, sendo que este último tem importância econômica regional por estar associado com as jazidas de areia. Os processos de transporte sobrepõem-se aos de pedogênese (formação de solos e manto por intemperismo) e acumulação, apresentando, por isso, densidade de drenagens elevada. Um aspecto importante dos solos é que estes representam a matriz por onde os processos de recarga dos aquíferos se iniciam. Dessa maneira o conhecimento pedológico é fundamental em qualquer processo de gestão ambiental e territorial (RODRIGUES, 2005).

De acordo com EMBRAPA (2006), os neossolos são considerados solos novos, pouco alterados quanto as características pedogenéticas. Os neossolos litólicos distrófico psamítico (RLd/q) são solos assentes diretamente sobre a rocha, sua massa constituída por

fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Na área, ocorrem sobre os afloramentos rochosos de quartzito e quartzo-xisto da Serra da Areia. Os neossolos quartzarênicos Órticos (RQo), solos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, apresentam textura de areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; são essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). Possuem ocorrência intimamente relacionada ao ambiente de Rebordo da Serra da Areia, onde se exibem particularmente sobre quartzitos do Grupo Araxá e no sopé das encostas íngremes onde ocorrem afloramentos destas rochas. Além da expressiva profundidade, normalmente apresentam como propriedades: grãos simples, estrutura fraca, elevada permeabilidade, alta condutividade hidráulica e alta suscetibilidade à erosão.

De acordo com a EMBRAPA (2006), os Cambissolos são considerados solos em modificação, porém com pouca alteração do estado original com concentração de argilas em sua constituição. Os Cambissolos Háplicos Ta Distrófico (CXyd) com profundidade de 100 cm da rocha de origem. Estes solos ocorrem preferencialmente nas vertentes e encostas com declividades mais elevadas, em relevos movimentados. A junção dessas características com os elevados percentuais de declividade os tornam mais susceptíveis à erosão. O problema erosivo é acentuado pela baixa permeabilidade dos solos e moderada declividade do terreno, propiciando o escoamento superficial e o desenvolvimento de processos erosivos. Outro solo importante para o estudo são os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (LVAd) que estão presentes na periferia da região da Serra das Areias.

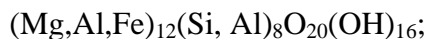
Segundo a mesma fonte, os Latossolos são solos bastante alterados resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e, ou, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. São solos profundos entre 200 cm 300 cm da matriz rochosa e 150 cm de espessura com alta porosidade, ver Figura 8.

Biotita

Também conhecida como mica negra, possui a sua fórmula química básica:

*Clorita*

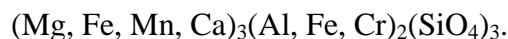
O nome clorita vem da palavra “chloros” que significa verde que é a coloração comum deste mineral. Possui a seguinte fórmula básica:

*Muscovita*

Conhecida como mica branca, possui a seguinte fórmula básica:

*Granada*

Seguinte fórmula básica:



Estes minerais são minerais gêneses da formação geológica da cidade de Aparecida de Goiânia, onde está inserido a Serra das Areias, onde observa-se Neossolos que são altamente porosos e que não sofreu alteração de sua rocha original, um vale entre as duas formações da Serra das Areias com formação de Cambissolo com solo já alterado, mas com baixa permeabilidade. Já nas partes mais baixas, os Latossolos altamente alterados passíveis de alteração em contato com a água e porosos. Estes fatores geológicos e químicos são de suma importância para o entendimento das interações hidrogeoquímicas da região.

3.2.4 Hidrogeoquímica

Os processos hidrogeoquímicos, nesse sentido ajudam a obter uma visão da distribuição e origem da água subterrânea, a interação água-rocha, misturas e interconexões de águas de diferentes origens (água superficiais e subterrâneas) e a influência antropogênicas sobre a qualidade da água subterrânea (SÁNCHEZ et al., 2015).

Segundo Roisenberg et al (2003), a inexistência de relações entre o conteúdo iônico das águas subterrâneas e a composição química e mineralógica dos aquíferos indica a fraca interação água/rocha nestes sistemas. Assim, deve preponderar a dissolução e hidrólise

de minerais mais solúveis que preenchem fraturas e falhas, porém os processos de mistura com águas do Sistema Aquífero Poroso também têm influência determinante no quimismo das águas do Sistema Aquífero Fraturado.

3.3 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. de. et al. Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Série Geologia e Mineração. Governo do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia-Goiás. 2006, 232p.

ALVES, Washington Silva; DE FÁTIMA MARIANO, Zilda. “A influência dos fatores geocológicos e geourbanos no clima urbano de Iporá-go: uma análise a partir dos métodos de correlação e regressão linear”. Revista Brasileira de Climatologia, v. 19, 2016.

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional/ Agência Nacional de Águas; Engenheiros/Cobraque, Brasília, 2010, 68p.

Atlas Brasil: abastecimento urbano de água : resultados por estado / Agência Nacional de Águas; Engenheiros/Cobraque. — Brasília : ANA : Engenheiros/ Cobraque, 2010.

Batayneh, Awni; Zumlot, Taisser. Multivariate Statistical Approach to Geochemical Methods in Water Quality Factor Identification; Application to the Shallow Aquifer System of the Yarmouk Basin of North Jordan. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 4(07): 756-768. 2012.

CARDOSO, A. Água na medida certa: a hidrometria no Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília, 2012, 72p.

CRESPO, A. A. Correlação linear. In: CRESPO, A. A. Estatística fácil. 17 ed. São Paulo. Saraiva, 2004, p. 148 - 153.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ).

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALVES, V. G.. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. São Paulo, Signus Editora, 1ª Edição, 2006, 502p.

GIORDANO, M. Global groundwater? Issues and solutions. The annual review of environment and resources. Colombo, Sri Lanka: International water management institute, 2009).

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F.; SPADOTTO, C. A.; PERIERA, A. S. Caracterização das Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil – base para uma proposta de gestão sustentável. EMBRAPA, Jaguariúna-SP, 2008, 417p.

Iritani, Mara Akie; Ezaki, Sibebe I4a As águas subterrâneas do Estado de São Paulo/Mara Akie Iritani, Sibebe Ezaki. – São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012).

Lacerda Filho, J. V., Rezende, A. & Silva, A. (Org.) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Goiânia, 1999, 200 p.

MASON, B. Principles of Geochemistry. New York, John Wiley & Sons. 329p. 1962

MEIRA, José Carlos Avaliação da Relação entre a ocupação do solo e a Qualidade Físico-Química e Microbiológica do Aquífero Guarani em Mineiros, Goiás.. 2014. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás.

NARCISO, Monica Gonçalves; GOMES, Luciana Paulo. Análise espacial da área de influência do aquífero da Serra das Areias- carta de vulnerabilidades à poluição. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. v. 1. p. 3851-3861.

Qureshi, M.E., Reeson, A., Reinelt, P. et al. Hydrogeol J (2012) 20: 821. doi:10.1007/s10040-012-0867-x.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. 1ª Edição, Editora Manole Ltda, São Paulo, 1987, 188p.

RODRIGUES, Antônio Passos (coord.) Caracterização do Meio Físico, dos Recursos Minerais e Hídricos do Município de Aparecida de Goiânia. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração, 2005.

Roisenberg, C., Viero, A. P., Roisenberg, A., Schwarzbach, M. S., Morante, I. C. (2003). Caracterização geoquímica e gênese dos principais íons das águas Subterrâneas de Porto Alegre, RS. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 8(4), 137-147).

Sánchez-Sánchez, Alberto; J.Álvarez-Legorreta, T.G.; Pacheco-Ávila, J.A.; González-Herrera, R.Carrillo-Bribiezca. Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas del sur del Estado de Quintana Roo, México, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 32, núm. 1, 2015, p. 62-76.

