

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ALINE ASSUNÇÃO SOUZA

O AQUÍFERO CENOZÓICO EM SÃO GABRIEL DO OESTE-MS

CAMPO GRANDE
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ALINE ASSUNÇÃO SOUZA

**O AQUÍFERO CENOZÓICO EM SÃO GABRIEL DO OESTE-
MS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Giancarlo Lastoria

CO-ORIENTADORA: Prof. Dra. Sandra Garcia Gabas

Aprovada em: 28/01/2013

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Giancarlo Lastoria

PGTA/UFMS

Prof. Dra. Maria Lúcia Ribeiro

PGTA/UFMS

Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto

Departamento de Geografia/UFMS

Campo Grande, MS
2013

Ficha catalográfica preparada pela
COORDENADORIA DA BIBLIOTECA CENTRAL / UFMS

Souza, Aline Assunção

O Aquífero Cenozóico em São Gabriel do Oeste, MS/ Aline Assunção Souza. –
Campo Grande, MS, 2012.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2012.
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Giancarlo Lastoria.

1. Classificação de Águas Subterrâneas. 2. Aquífero Livre. 3. Diagramas de *Piper* e *Stiff*.

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho ao Lorenzo, filho amado.
Dedico também aos meus familiares, colegas de trabalho e professores do Programa de Pós
Graduação em Tecnologias Ambientais, pelo apoio recebido.*

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar por me dar saúde e paz na vida. À minha família que me incentivou a continuar estudando após o término da faculdade.

Ao Professor Doutor Giancarlo Lastoria, pela excelente orientação e compreensão durante toda a minha trajetória nos estudos.

A Professora Doutora Sandra Gabas por sua disponibilidade em colaborar, tirar dúvidas de hidrogeologia e, também, com material para estudos.

Ao Programa de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais (PGTA) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), a todos os colegas, professores e funcionários do PGTA.

Ao Instituto de Criminalística Hercílio Macellaro pelo alento na conclusão deste estudo.

A Magda Galeano que sempre atendeu nossos pedidos, como as cópias das análises do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) fornecidos de presteza e suporte técnico sobre o sistema municipal de abastecimento.

Ao Geólogo Carlos Benatti da Empresa de Saneamento do Estado do Mato Grosso do Sul (SANESUL) pelo fornecimento dos perfis dos poços tubulares dos municípios da região norte do Estado.

Ao Laboratório de Geoprocessamento/UFMS, sob comando do Prof.º Dr. Antônio Paranhos, que também possui projeto de pesquisa em São Gabriel do Oeste, por fornecimento de material a este trabalho.

E ao Serviço geológico do Brasil (CPRM) que encaminhou os resultados de análises dos poços de monitoramento na área de estudo.

*“... A mãe reparou que o menino
gostava mais do vazio
do que do cheio.
Falava que os vazios são maiores
e até infinitos...”*

Manoel de Barros, *O menino que carregava água na peneira.*

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTOS	4
SUMÁRIO.....	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	9
LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. OBJETIVOS:.....	15
3. ARTIGO	16
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	32
ANEXO A - TABELA DE DADOS DE POÇOS CADASTRADO NO SIAGAS	35
ANEXO B - TABELA DE RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA EM AMOSTRAS DO PROJETO RIMAS/CPRM	36

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Mapa Potenciométrico para o SAG no MS.....	21
FIGURA 02 – Mapa Potenciométrico Aquífero Cenozóico Sub-bacia do Rio Coxim em São Gabriel do Oeste/MS.....	22
FIGURA 03 – Localização do município de São Gabriel do Oeste/MS.....	23
FIGURA 04 – Mapa Domínios Hidrogeológicos.....	28
FIGURA 05 – Diagramas de <i>Piper</i> e <i>Stiff</i>	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Características Físico-Química das Águas dos Aquíferos no MS.....	25
TABELA 02 - Análises Físico-químicas em São Gabriel do Oeste/MS.....	25
TABELA 3 - Análises Físico-químicas RIMAS.....	26
TABELA 04 – Áreas de ocorrências das formações geológicas em São Gabriel do Oeste.....	27
TABELA 5 - Análises Químicas do Aquífero Cenozóico no Assentamento Campanário em São Gabriel do Oeste/MS.....	29

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAEE	Departamento e Águas e Energia Elétrica
OEА	Organização dos Estados Americanos
OMS	Organização Mundial de Saúde
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
SAAE	Sistema Autônomo de Abastecimento de Água de São Gabriel do Oeste
SAC	Sistema Aquífero Cenozóico
SAG	Sistema Aquífero Guarani
SANESUL	Empresa de Saneamento do Estado do Mato Grosso do Sul
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UFMS	Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
RIMAS	Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

Ca	Cálcio	As	Arsênio
Cl ⁻	Cloreto	B	Boro
CO ₃	Carbonato	Se	Selênio
HCO ₃	Bicarbonato	Si	Silício
F ⁻	Fluoreto		
Fe	Ferro		
K	Potássio		
Mg	Magnésio		
Na	Sódio		
NO ₃ ⁻	Nitrato		
pH	Potencial Hidrogeniônico		
Mn	Manganês		
Cu	Cobre		
SO ₄ ⁻²	Sulfato		
°C	Graus Celsius		
CE	Condutividade elétrica		
μS/cm	Micro Siemens por centímetros		
m	metro		
Al	Alumínio		
Zn	Zinco		
P	Fósforo		
Ba	Bário		
Cd	Cádmio		
Cr	Cromo		
Pb	Chumbo		
Co	Cobalto		
Br ⁻	Brometo		
PO ₄ ⁻³	Fosfato		
mg/L	Miligrama por litro		
meq/L	Miliequivalente por litro		
STD	Sólidos Totais Dissolvidos		