PARTE II: Artigo Original.

4 ARTIGO ORIGINAL:

AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DA SERRA DAS AREIAS EM APARECIDA DE GOIÂNIA – GOIÁS – BRASIL

HYDROGEOCHEMISTRY APPRAISAL OF THE GROUNDWATER FROM THE SERRA DAS AREIAS IN APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS – BRAZIL

PINTO, Leonardo R. ; ZANG, Joachim Werner; DA FONSECA-ZANG, W. A. *

*Orientador.

RESUMO

A região da Serra das Areias do município de Aparecida de Goiânia, localizado na região metropolitana de Goiânia no estado de Goiás, é uma área com relevante importância ambiental na a recarga dos aquíferos que são responsáveis, em grande parte, pelo abastecimento de água à população tanto doméstica e empresarial da região. Porém essa área sofre com a expansão imobiliária da região metropolitana de Goiânia causando a modificação de sua superfície, que é altamente crítica, tanto por ações antrópicas quanto ações do intemperismo. A sensibilidade dessa região é devido a sua formação litológica da região que contribui para a absorção da água quanto para a contaminação dos aquíferos devido à composição química das rochas de gênese e pela sua formação litológica. Neste trabalho foram analisados dados físico-químicos das águas dos poços artesianos perfurados e realizados os ensaios pela SANEAGO (Saneamento de Goiás S.A.). Para analisar os dados obtidos dos poços nos procedimentos de abertura dos mesmos, localizados na região da Serra das Areias, foram utilizadas as ferramentas do software OriginPro 2017 na elaboração dos coeficientes de correlação e elaboração dos gráficos triplot. Observou-se a participação dos minerais de gênese na modificação das características das águas subterrâneas. A Serra das Areias, considerada uma zona de recarga dos Sistemas aquíferos fraturados e do sistema de aquíferos granulares provenientes da zona de saturação dos lençóis freáticos no qual a água possui contato com rochas com mais possibilidade de reações químicas de lixiviação com a solubilização de cátions alterando o aquífero fraturado. Pode-se observar que a coincidência de perfurações de poços próximos às nascentes ou cursos de água, por se tratar de uma zona de maior saturação do aquífero granular, interfere diretamente na qualidade da água subterrânea de aquíferos fraturados.

PALAVRAS-CHAVE: Serra das Areias, Hidrogeoquímica, Água Subterrânea, Aquífero Fraturado, Triplot, Coeficiente de correlação.

ABSTRACT

The Serra das Areias region of the municipality of Aparecida de Goiânia is located in the metropolitan region of Goiânia in the Brazilian state of Goiás. This area shows significant environmental importance for the recharge of the aquifers that is responsible for the water supply for domestic and business applications. However, this area suffers under the expansion of the metropolitan region of Goiânia that causes modifications of its surface, which is highly critical, caused by anthropic and weathering actions. The characteristics of this region is due to its regional lithological formation that contributes to the water absorption and to the contamination of the aquifers due to the chemical composition of the genesis rocks and their lithological formation. In this work, the physicochemical data of the drilled artesian wells were analyzed with the participation of the SANEAGO State company (Saneamento de Goiás S.A.) The examination of the physiochemical water data with the OriginPro 2017 software shows correlations and their coefficients, including the triplot graphs. It was observed that the minerals of the rocks correlate with the characteristics of groundwater. The Serra das Areias is considered a recharge zone of the fractured aquifer systems and the granular aquifer system (saturation zone of the groundwater) in which the water has contact with rocks with more possibility of leaching chemical reactions with the dilution of ions, which alters the fractured aquifer. The groundwater wells are near to the watercourses, because it is a zone of greater saturation of the granular aquifer, and directly influences the groundwater quality of fractured aquifers.

Keywords: Serra das Areias, hydrogeochemistry, Groundwater Aquifers, Triplot, Correlation Coefficients.

INTRODUÇÃO

A extração de água subterrânea abastece as necessidades industriais e domésticas em todo o mundo. Por outro lado, no ambiente, essas reservas de água subterrâneas servem como barreira contra a intrusão de água do mar ou reserva para fluxos naturais críticos para o bom funcionamento de comunidades ecológicas e podem ter um valor de opção futuras utilizações, tais como a amortecimento de carências periódicas abastecimento de água. A água subterrânea é um recurso renovável e depende de sua recarga, fazendo com que os aquíferos tenham capacidade limitada, desde que as taxas de recarga são frequentemente inferiores às de extração. Como as populações crescem e os padrões de chuvas mudam, as águas são recursos sujeitos a uma pressão crescente (QURESHI et al, 2012).

De acordo com GIORDANO (2009), o abastecimento mundial com águas subterrâneas representa cerca de 50% do abastecimento como principal fonte de água potável.

Além disso, mais da metade das megacidades do mundo (aquelas com populações acima de 10 milhões) são dependentes da água subterrânea.

Do total de municípios brasileiros, 47% são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, 39% por águas subterrâneas e 14% pelos dois tipos de mananciais (abastecimento misto) (ANA, 2010).

A Região Centro-Oeste com 15% em disponibilidade de recursos hídricos, é a segunda mais rica nesse recurso, sendo que o Estado de Goiás é contemplado com cerca de 5% de toda a água doce disponível para uso no Brasil. Em Goiás, a principal atividade produtiva consumidora de água é a agricultura, com uma participação de 84% de toda a água consumida, seguida por abastecimento humano, 9%, e indústria com 7% (ALMEIDA, 2006).

De acordo com MEIRA (2014), no ciclo hidrológico ou ciclo da água, o calor do sol aquece a água dos oceanos e da superfície terrestre, que se evapora, passando a formar parte da atmosfera, por onde circula até que se condensa e precipita sobre os oceanos e continentes. Cerca de 40% da água que precipita nos continentes, escoam pela superfície terrestre alimentando rios, lagos e nascentes e a outra metade infiltra nos solos e rochas.

Portanto, as águas subterrâneas representam a fração de água que, após a precipitação, infiltra e ocupa os espaços vazios existentes nos solos e nas rochas, mantendo a umidade do solo e recarga de rios e nascentes.

Para Almeida (2006), a natureza geológica constitui o principal componente da dinâmica dos processos relacionados às águas subterrâneas na superfície terrestre, sendo a que litologia e composição química de uma determinada rocha pode interferir no aquífero. O arcabouço geológico e a idade são também fatores importantes para a constituição de reservatórios subterrâneos. Assim, as características hidrogeoquímicas são determinadas pelas interações da água com o solo e a rocha, isso na formação de um aquífero. A lixiviação das rochas trata de outro aspecto importante no estudo de águas subterrâneas.

O município de Aparecida de Goiânia é integralmente representado por um conjunto de rochas metamórficas do Grupo Araxá (Lacerda Filho et al., 1999). Essas rochas são formadas a cerca de 1 bilhão de anos por complexos processos geológicos. Inicialmente, sedimentos argilosos e arenosos foram depositados em ambientes de mares rasos a profundos, soterrados e posteriormente submetidos a elevadas pressões e temperaturas, que resultaram em metamorfismo que modificou os sedimentos originais, constituindo uma mudança gradual

dos minerais pré-existentes e a sua transformação em novos. As rochas do Grupo Araxá são caracterizadas por xistos e quartzitos. Os xistos são rochas ricas em micas (muscovita, biotita e clorita), sendo constituída por quartzo, granada e mais raramente feldspatos e turmalina. Os quartzitos são rochas ricas em quartzo e podem conter concentrações variáveis de micas (muscovita). Os xistos e quartzitos são foliados em função da orientação dos minerais micáceos (RODRIGUES, 2005). Ver Figura 1.

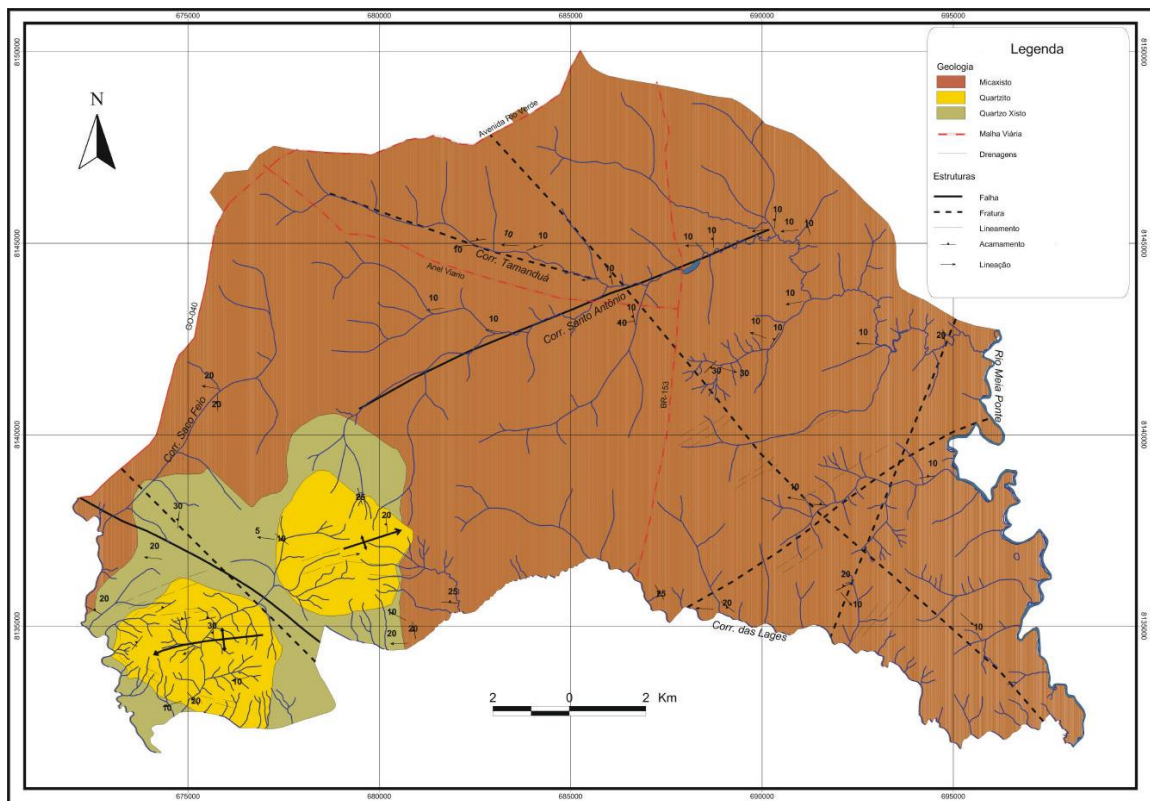


Figura 1 – Mapa Geológico do Município de Aparecida de Goiânia (RODRIGUES, 2005).

Descrição dos solos da área de estudo

A Região da Serra da Areia localiza-se no quadrante sudoeste do município e é representada pela serra homônima e adjacências. Constitui um padrão de relevo forte ondulado apresentando máxima amplitude de altitude com cotas na ordem de 760 a 999 metros. Os solos mais representativos desta compartimentação geomorfológica são Neossolos Litólicos, Cambissolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos, sendo que este último tem importância econômica regional por estar associado com as jazidas de areia. Os processos de

transporte sobrepõem-se aos de pedogênese (formação de solos e manto por intemperismo) e acumulação, apresentando, por isso, densidade de drenagens elevada (RODRIGUES, 2005).

Ainda, segundo o mesmo autor, um aspecto importante dos solos é que esses representam a matriz por onde os processos de recarga dos aquíferos se iniciam. Dessa maneira o conhecimento pedológico é fundamental em qualquer processo de gestão ambiental e territorial. De acordo com EMBRAPA (2006), os neossolos são considerados solos novos, pouco alterados quanto as características pedogenéticas. Os Neossolos Litólicos Distrófico Psamítico (RLd/q) são solos assentes (estáveis) diretamente sobre a rocha, tendo sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matações), apresentando contato fragmentário dentro de 50 cm da superfície a partir da superfície solo na área, sobre os afloramentos rochosos de quartzito e quartzo-xisto da Serra da Areia. Os Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo), solos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, apresentam textura de areia em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo (até um contato com as rochas). Sendo essencialmente quartzosos, apresentam frações de areia grossa e areia fina, sendo cerca de 95%, desses constituídos de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). Possuem ocorrência intimamente relacionada ao ambiente de Rebordo da Serra da Areia, onde se exibem particularmente sobre quartzitos do Grupo Araxá e no sopé das encostas íngremes onde ocorrem afloramentos destas rochas. Além da expressiva profundidade, normalmente apresentam como propriedades: grãos simples, estrutura fraca, elevada permeabilidade, alta condutividade hidráulica e alta suscetibilidade à erosão.

Ainda, de acordo com a EMBRAPA (2006), os Cambissolos são considerados solos em modificação, porém com pouca alteração do estado original com concentração de argilas em sua constituição. Os Cambissolos Háplicos *Ta* Distrófico (CXyd) com profundidade de 100 cm da rocha de origem. Estes solos ocorrem preferencialmente nas vertentes e encostas com declividades mais elevadas, em relevos movimentados. A junção dessas características com os elevados percentuais de declividade os tornam mais susceptíveis à erosão. O problema erosivo é acentuado pela baixa permeabilidade dos solos e moderada declividade do terreno, propiciando o escoamento superficial e o desenvolvimento de processos erosivos.

Outro solo importante para o estudo são os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (LVAd) que estão presentes na periferia da região da Serra das Areias. De acordo com EMBRAPA (2006), os Latossolos são solos bastante alterados resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e, ou, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. São solos profundos entre 200 cm 300 cm da matriz rochosa e 150 cm de espessura com alta porosidade. Ver Figura 2.