RESUMO

SOUZA, A.A. (2012). *O Aquífero Cenozóico em São Gabriel do Oeste - MS. Campo Grande, 2012. 36 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

A importância da água para a população leva a necessidade de estudos que forneçam subsídios para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos, sendo o uso das águas subterrâneas uma alternativa do fornecimento de água potável. O município de São Gabriel do Oeste/MS possui um sistema autônomo de abastecimento de água, que em sua totalidade utiliza-se o manancial subterrâneo para abastecimento público. Sua geologia apresenta sedimentos dos períodos terciário-quartenário (Coberturas Detrito-Lateríticas) com espessuras que permitem a exploração do Aquífero Cenozóico e possui também afloramentos das formações Botucatu e Pirambóia considerados como área de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG). A representação gráfica de informações hidroquímicas é utilizada frequentemente como ferramenta para o planejamento do uso das águas subterrâneas, utilizando-se neste estudo os diagramas de *Piper* e *Stiff*. A característica hidroquímica das águas do Aquífero Cenozóico é bicarbonatada cálcica e na região de afloramento do SAG é bicarbonatada sódica. Para a avaliação da água para o consumo humano foram utilizados subsídios técnicos extraídos da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde e da Resolução 396/2008 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Assim, os resultados obtidos mostraram que a concentração de sais é baixa, porém no afloramento do SAG, a água bicarbonada sódica é considerada uma evolução das águas bicarbonatas magnesianas e nas coberturas detríticas (Aquífero Cenozóico) as águas apresentam-se pouco mineralizadas, indicando serem recargas diretas pluviais.

Palavras-chave: Classificação de Águas Subterrâneas; 2. Aquífero Livre; 3. Diagramas de *Piper* e *Stiff*.

ABSTRACT

SOUZA, A.A. (2012). *The Cenozoic Aquifer in São Gabriel do Oeste-MS. Campo Grande, 2012. 36 p. Thesis (Master) - Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil (in Portuguese).*

The importance of water for the population leads to a need for studies that provide subsidies for the Sustainable Management of Water Resources, and the use of groundwater from an alternative supply of drinking water. The municipality of São Gabriel do Oeste/MS system has a self-contained water supply, which in its totality we use the groundwater for urban water supply in rural areas, also uses this spring. The geology in the area of the plateau is covered with sediments of tertiary-quaternary periods (Covers Detritus-lateritic) with thicknesses that allow its exploitation, has also Botucatu formations and outcrops of Piramboia considered as recharge area of the Guarani Aquifer System (SAG). The graphical representation of hydrochemical information is often used as a tool for planning the use of groundwater, in this study we used diagrams Piper and Stiff, the hydrochemistry of waters characteristic of the Cenozoic Aquifer is magnesian and bicarbonate in the area of outcrop of sodium bicarbonate is SAG. For the assessment of water for human consumption were used technical inputs extracted Ordinance 2914/2011 of the Ministry of Health and the Resolution 396/2008 of CONAMA (National Environment Council). Thus, the results showed that the salt concentration is low, but at the SAG outcrop, water bicarbonada sodium is considered an evolution of bicarbonatas magnesian waters and in the waters cover detrital presents few minerals, indicating they direct rainwater recharges.

Key-words: Groundwater Classification 2. Free Aquifer 3. Stiff and Piper diagrams

1. INTRODUÇÃO GERAL

Águas Subterrâneas: “*Águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo*”. (CONAMA nº 396/2008)

Aquífero: “*Corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos*”. (CONAMA nº 396/2008)

A utilização da água subterrânea como alternativa para gestão de recursos hídricos no Brasil tem assumindo importância como fonte de suprimento desse bem vital. Sua disponibilidade e qualidade têm permitido que populações se instalem e sobrevivam em zonas áridas, onde as precipitações e as águas correntes são escassas e insuficientes.

A disponibilidade para determinados tipos de usos depende da qualidade físico-química, biológica e radiológica da água, que tem grande facilidade de dissolver e reagir com outras substâncias orgânicas ou inorgânicas. (Custódio & Llamas, 1983)

As águas subterrâneas movimentam-se e acumulam-se por mecanismo de recarga e descarga com deslocamento lento, e nem toda água pode ser extraída nas formações aquíferas em que se encontram, sendo o volume e a qualidade dessa extração variáveis de decisão a serem determinadas como parte de gestão do sistema. (Walton, 1970)

A água subterrânea, ao lixiviar os solos e as rochas, enriquece-se de sais minerais em solução, provenientes da dissolução dos seus minerais. Essas reações são favorecidas pelas baixas velocidades de circulação dessas águas, pressões e temperaturas a que estão submetidas e facilidade de dissolver o CO₂ ao percolar o solo não saturado.

Os processos e fatores que influenciam na evolução da qualidade da água podem ser intrínsecos ou extrínsecos ao aquífero, tendo como característica o aumento de concentrações de substâncias dissolvidas à medida que essa água percola nos diferentes aquíferos, influenciados por outros fatores como o clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, além da contaminação antrópica.

A unidade definida para estudos das águas superficiais (dos lagos, represas e rios) é a Bacia Hidrográfica, as águas subterrâneas (aquéferos) não são necessariamente recursos independentes dos superficiais, em alguns casos existem ligações entre eles, como a vazão fluente de rios em períodos de estiagem. O planejamento e a gestão devem incluir os dois recursos, incorporando cada um deles no sistema regional específico e peculiaridades locais.