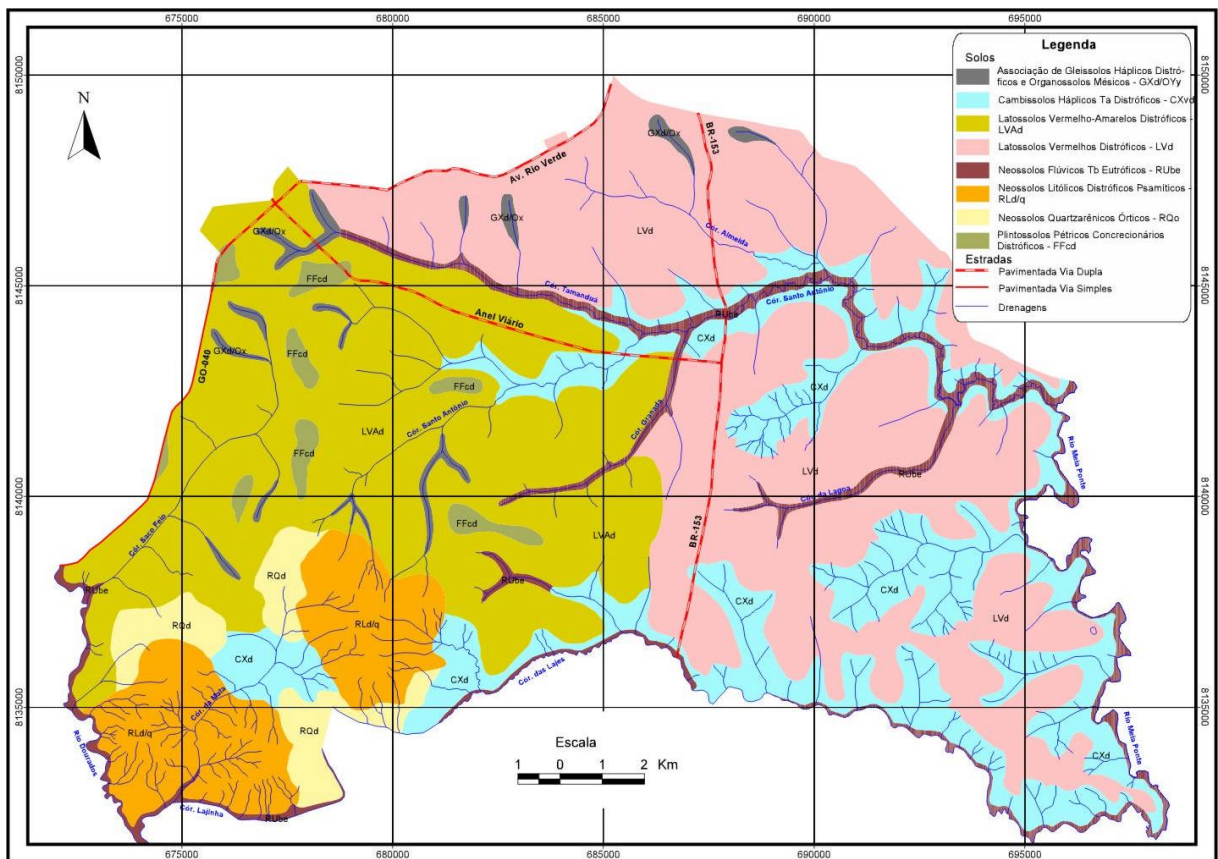


Figura 2 – Mapa de Solos do Município de Aparecida de Goiânia (RODRIGUES, 2005).

Caracterização do aquífero

A região em estudo, possui rochas do Grupo Araxá em sistema de aquíferos fraturados caracterizada por rochas de micaxistos, quartzitos e quartzo-xistos, essas formadas principalmente pelos minerais de muscovita claros de $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$, escuros, de biotita $(AlSi_3O_{10}K(Mg,Fe)_3(OH)_2)$, e esverdeados, de clorita $((Mg,Al,Fe)_{12}(Si,$

$\text{Al}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16}$), sendo ainda constituídos pelos minerais de quartzo e granada ($(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2(\text{SiO}_4)_3$) e mais raramente feldspatos e turmalina.

Em função das características pedológicas e hidrogeológicas observadas no município de Aparecida de Goiânia, foram identificados dois domínios aquíferos (reservatórios subterrâneos de água): o Domínio Poroso, caracterizado por possuir porosidade intergranular; e o Domínio Fraturado, associado a reservatórios em rochas (Rodrigues 2005).

Os aquíferos de domínio granular, caracterizados pela porosidade intergranular, representado pelas coberturas de diversos tipos de solos e por rochas alteradas. Constitui o denominado aquífero freático, sistema livre de ampla extensão lateral formado por uma zona saturada (figura 3).



Figura 3 – Caracterização esquemática da zona não saturada e saturada no subsolo (Borghetti et al., 2004).

Este trabalho teve como objetivo, abordar aspectos de litologia com determinados atributos da água de poços para fins de abastecimento público, partindo-se de dados físicos e químicos da água e de composição litológica dos aquíferos, bem como dos processos de evolução hidrogeoquímica da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia compreendeu a revisão bibliográfica com sistemática de busca para levantar trabalhos de geologia do grupo Araxá e as rochas predominantes na área de

estudo. Ainda, informações sobre os solos da região foram compiladas. A parceria com a empresa SANEAGO representou para pesquisa a acesso aos dados de composição química da água dos poços subterrâneos com problemas de utilização para abastecimento público, desde que os parâmetros de teor de ferro e manganês dissolvidos não atendem a portaria do ministério da saúde nº 2914 de 12/12/2011. Dados de localização geográfica dos poços (Google Earth) com descrição da litologia fornecidos pela empresa foram tratados em planilhas Excel e no OriginPro (2016) para buscar as tendências entre os parâmetros diversos. Visitas em loco, nos locais dos poços, contribuíram para o entendimento do problema da pesquisa com relação a área, solo predominante, vegetação, urbanização e sistema de captação de água.

A SANEAGO na pesquisa se interessa em recuperar a água dos locais perfurados para abastecer a população do município de Aparecida de Goiânia. Nesta pesquisa, foram utilizados os dados de vinte poços da região da Serra das Areias medidos, durante finalização das construções dos poços, por empresas especializadas na operação de perfuração conforme a norma NBR 12.244 “*Construção de poço para captação de água subterrânea*”.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados na pesquisa (SANEAGO) são parâmetros de potabilidade, conforme PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011, que trata de procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, conforme os métodos SMEWW e US EPA. Ver Tabela 1.

Tabela 1 - Dados físico-químicos dos poços estudados.

Poços	Cor		pH	Alcalinidade Total	Ferro Total	Dureza		Gás		STD	Condutividade	Manganês	Profundidade
	Turbidez	aparente				Cloretos	Carbônico						
	uT	hT		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	(S/cm)	mg/L	m	
PT-8	12,7	48,2	6,76	50	2,1	66	3,5	21,16	94,32	171,5	0,19	91	
PT-7	31	108,6	7,11	130	2,39	128	6	20,96	147,4	268	0,2	84	
PT-3	1,3	2,5	6,58	100	0,27	100	15	50,99	166,1	302	0,04	86	
PT-11	14,5	55,2	6,75	100	2,58	110	21,5	40,5	141,5	258	0,15	100	
PT-10	0,5	2,8	6,7	105	0,03	94	5	42,52	88,49	160,9	0,04	76	
PT-06	93,4	145,1	6,76	135	9,2	132	8	43,43	149,6	272	0,54	100	
PSM-23	10	19,2	7,58	70	0,65	62	0,5	3,57	69,68	126,7	0,22	238	
PSM-13	9,36	14,9	7,1	90	0,46	56	0,5	14,51	73,32	133,3	0,17	132,6	
PIM-5	0,5	2,2	7,25	15	0,04	20	3	1,92	32,34	58,8	0,3	60	
PIM-14	0,58	3,1	7,9	77	0,18	76	0,5	1,97	75,35	137	0,01	150	
PIM-13	1,5	7,9	7,17	90	0,25	100	15	2,32	113	226	0,14	100	
PIM-12	2,05	5,6	7,2	130	0,09	106	3	16,65	118,8	216	0,05	150	
PIM-10	29,4	110,5	7,19	89	1,89	100	10,5	16,12	121,55	221	0,23	60	
PIM-1	14,1	45,2	7,33	93	0,87	120	3,5	8,83	123,75	225	0,07	101	
PGB-77	0,91	2,9	7,15	51	0,16	72	22	7,33	76,67	139,4	0,06	105	
PGB-21	0,77	1,8	6,47	55	0,04	50	0,5	37,83	42,68	77,6	0,01	180	
PGB-20	0,36	1,8	7,49	66	0,09	64	11	4,33	145,2	264	0,01	180	
PGB-129	1,7	3,4	7,55	90	0,55	88	8,5	5,15	141,4	257	0,138	200	
PGB-128	5,5	14,6	7,42	130	0,52	120	23,5	10,03	247,45	499	0,4	151	
PFSH-104	0,51	0,6	8,16	53	0,03	34	0,5	0,74	48,89	88,9	0,06	252	
Media	11,5	29,805	7,181	85,95	1,1195	84,9	8,08	17,543	110,9	205,105	0,1514	129,83	

A localização geográfica dos poços estudados na região da Serra das Areias nos bairros Jardim Tiradentes e Independência Mansões pode ser observada na imagem da Figura 4, conforme a geolocalização da área pelo Google Earth (2016).



Figura 4 – Imagem com Localização dos poços. Google Earth, 2016.

Os dados da tabela 1 foram tratados com ferramentas do software OriginPro (2017) para a elaboração dos coeficientes de correlação e representação gráfica triangular tipo triplot. O método do coeficiente de correlação linear de Pearson, segundo Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009, p. 118), serve como medida de associação linear entre variáveis, sendo representado na Equação 1.

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right)$$

Equação 1.

Onde:

r = Coeficiente de correlação

n = Tamanho da amostra

x_i e y_i = São as observações simultâneas das variáveis

X e Y = Médias aritméticas de cada uma das variáveis

Sx e Sy = Desvio padrão das amostras

O coeficiente de relação existente entre as variáveis analisadas (r) indica o nível de correlação e, se positivo (reta ascendente), se negativo (reta descendente) e se não linear (curva). Os valores de (r) pertencentes ao intervalo de -1 e $+1$, ou seja, se (r) é igual a $+1$, há uma correlação perfeita e positiva entre as variáveis, se (r) for igual a -1 , há uma correlação perfeita negativa entre as variáveis, mas, se (r) for igual a zero, ou não há correlação entre as variáveis ou a relação que existe não seja linear (Crespo (2004), apud Alves (2013)). Ver Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros para análise da correlação linear entre duas variáveis. Fonte: Alves (2013).

Coeficiente de Correlação	Correlação
$r = 1$	Perfeita Positiva
$0,8 < \text{ou} = r < 1$	Forte Positiva
$0,5 < \text{ou} = r < 0,8$	Moderada Positiva
$0,1 < \text{ou} = r < 0,5$	Fraca Positiva
$0 < r < 0,1$	Ínfima Positiva
0	Nula
$-0,1 < r < 0$	Ínfima Negativa
$-0,5 < r < \text{ou} = -0,1$	Fraca Negativa
$-0,8 < r < \text{ou} = -0,5$	Moderada Negativa
$-1 < r < \text{ou} = -0,8$	Forte Negativa
$r = -1$	Perfeita Negativa

Os diagramas de dispersão foram feitos com o auxílio das ferramentas de Gráficos" e Dispersão do Excel, traçadas a linha de tendência e o valor do coeficiente de determinação (R^2). Utilizando o OriginPro 2017, foram gerados os valores da Tabela 2 de coeficientes de correlação entre os dados de parâmetros de água estudados dos vinte poços da SANEAGO.

Tabela 2 – Dados de correlação entre os parâmetros, obtidos com o OriginPro, 2017.

	Turbidez	Cor aparente	pH	Alcalinidade Total	Ferro Total	Dureza Total	Cloretos	Gás Carbônico	STD	Condutividade	Manganês	Profundidade
Turbidez	1	0,89733	-0,26052	0,46299	0,97422	0,50657	0,00497	0,37594	0,26364	0,2316	0,72281	-0,27391
Cor aparente	0,89733	1	-0,26405	0,45533	0,84881	0,57372	0,05414	0,32998	0,30277	0,2658	0,62308	-0,4204
pH	-0,26052	-0,2641	1	-0,19576	-0,31197	-0,27975	0,20683	-0,8404	-0,1105	-0,08873	-0,1009	0,59472
Alcalinidade Total	0,46299	0,45533	-0,19576	1	0,42855	0,8909	0,26084	0,40159	0,73218	0,71466	0,29858	-0,15303
Ferro Total	0,97422	0,84881	-0,31197	0,42855	1	0,49181	0,07687	0,43316	0,28043	0,24773	0,71262	-0,26567
Dureza Total	0,50657	0,57372	-0,27975	0,8909	0,49181	1	0,4411	0,39058	0,77514	0,75158	0,29858	-0,37397
Cloretos	0,00497	0,05414	-0,20683	0,26084	0,07687	0,4411	1	0,15457	0,64886	0,66293	0,18762	-0,29245
Gás Carbônico	0,37594	0,32998	-0,84042	0,40159	0,43316	0,39058	0,15457	1	0,22125	0,18342	0,07618	-0,39742
STD	0,26364	0,30277	-0,11053	0,73218	0,28043	0,77514	0,64886	0,22125	1	0,99562	0,36043	-0,15704
Condutividade	0,2316	0,2658	-0,08873	0,71466	0,24773	0,75158	0,66293	0,18342	0,99562	1	0,37883	-0,14155
Manganês	0,72281	0,62308	-0,10089	0,29858	0,71262	0,29858	0,18762	0,07618	0,36043	0,37883	1	-0,22672
Profundidade	-0,27391	-0,4204	0,59472	-0,15303	-0,26567	-0,37397	0,29245	-0,3974	-0,157	-0,14155	-0,2267	1

Na figura 5, os coeficientes de correlação (r) revelam tendências observadas, correlações positivas com r maior que 0,8, entre parâmetros de turbidez e ferro total; turbidez e cor; ferro total e cor e pH; e gás carbônico dissolvido versus água.