Nesse sentido fazem-se necessários estudos locais e regionais que forneçam subsídios técnicos para o sistema de água subterrânea com bombeamentos (outorga) e políticas

adequadas de gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis, associando pesquisas sobre sua disponibilidade, qualidade, exploração e conservação.

A cidade de São Gabriel do Oeste em Mato Grosso do Sul foi fundada em 1980 pelos imigrantes gaúchos que ali chegaram no século XIX, acrescentaram a palavra do “*Oeste*” no nome do município em homenagem a um município homônimo daquele ali então fundado. No final da década de 1990, após as lavouras de café serem danificadas por um evento climático, gradativamente os solos argilosos originários dos basaltos e das coberturas detritos lateríticas localizadas principalmente nos chapadões começaram a ser utilizados para plantação de grandes lavouras como arroz, soja e milho. São Gabriel do Oeste se destaca no Estado como grande produtor de soja, sorgo, milho e algodão, da suinocultura, da pecuária e ainda criação de avestruz.

A suinocultura é uma atividade com alta carga poluidora, principalmente por matéria orgânica, sendo esse município pioneiro em tratamento dos dejetos dos suínos por meio de biodigestores. Aliado a esse tratamento a queima do gás metano possibilita a produção de energia para o próprio consumo e ainda créditos de carbono, evitando a emissão de gases causadores do incremento do efeito estufa. O efluente líquido gerado no processo de tratamento dos dejetos são utilizados como biofertilizantes (fertirrigação) pelos produtores locais.

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas, a característica hidroquímica da água subterrânea é o ponto de partida para uma classificação da qualidade da água.

Neste trabalho buscou-se a compreensão das características hidroquímicas das águas subterrâneas do município para os Aquíferos Cenozóico e Guarani, com base em análises de potabilidade de poços tubulares principalmente da área urbana, pela disponibilidade de dados para o estudo. Também foram utilizados dados das análises de poços rasos no Assentamento Campanário com a utilização de águas do Sistema Aquífero Cenozóico (coberturas detrito-lateríticas) do Projeto de Pesquisa da EMBRAPA (Avaliação de Processos e formulação de boas práticas e inovações na suinocultura – biofertilização em São Gabriel do Oeste/MS) e resultados das análises de poços de monitoramento da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) na área de afloramento das formações Botucatu e Pirambóia.

2. OBJETIVOS:

Objetivo Geral:

O objetivo geral do trabalho foi caracterizar o Sistema Aquífero Cenozóico no município de São Gabriel do Oeste/MS, em função da posição estratigráfica, área de ocorrência e captação atual de recursos hídricos, este aquífero assume destacada importância para a área de estudo, tanto em termos de volume explorado, como em relação à qualidade de sua água.

Objetivos Específicos:

- (1) Individualizar o Aquífero Cenozóico em relação aos outros aquíferos que ocorrem no município: Guarani, Aquidauana, Serra Geral e Bauru;
- (2) Classificar as águas subterrâneas a partir da composição química de íons estabelecidos nas metodologias *Piper* e *Stiff*, considerando-se resultados de análises disponibilizadas no domínio da área estudada;
- (3) Descrever sobre as condições geológicas e hidrogeológicas sob as quais o Aquífero Cenozóico se encontra;
- (4) Discutir sobre a vulnerabilidade do Aquífero Cenozóico, a partir de dados de poços tubulares da zona urbana e rural do município;
- (5) Mostrar a importância do Aquífero Cenozóico na manutenção do nível de base dos rios existentes no âmbito de abrangência do trabalho;
- (6) Avaliar e discutir os resultados através da legislação ambiental vigente, em termos de uso e potabilidade.

3. ARTIGO

Este artigo foi submetido à Revista Ambiente e Sociedade e foi redigido de acordo com seu regulamento.

AQUÍFERO CENOZÓICO EM SÃO GABRIEL DO OESTE/MS: GESTÃO INTEGRADA COM O AQUÍFERO GUARANI

Aline Assunção Souza¹, Geancarlo Lastoria¹, Sandra Garcia Gabas¹

RESUMO

A extensão de ocorrência das coberturas detríticas-lateríticas (Aquífero Cenozóico) em São Gabriel do Oeste no Estado de Mato Grosso do Sul/MS ocupa aproximadamente 47,96% (1849 km²) da área total do município. São coberturas recentes sotopostas aos Sistemas Aquífero Guarani e Serra Geral. O Aquífero Cenozóico em conjunto com a sua área de ocorrência, volume explorado e qualidade da água apresenta destacada importância no município estudado. O abastecimento público utiliza exclusivamente águas dos mananciais subterrâneos, utilizando principalmente as águas do Aquífero Guarani que se encontram abaixo das coberturas detríticas-lateríticas. Nestas áreas há intensa atividade agrícola e de suinocultura tornando-as vulneráveis quanto a degradação da qualidade da água, à medida que essa água percola nos diferentes aquíferos.

Palavras-chave: Classificação de Águas Subterrâneas; Aquífero Livre; Diagramas de *Piper* e *Stiff*.

ABSTRACT

The extent of occurrence of cover-detrital lateritic (Aquifer Cenozoic) in São Gabriel do Oeste in the State of Mato Grosso do Sul / MS holds approximately 47.96% (1849 km²) of the total area of the municipality. Recent coverages are sotopostas Guarani Aquifer System and the Serra Geral. The Aquifer Cenozoic together with its range, volume and quality of water exploited presents outstanding importance in the municipality. The public supply water exclusively uses of groundwater sources, using mainly the waters of the Guarani Aquifer which is below the detrital-lateritic cover. In these areas there is intense farming and pig farming as making them vulnerable to degradation of water quality, as this water percolates in different aquifers.