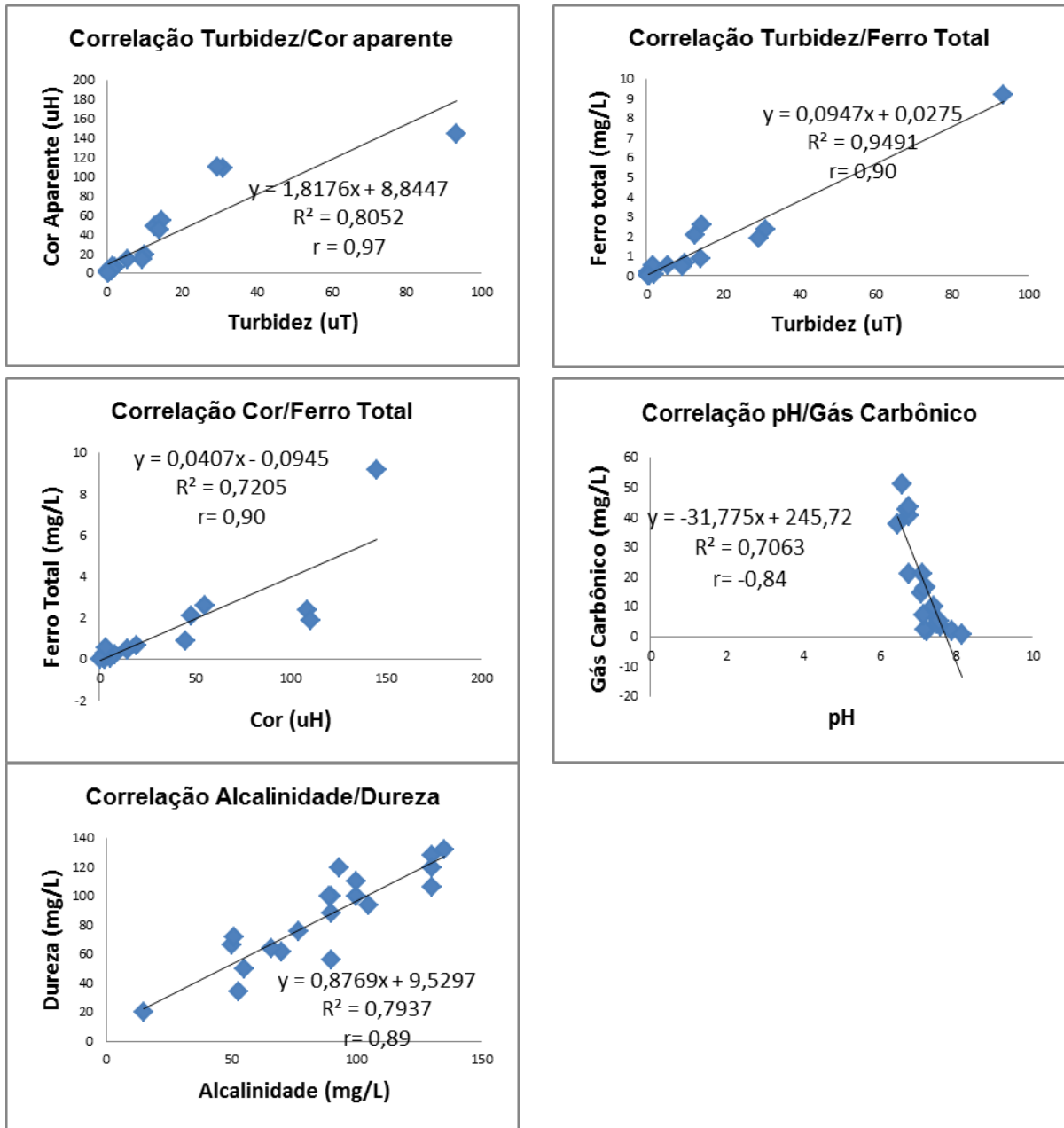


Figura 5 – Gráficos para a obtenção do coeficiente de determinação para forte correlação.

Na figura 6, observa-se moderada correlação relação direta entre parâmetros de concentração de ferro total com cor e turbidez para a água dos poços estudados, o mesmo para os dados de dureza e a alcalinidade. O coeficiente de correlação (r) revelou uma correlação positiva moderado ($0,5 < r < 0,8$) para os parâmetros de turbidez e manganês, de cor e manganês, e de ferro total e manganês. Os sólidos totais dissolvidos (STD) também apresentam correlações moderadas com a alcalinidade e dureza (Figura 6).

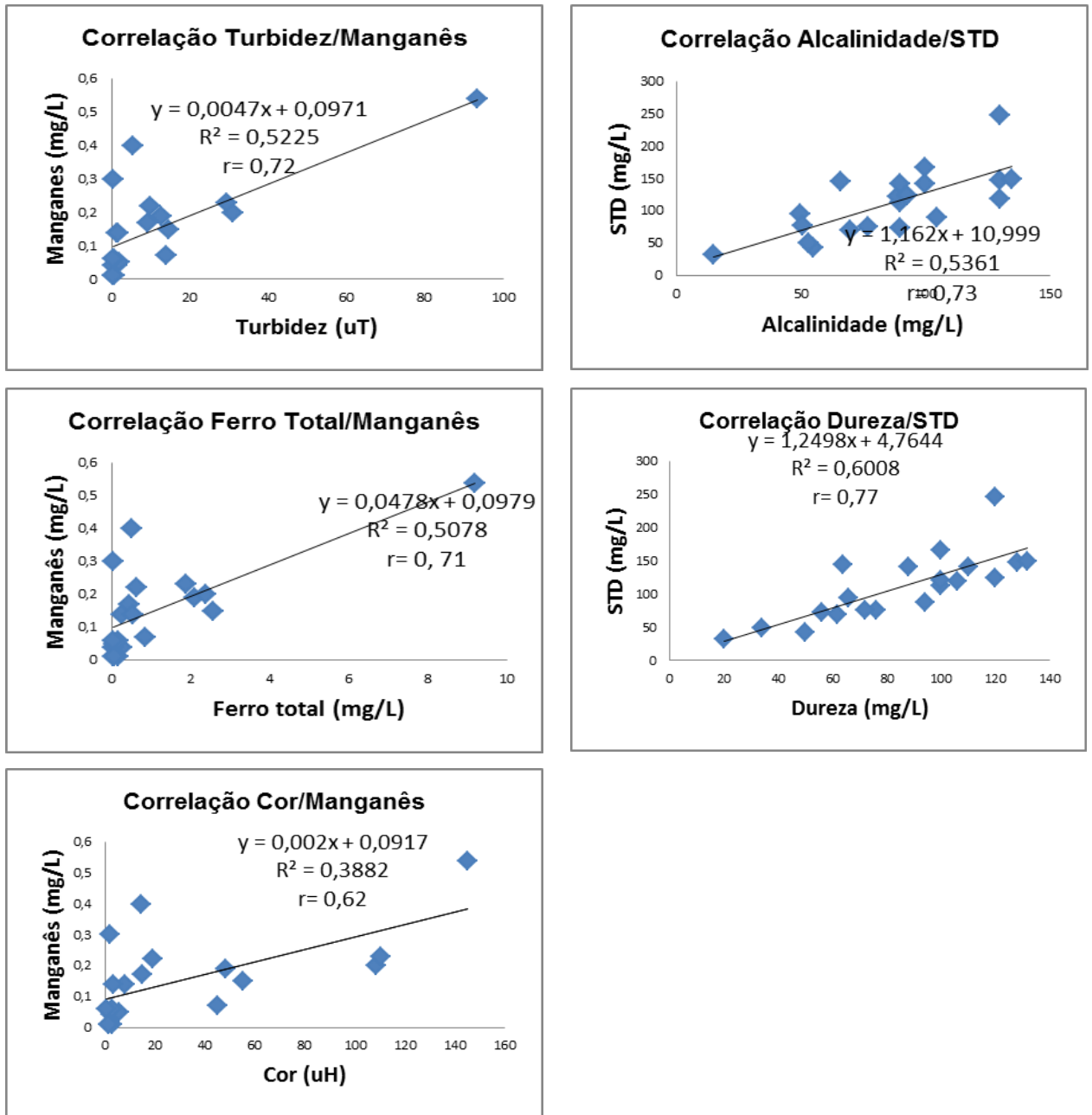


Figura 6 – Gráficos para a obtenção do coeficiente de determinação para moderada correlação.

Os gráficos da figura 6 apresentam tendências de correção para a concentração de manganês com a turbidez, com a concentração dos íons de ferro e a cor.

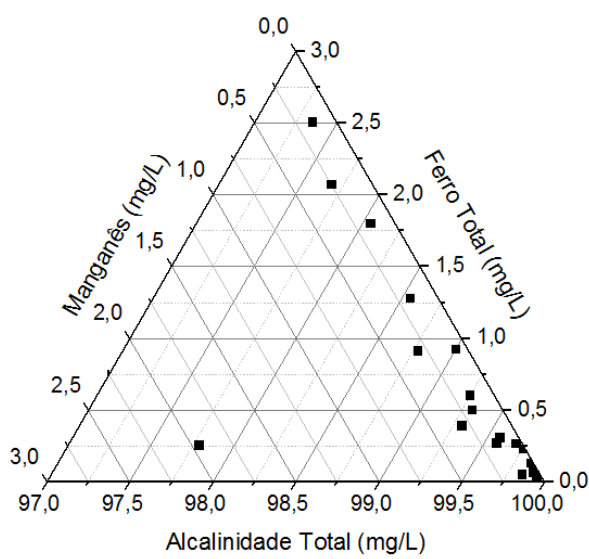
Os íons de ferro e manganês são considerados contaminantes se suas concentrações se mostrarem acima das determinadas pela PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011 (MS, 2011), pois podem alterar as características de potabilidade causando até a inviabilidade ou a necessidade de tratamento físico-químico para adequar ao seu uso, aumentando custos de fornecimento da água conforme publicação de RAMOS (2016).

As ocorrências de ferro e manganês na água subterrânea explica-se pelos processos de lixiviação de minerais de gêneses (biotita, clorita, muscovita e granada) da região que são ricas nestes elementos. A literatura reforça essa hipótese (Rosenberg et al., 2003; Roy, 1981).