Keywords: Groundwater Classification 2; Free Aquifer 3; Stiff and Piper diagrams.

RESUMEN

La extensión de La presencia del cobertura detrítica lateríticos (Acuífero Cenozoico), en São Gabriel do Oeste, en el Estado de Mato Grosso do Sul / MS tiene aproximadamente el 47,96% (1849 km²) de la superficie total del municipio. Coberturas recientes son sotopostas Sistema Acuífero Guaraní y la Serra Geral. El Cenozoico Acuífero junto con su escala, volumen y calidad de agua explotado presenta gran importancia en el municipio. El suministro de agua pública utiliza exclusivamente de las fuentes de agua subterránea, utilizando principalmente las aguas del Acuífero Guaraní, que está por debajo de la cubierta detrítica-laterítico. En estas zonas hay agricultura intensiva y la ganadería porcina que los hace vulnerables a la degradación de la calidad del agua, ya que el agua se filtra en los acuíferos diferentes.

Palavra clave: Clasificación de las aguas subterráneas; diagramas de Stiff y Piper; Acuífero libre.

1. INTRODUÇÃO

A utilização da água subterrânea como alternativa para gestão de recursos hídricos no Brasil tem assumindo importância como fonte de suprimento desse bem vital. Sua disponibilidade e qualidade têm permitido que populações se instalem e sobrevivam onde as precipitações e as águas correntes são escassas e insuficientes.

Os recursos hídricos subterrâneos representam um fator importante na melhoria das condições de vida da população, capaz de promover o desenvolvimento e a justiça social. Assim, em virtude da contaminação crescente dos mananciais superficiais e do alto custo para recuperação e tratamento destas águas, o homem tem se voltado cada vez mais para as águas subterrâneas, a fim de suprir suas necessidades de abastecimento (Gastmans & Kriang, 2005).

A disponibilidade para determinados tipos de usos depende da qualidade físico-química, biológica e radiológica da água, que tem grande facilidade de dissolver e reagir com outras substâncias orgânicas ou inorgânicas. (Custódio & Llamas, 1983)

A qualidade da água subterrânea depende de fatores **intrínsecos** ou **extrínsecos** ao aquífero, com característica do aumento de concentrações de substâncias dissolvidas, a medida que essa água percola nos diferentes solos e rochas.

A ocorrência de água subterrânea em sedimentos pouco consolidados apresenta algumas vantagens por serem mais fáceis de realizarem perfurações ou escavações de poços

tubulares ou rasos, e suas profundidades geralmente baixas possibilitam pequenos recalques. Esses depósitos geralmente possuem alta capacidade de infiltração potencial, maior porosidade e permeabilidade do que as formações compactas. (Feitosa & Filho, 2000)

Seu monitoramento é previsto na Resolução CONAMA nº 396/2008 para enquadramento de usos para cada aquífero. Com a qualidade (substância de ocorrência natural) pode-se diferenciar as de ocorrência antropogênica, a característica hidroquímica é o ponto de partida para uma classificação.

Em geral, as áreas de afloramento e de recarga do Aquífero Guarani são as mais vulneráveis à contaminação. Entretanto, a região de exposição no estado de Mato Grosso do Sul exibe menor vulnerabilidade natural por ser reconhecida como área de descarga, com exceção da área do Chapadão de São Gabriel do Oeste considerada como área de recarga, com fluxos tanto para NE quanto para SW, ambos com descarga na bacia do Rio Paraguai. E sotopostas a essas áreas que ocorre o Sistema Aquífero Cenozóico em área intensamente utilizada para agricultura mecanizada (arroz, soja, algodão, milho e sorgo) e atividades da suinocultura, pecuária e criação de avestruz.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar os Sistemas Aquífero Cenozóico e Guarani no município de São Gabriel do Oeste/MS, em função de suas posições estratigráficas, áreas de ocorrência, qualidade natural das águas e ainda a importância na manutenção de base de rios existentes no âmbito de abrangência do trabalho que drenam para o Pantanal Sul-mato-grossense. Além de classificar suas águas a partir da composição química de íons estabelecidos por metodologias de Piper e Stiff, considerando resultados de análises disponibilizadas no domínio da área estudada.

DEFINIÇÕES

Águas Subterrâneas: “Águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo” (CONAMA 396/2008)

Aquífero: “corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos;” (CONAMA 396/2008)

Etimologicamente, significa aqui=água, fero=transfere.

O termo sistema aquífero refere-se a um conjunto de camadas e/ou formações geológicas distintas que apresentam características hidrodinâmicas similares e são

hidraulicamente conectadas, compreendendo as áreas de recarga, trânsito e descarga (Rebouças, 1999).

Hidroquímica: É o ramo da hidrogeologia que trata da caracterização e migração das substâncias químicas presentes nas águas subterrâneas.

Propriedades Físicas: Temperatura, cor, odor e sabor, turbidez, sólidos em suspensão.

Propriedades Iônicas (principais): Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- , CO_3^{-2} , NO_3^- .

Propriedades Iônicas (secundários): Br^{+3} , Br^- , PO_4^{-3} , Mn^+ , SiO_2^- , Zn^{+2} e Cu^+ . A soma da concentração desses íons em relação aos anteriores descritos equivale a 1% do total de íons presentes nas águas subterrâneas.

Constituintes tóxicos e carcinogênicos: As, Ba^{+2} , Cd^{+2} , Pb, F^- e Se.

A representação dos resultados das análises químicas das águas subterrâneas pode ser demonstrada por diagramas hidrológicos, como os **Diagramas de Piper e Stiff** que são frequentemente utilizados para classificação e comparação de distintos grupos de águas quanto aos cátions e ânions predominantes plotados em um diagrama triangular expressos em meq.L^{-1} (miliequivalente por litro). Sua caracterização por metodologias como Piper (1944) permite classificar e comparar distintos grupos de água como: **bicarbonatadas, cálcica, cloretada, magnésiana, sódica, sulfatada ou mista**.

No diagrama de *Stiff* os íons maiores da composição da água são plotados em forma poligonal a partir de quatro eixos horizontais paralelos. É utilizado para facilitar a visualização de diferentes tipos de águas.

SISTEMA AQUÍFERO GUARANI (SAG)

O SAG representa um reservatório importante de água potável para as populações que habitam sua área de ocorrência, e cada vez mais existe a necessidade de se promover a realização de estudos que possibilitem o gerenciamento sustentável deste aquífero, considerando as unidades sotopostas a este aquífero, como o Aquífero Cenozóico.

As formações Botucatu e Pirambóia pertencentes ao Grupo São Bento, são litologicamente muito similares e constituem uma única unidade hidrológica. A Formação Pirambóia é considerada em alguns estudos como facie basal subjacente a Formação Botucatu, com maior espessura e extensão. (Lacerda Filho *et al.*, 2006)

A litologia da Formação Pirambóia é caracterizada por um arenito vermelho rosado, às vezes com estratificação cruzada, com grãos sub-angulares e semi-arredondados, cimentação friável a compacta e intercalações silto argilosas.

A Formação Botucatu é caracterizada por um arenito rosado friável a duro, com estratificação cruzada granulação média-fina com grãos bem arredondados e esféricos, podendo ocorrer conglomerados na base do contato Pirambóia-Botucatu.

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é a unidade hidroestratigráfica mais importante da porção meridional do continente sul-americano. Área total de 1.087.879 km² compreendendo os países e suas respectivas áreas: Brasil (735.918 km²), Argentina (228.255 km²), Paraguai (87.536 km²) e Uruguai (36.170 km²). (OEA, 2009)

No Brasil o SAG aflora em área de aproximadamente 213.200 km², no estado de Mato Grosso do Sul afloram aproximadamente 35.800 km² (Rebouças et al., 1999).

Toda a borda oeste do SAG funciona como um sistema praticamente isolado, com áreas de recarga e descargas associadas às faixas de afloramentos que condicionam a existência de um divisor de águas subterrâneas, nas proximidades das cidades de Dourados, Amambaí e Sidrolândia em Mato Grosso do Sul. (Gastmans & Kiang, 2005)

Os fluxos de água subterrânea ocorrem a partir da zona de recarga, situada a norte de Mato Grosso do Sul, para sudoeste, em direção à bacia hidrográfica do Pantanal, e para sudeste, em direção à calha do Rio Paraná. O comportamento do fluxo das águas subterrâneas a partir da área de recarga, localizada ao sul do estado, também indica fluxo em direção ao Pantanal Sul-mato-grossense e para o centro da Bacia do Paraná. A partir do alto localizado na região de São Gabriel d'Oeste, o fluxo das águas subterrâneas é radial, figura 01 (Gastmans & Kiang, 2005).

As águas do SAG apresentam heterogeneidades naturais, trabalhos referentes a química e física das águas do SAG tem sido objeto de estudos hidrogeológico como o realizado pelo DAEE (Departamento de Água e Esgoto de São Paulo) em 1974 e Araújo et al., 1999. As águas do SAG foram classificadas por Silva, 1983 utilizando-se dados do DAEE em um estudo hidroquímico e isotópico identificando três fácies hidroquímicas diferenciadas em relação à distância da zona de recarga e à profundidade do aquífero, quais sejam: a leste na porção livre do aquífero predomínio de águas **bicarbonatadas magnesianas e cálcio-magnesianas**, em uma faixa de contato dos sedimentos das Formações Botucatu/Pirambóia com o basaltos da Formação Serra Geral águas **bicarbonatadas cálcicas a cálcio-magnesianas** e em uma zona intermediária de confinamento como águas **bicarbonatadas sódicas** evoluindo para cloro-sulfatadas sódicas. No Botucatu livre em MS as águas são

bicarbonatas cálcica-magnesianas e para o Botucatu confinado águas bicarbonatas sódicas.