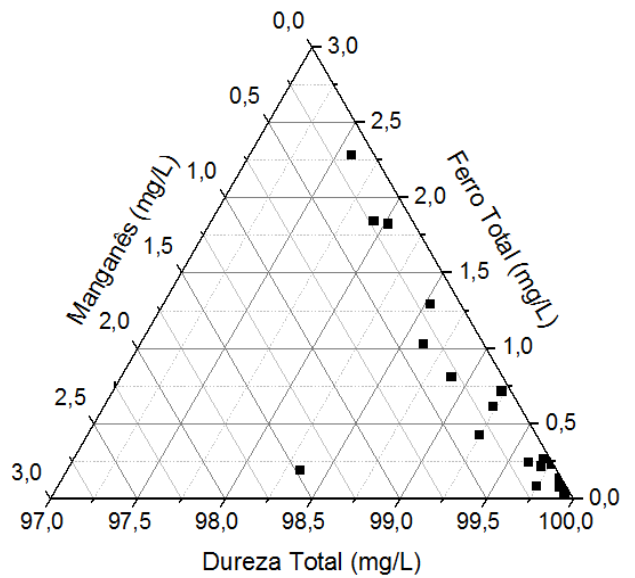
Os baixos coeficientes de correlações entre a profundidade e os parâmetros estudados podem ser interpretados pela característica dos sistemas aquíferos fraturados. A literatura mostra que ambientes fraturados, ou mesmo o aquífero estudado, em várias profundidades, dificulta sua caracterização linear (IRITANI & EZABI, 2012).

Gráficos Triplot

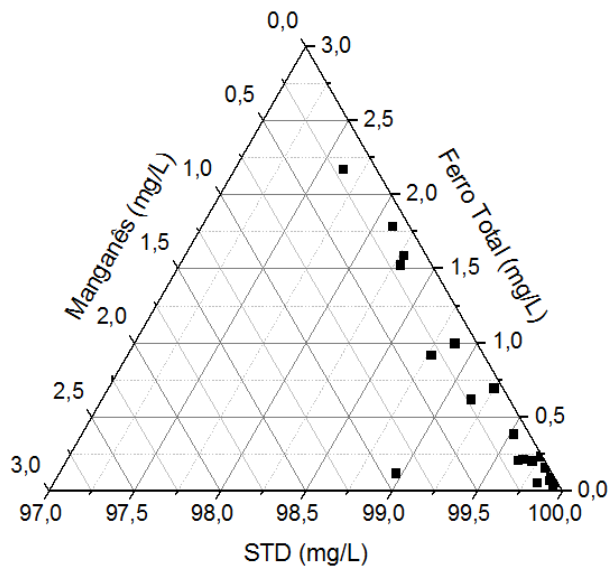
Os resultados dos gráficos triangulares (TRIPLLOT) apresentam as relações de três parâmetros simultaneamente, programa OriginPro 2017 (Figura 7).



(a) Gráfico Triplot para Mn, Fe e alcalinidade.



(b) Gráfico Triplot para Mn, Fe e Dureza.



(c) Gráfico Triplot para Mn, Fe e STD.

Figura 7 – Gráficos Triplot a, b, c e d dos parâmetros das águas subterrâneas região Serra das Areias.

A dureza, alcalinidade e os sólidos totais dissolvidos (STD) se relacionam diretamente com os íons de ferro e manganês nas suas formas de Fe^{3+} , Mn^{+4} , OH^- presentes na Clorita $((\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_{12}(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_{16})$, biotita $(\text{K}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_{6-4}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Ti})_{0-2}\text{Si}_{6-5}\text{Al}_{2-3}\text{O}_{20}(\text{OH}, \text{F})_4)$ e granada $((\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2(\text{SiO}_4)_3)$. Por se tratarem de minerais de constituições de rocha, tanto do leito rochoso do aquífero fraturado mais profundo, quanto do subsolo, onde está o aquífero granular, esses podem influenciar a presença dos íons de

ferro, manganês e de dureza nas águas dos poços da pesquisa, desde que suas naturezas são mais suscetíveis a processos oxidativos por se tratarem de minerais quimicamente lixiviáveis, conforme Anexo I.

CONCLUSÃO

A participação dos minerais formadores de rochas na composição e modificação das características das águas subterrâneas, pode ser observada na pesquisa. A Serra das Areias, zona de recarga dos Sistemas Aquíferos Fraturados e do Sistema de Aquíferos Granulares, provenientes da zona de saturação dos lençóis freáticos, onde a água possui contato com rochas, mostra-se sensível a reações químicas de lixiviação e a solubilização de íons de ferro, manganês e de dureza, o que pode alterar o aquífero (fraturado), da potabilidade das suas águas, não atendendo a PORTARIA Nº 2.914 (MS, 2011). Pode-se observar que as perfurações de poços pela SANEAGO coincidem com as proximidades junto às nascentes ou cursos de água, por se tratar de uma zona de maior saturação do aquífero granular, sendo que isso interfere diretamente na qualidade da água subterrânea de aquíferos fraturados. A profundidade dos poços deve ser também considerada, pois retratam o histórico de perfuração feita na área para atender a crescente demanda por abastecimento de água. Estudos ambientais são recomendados nesta pesquisa para avaliar a sustentabilidade no uso de água de poços cada vez mais profundos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. de. et al. Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Série Geologia e Mineração. Governo do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia-Goiás. 2006, 232p.

ALVES, Washington Silva; DE FÁTIMA MARIANO, Zilda. “A influência dos fatores geocológicos e geourbanos no clima urbano de iporá-go: uma análise a partir dos métodos de correlação e regressão linear”. Revista Brasileira de Climatologia, v. 19, 2016.

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional/ Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobraque, Brasília, 2010, 68p.

ATLAS BRASIL : abastecimento urbano de água : resultados por estado / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobraque. — Brasília: ANA: Engecorps/ Cobraque, 2010.

AWNI, Batayneh; TAISSER Zumlot. Multivariate Statistical Approach to Geochemical Methods in Water Quality Factor Identification; Application to the Shallow Aquifer System of the Yarmouk Basin of North Jordan. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2012: 756-768.

CARDOSO, A. Água na medida certa: a hidrometria no Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília, 2012, 72p.

CREACH, M. et al. “Estudo geoquímico do intemperismo do escartino cuprífero de Santa Blandina (Itepeva, SP) acumulação supérgena de cobre em meio laterístico”.

CRESPO, A. A. Correlação linear. In: CRESPO, A. A. *Estatística fácil*. 17 ed. São Paulo. Saraiva, 2004, p. 148 - 153.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALVES, V. G.. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. São Paulo, Signus Editora, 1a Edição, 2006, 502p.

GIORDANO, M. Global groundwater Issues and solutions. The annual review of environment and resources. Colombo, Sri Lanka: International water management institute, 2009.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F.; SPADOTTO, C. A.; PERIERA, A. S. Caracterização das Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil – base para uma proposta de gestão sustentável. EMBRAPA, Jaguariúna-SP, 2008, 417p.

IRITANI, Mara Akie; EZAKI, Sibebe. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo/Mara Akie Iritani, Sibebe Ezaki. – São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012.

LACERDA, Filho, J. V., Rezende, A. & Silva, A. (Org.) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Goiânia, 1999, 200 p.

MASON, B. (1962) *Principles of Geochemistry*. New York, John Wiley & Sons. 329p

MEIRA, José Carlos Avaliação da Relação entre a ocupação do solo e a Qualidade Físico-Química e Microbiológica do Aquífero Guarani em Mineiros, Goiás.. 2014. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás.