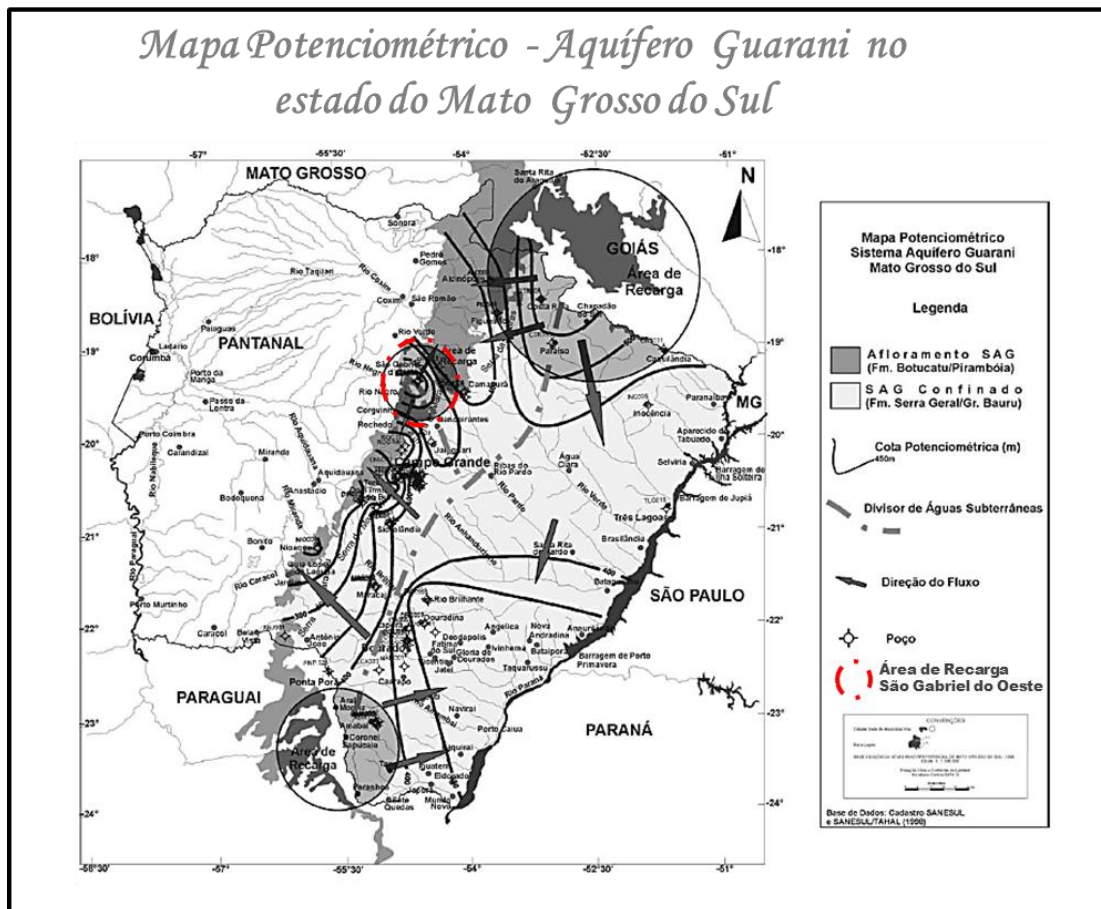


FIGURA 01 – Mapa Potenciométrico para o SAG no MS, elaborado por Gastmans & Kiang, 2005, utilizando dados SANESUL E SANESUL/TAHAL (1998). No detalhe o município de São Gabriel do Oeste/MS.

SISTEMA AQUÍFERO CENOZÓICO (SAC)

As coberturas detríticas-lateríticas que abrigam o Sistema Aquífero Cenozóico apresentam no Mato Grosso do Sul distribuição descontínua, ocupando geralmente os relevos de cotas mais altas dos planaltos, que se caracterizam por formas de topo plano (Ministério de Minas e Energia, 1982).

A espessura destes sedimentos apresentam geralmente 20 a 30 metros, podendo alcançar até 70 metros, constituídos principalmente por arenitos finos com matriz siltico-argilosa com níveis subordinados de siltitos, argilitos (lamitos) e cascalhos à base de seixos de arenitos ferruginosos (lateríticas) e silexitos.

As águas das coberturas detriticas lateríticas (TQdl) são classificadas como **bicarbonatas cálcicas ou cloretadas magnesianas** em São Gabriel do Oeste (SANESUL/TAHAL, 1998).

O fluxo das águas subterrâneas nestas coberturas em uma sub-bacia denominada Cabeceira do Rio Coxim a montante da área urbana de São Gabriel do Oeste/MS (Santos, 2010) conforme figura 02, se dão perpendicularmente as linhas potenciométricas no sentido das áreas de cotas maiores, em torno de 700 metros de altitude, orientando para as cotas menores, aproximadas de 600 metros de altitude, em direção a área urbana do município.

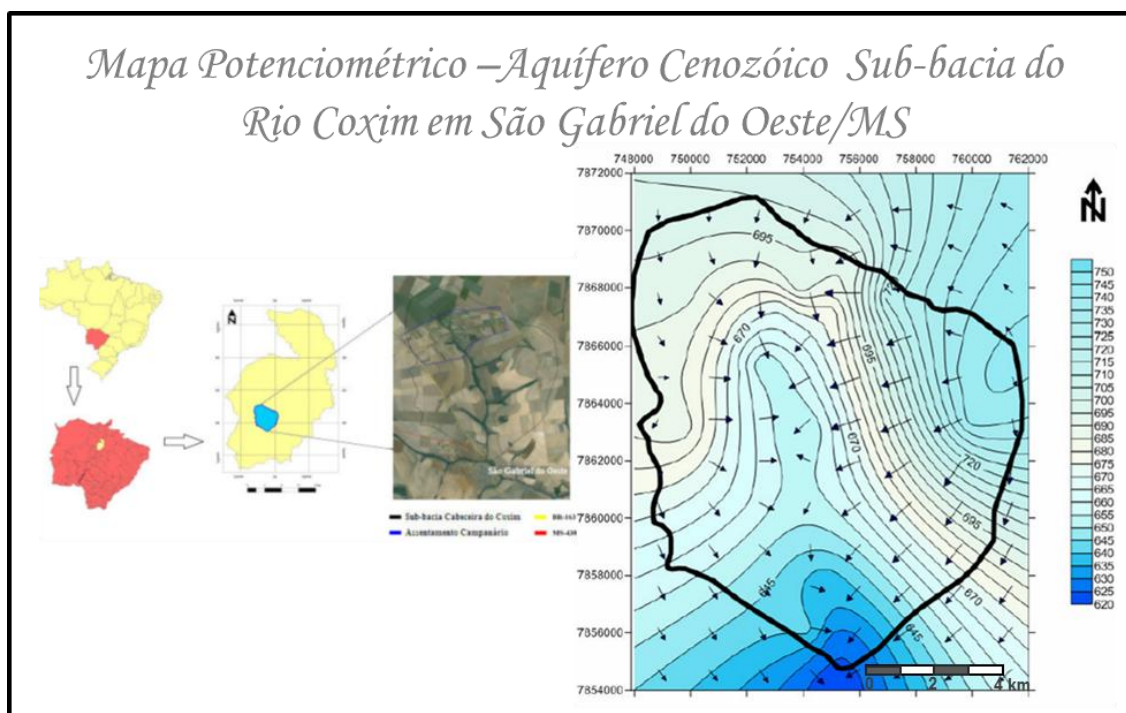


FIGURA 02 – Mapa Potenciométrico – Linhas de Fluxo das águas subterrâneas para o Aquífero Cenozóico na sub-bacia do rio Coxim em São Gabriel do Oeste/MS. Fonte: Santos, 2010.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Características Gerais da Área De Estudo

O município São Gabriel do Oeste (Figura 03) localiza-se ao norte do Estado de Mato Grosso do Sul, ocupando uma área total de 3.856 km² e população de 21.307 habitantes (IBGE, 2010), entre as latitudes Sul 18°40'00" a 19°35'00" e longitudes W.Gr. 54°10'00" a 54°50'00" W (EMBRAPA, 2003).

A precipitação está entre 1200 mm a 1600 mm de acordo com o Atlas Pluviométrico do Brasil referente às médias dos anos 1977 a 2006 (Ministério de Minas e Energia, 2011).

Seu clima classifica-se como **Aw** - clima tropical úmido. Encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai, abrangendo as sub-bacias do Rio Taquari e do Rio Miranda, respectivamente com áreas de 88,5% e 11,5% (Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2010).

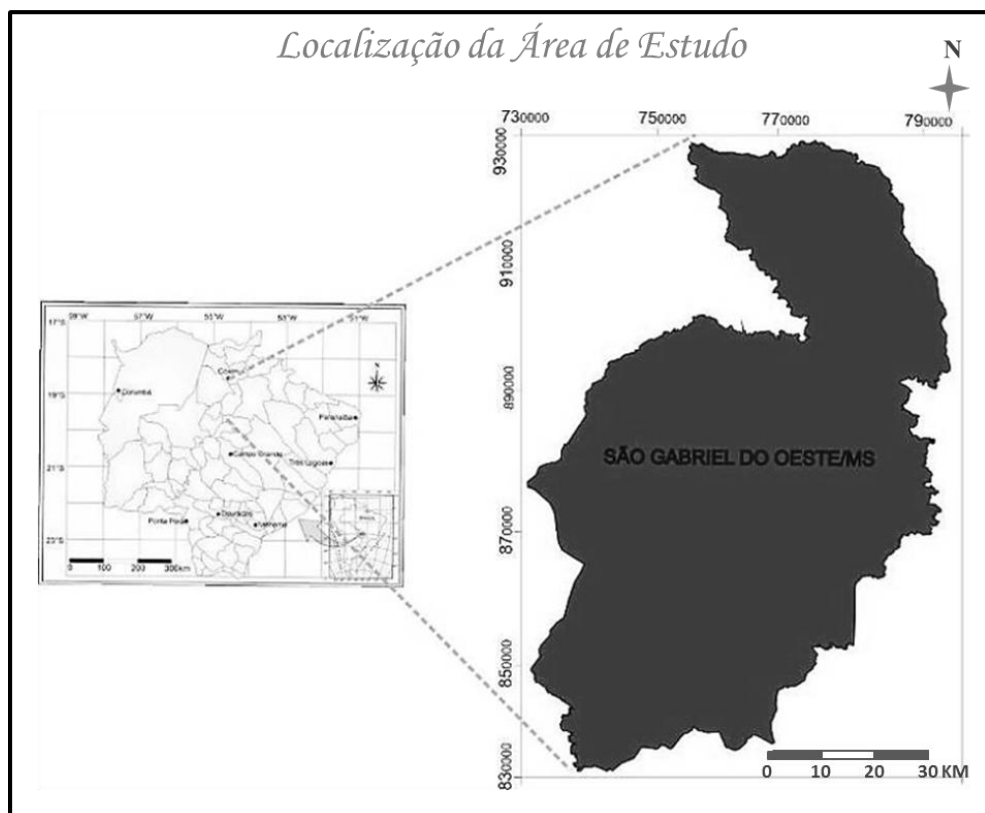


FIGURA 03: Localização do município de São Gabriel do Oeste/MS.

Chapadão: Termo regional utilizado para uma série de chapadas ou planaltos de superfície regular a aplanada, que aparecem principalmente nos Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás.

Encontra-se inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, é formado por rochas do Período Terciário (Coberturas Detrito-Lateríticas), do Período Neocretácio o Grupo Bauru, do Período Jurássico, Grupo São Bento (Formação Serra Geral e Formação Botucatu), do Período Triássico, Grupo São Bento (Formação Pirambóia), Período Carbonífero, Super Grupo Tubarão, Grupo Itararé (Formação Aquidauana), e do Período Devoniano, Grupo Paraná (Formação Ponta Grossa).

O abastecimento público é efetuado exclusivamente por mananciais subterrâneos, na área urbana utiliza-se 05 (cinco) poços tubulares totalizando o consumo para o mês de junho/2012 cerca de 120.000 m³. Na área rural, o consumo mensal para o poço comunitário utilizado no Assentamento Campanário é de 217 m³/mês e para o Distrito do Areado o

consumo mensal de 1000 m³ (Dados do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto - SAAE).