NARCISO, Monica Gonçalves; GOMES, Luciana Paulo. Análise espacial da área de influência do aquífero da Serra das Areias- carta de vulnerabilidades à poluição. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. v. 1. p. 3851-3861.

QURESHI, M.E., REESON, A., REINELT, P. et al. *Hydrogeol J* (2012) 20: 821. doi:10.1007/s10040-012-0867-x.

RAMOS, Marcus Vinícius. Remoção simultânea de ferro e manganês de águas subterrâneas utilizando vermiculita visando abastecimento público – Goiânia – Dissertação de mestrado: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2016.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. 1ª Edição, Editora Manole Ltda, São Paulo, 1987, 188p.

RODRIGUES, Antônio Passos (coord.) Caracterização do Meio Físico, dos Recursos Minerais e Hídricos do Município de Aparecida de Goiânia. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração, 2005.

ROISENBERG, C., Viero, A. P., Roisenberg, A., Schwarzbach, M. S., & Morante, I. C. (2003). Caracterização geoquímica e gênese dos principais íons das águas Subterrâneas de Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(4), 137-147).

ROY, S. *Manganese Deposits*. London: Academic Press p. 458, 1981.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ Alberto, J.Álvarez-Legorreta, T.G. Pacheco-Ávila, J.A. González-Herrera, R.Carrillo-Briebiezza, Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas del sur del Estado de Quintana Roo, México, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 32, núm. 1, 2015, p. 62-76.

ANEXO A – EXEMPLO DE FICHA COMPLETA DE PERFURAÇÃO DE POÇO



Ficha Técnica Completa de Poço



Poço: 5200000199	UF: GO	Município: Aparecida de goiania	Localidade: JARDIM TIRADENTES
------------------	--------	---------------------------------	-------------------------------

Perfil Construtivo 	Gerais				
	Dados Gerais:				
	Nome:				
	Data da Instalação:				
	Proprietário:	SANEAGO			
	Natureza do Ponto:	Poço tubular			
	Uso da água:				
	Cota do Terreno:				
	Localização:				
	Localidade:	JARDIM TIRADENTES			
UTM (Norte/Sul):	8139788				
UTM (Leste/Oeste):	679106				
Latitude (GMMSS):	164905				
Longitude (GMMSS):	491909				
Bacia Hidrográfica:	Rio Parana				
Subbacia Hidrográfica:	Rio Paranaíba				
Situação:					
Data:	08/05/1996				
Situação:	Equipado				
Construtivos					
Perfuração:					
Data:	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final(m)	Perfurador	Método	
06/11/1992	0.00	34.00	PLANENGE	Percussão	
Diâmetro:					
De (m):	Até (m):	Polegadas	Milímetros		
0.00	38.00	10	254.0000		
38.00	42.00	8	203.2000		
42.00	48.00	6	152.4000		
Raveitimento:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	
0.00	38.00	Aço sem costura com rosca e luva	6	152.4000	
38.00	42.00	Aço sem costura com rosca e luva	6	152.4000	
42.00	48.00	Aço sem costura com rosca e luva	6	152.4000	
Filtro:					
De (m):	Até (m):	Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	Ranhura
38.00	42.00	Noid galvanizado	6	152.4000	1.00
42.00	48.00	Noid galvanizado	6	152.4000	1.00
Espago Anular:					
De (m):	Até (m):	Material			
0.00	53.00	Pre-filtro			
Boca do Tubo:					
Data:	Altura(m):	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)		
		6	152.4000		
Entrada d'água:					
Profundidade:					
Profundidade Útil:					
Data:	Profundidade:				
	34.00				

Geológicos

Feição Geomorfológica:	
Descrição:	

Formação Geológica:		
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	30.00	Terciário-quaternário
30.00	94.00	Grupo Araxá

Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	30	Solo arenoso	SOLO ARENOSO, AMARELADO, COM MICAS E ROCHA ALTERADA.
30	94	Xisto	GRANADA-CLORITA-MUSCOVITA-BIOTITA-QUARTZO XISTO.

Hidrogeológicos

Aquífero no Ponto:

Nível da Água:	
Data:	
Nível da Água (m):	
Nível Medido Bombeando (S/N)?	
Vazão (m ³ /h):	

Teste de Bombeamento

Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
06/11/1992	S	0.00	24:00
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
8.00	2.3		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
		18.4	Rebatxamento
Método:	Unidade:		
	Air-lift		

Análises Químicas

Análises Químicas:	
Data da Coleta:	
Condutividade Elétrica (µS/cm):	
Qualidade da Água (PTCO):	
Sabor da Água:	
Qualidade da Água (Odor):	
Temperatura (C°):	
Turbidez (NTU):	
Sólidos Suspensos (mg/l):	
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):	
Aspecto Natural:	
Ph:	

Gráfico de evolução do nível d'água para os últimos cinco anos hidrológicos

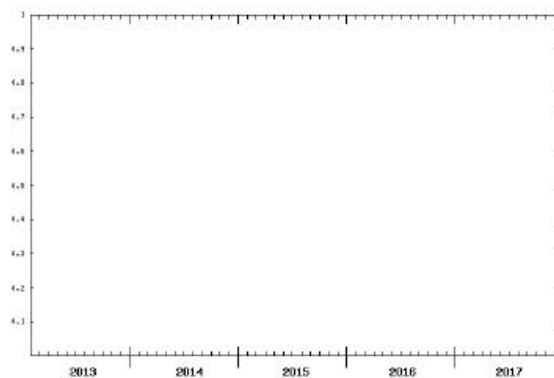
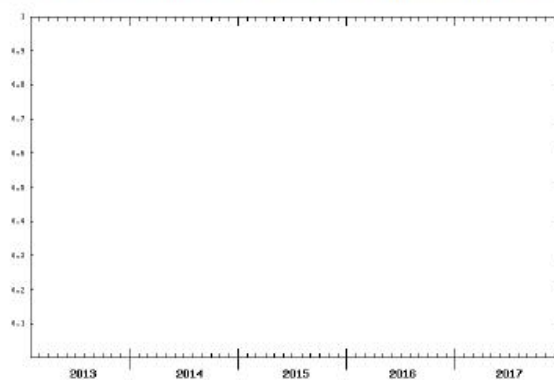


Gráfico de evolução da condutividade elétrica para os últimos cinco anos hidrológicos



Resumo do Currículo Lattes

Endereço para acessar : <http://lattes.cnpq.br/3917052620041378>



Leonardo Ribeiro Pinto

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/3917052620041378>

Última atualização do currículo em 14/06/2017

Resumo informado pelo autor

Mestrando em Tecnologia de Processos Sustentáveis pelo Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia, Graduado em Bacharel em Química Industrial pela Universidade Estadual de Goiás - Campus Anápolis e Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Salgado de Oliveira. Experiencia em Gestão ambiental em industrias de mineração e docência em disciplinas voltadas para área Industrial.

(Texto informado pelo autor)

Formação acadêmica/titulação

- 2014** Mestrado Profissional em Mestrado Profissional em Tecnologia de Processos S.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, IFG, Goiania, Brasil
Título: AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DA SERRA DAS AREIAS EM APARECIDA DE GOIÂNIA - GOIÁS
Orientador: Wárde Antonieta da Fonseca-Zang
Bolsista do(a): Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás
- 2005 - 2006** Especialização em Gestão Ambiental.
Universidade Salgado de Oliveira, UNIVERSO, Niteroi, Brasil
Título: RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE
Orientador: Claudia Ma Pinto da Costa
- 2000 - 2003** Graduação em Química Industrial.
Universidade Estadual de Goiás, UEG, Anapolis, Brasil
Título: Avaliação do tratamento de efluentes industriais por análises da série de sólidos e óleos e graxas
Orientador: Orlene Silva da Costa