Potencialmente é possível explorar águas subterrâneas nas unidades hidrogeológicas dos aquíferos Cenozóico, Serra Geral, Guarani, Aquidauana-Ponta Grossa e Bauru (Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2010).

Compilação de Dados

Os trabalhos iniciais foram de pesquisa bibliográfica referentes à geologia, hidrogeologia e hidroquímica nos aquíferos Cenozóico e Guarani. A partir dos cadastros de poços tubulares na base de dados da Empresa de Saneamento Estadual (SANESUL) e dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) em São Gabriel do Oeste com informações de perfis geológicos, posicionamento geográfico, características construtivas e hidrogeológicas utilizados para elaboração de um mapa potenciométrico e um perfil esquemático geológico.

Foram analisados os Boletins de Análises de Qualidade de Água da Companhia Municipal de Abastecimento (Sistema Autônomo de Água e Esgoto - SAAE) dos anos 2006 a 2012 referentes a oito poços que utilizam principalmente águas do Aquífero Guarani, sendo cinco (05) urbanos, um (01) de monitoramento na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), um (01) no distrito do Areado e um (01) no Assentamento Rural Campário, totalizando 41 análises de potabilidade. Também foram avaliadas 20 análises químicas de poços rasos no Assentamento Campanário utilizando águas do Aquífero Cenozóico, dados de Pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pantanal (Avaliação de Processos e formulação de boas práticas e inovações na suinocultura – biofertilização em São Gabriel do Oeste/MS).

No entanto, como os parâmetros listados não foram suficientes para classificação hidroquímica, analisados pelos íons predominantes, utilizou-se duas análises físico-químicas do Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas (Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas - RIMAS) do Serviço Geológico do Brasil.

Coleta de Amostras

A pesquisa de qualidade das águas subterrâneas deve incluir a coleta de amostras em pontos selecionados, inicialmente um prévio estudo da distribuição dos pontos de amostragem e os tipos de análises a serem realizadas vão depender do objetivo do estudo e disponibilidade de recursos humanos e financeiros.

Foram utilizados resultados de análises do SAAE, EMBRAPA e RIMAS. As análises de potabilidade foram coletadas em meses distintos (abril, maio, junho, agosto e novembro) dos anos de 2006 a 2012, as análises de poços rasos foram coletadas nos meses do período chuvoso (março e outubro) de 2010, as duas análises do Programa de Monitoramento do RIMAS foram coletados no mês de maio de 2011.

As análises de potabilidade são coletas após o processo de cloração e fluoretação. As amostras coletadas pela EMBRAPA foram em poços rasos, e as análises da RIMAS são de poços de monitoramento.

Análises Físico-Químicas

Na Tabela 01 são observadas as características físico-química das águas dos aquíferos no Estado do Mato Grosso do Sul para valores frequentes.

TABELA 01 – Características Físico-Química das Águas dos Aquíferos no MS.

Aquíferos	CE	pH	Temp.	HCO ₃ ⁻
Aquidauana	20-100	4,5-7,5	24-29	4-31
Botucatu Livre	20-200	5-8	22-29	8-75
Botucatu confinado	250-870	8,5-9,5	35-44,5	100-110
Serra Geral	50-200	5,5-8,0	21-29	5,0-78
Coberturas Detrito-Lateríticas	20	4,7	22-24	2,0
Aquíferos	Ca	Mg	Na	K
Aquidauana	1,6-6,8	0,9-6,3	0,5-5,4	1,1-6,8
Botucatu Livre	0-39	0,7-9	0,3-10	0,4-3,9
Botucatu confinado	1,2	1,7	40-170	0,4-1
Serra Geral	1,2-31	0,5-12	1,5-12	0,1-3,5
Coberturas Detrito-Lateríticas	0,8-1,2	0,2-0,5	0-0,2	0-0,5

CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{mhos.cm}^{-1}$); Temp: Temperatura em °C; Unidades para HCO₃⁻ (bicarbonato), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), Sódio (Na) e K (potássio) expressas em mg.L⁻¹.

Fonte: Sanesul/Tahal,1998.

A Tabela 02 possui resultados de duas análises físico-químicas retirados do Relatório Hidrogeológico do MS (SANESUL/TAHAL, 1998) existentes no município de São Gabriel do Oeste.

TABELA 02 - Análises Físico-químicas em São Gabriel do Oeste/MS.

Poço	Ca	Cl	CO ₃	Dureza	CE	F	Fe	HCO ₃
ETA001	1,2	1,5	0	4	11	0	0,05	2,0
ETA002	0,8	1,5	0	5	11	0	0	2,0
Poço	K	Mg	Na	NO ₃	pH	SO ₄	STD	
ETA001	0,5	0,2	0,2	0	4,7	0	40,0	
ETA002	0,1	0,7	0,2	0	4,7	0	20,0	

CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{mhos.cm}^{-1}$); Unidades para Ca (Cálcio), Cl (Cloro), CO₃ (carbonato), Dureza, Fe (ferro), HCO₃ (bicarbonato), K (potássio), Mg (Magnésio), Sódio (Na), SO₄ (sulfato) e STD (Sólidos Totais Dissolvidos) expressas em mg.L⁻¹.

Fonte: Fonte: Sanesul/Tahal,1998.

A Tabela 03 são os valores de duas amostras de poços de monitoramento do Aquífero Guarani em São Gabriel do Oeste/MS.

TABELA 3 - Análises Físico-químicas.

POÇO	Ca	Cl	Dureza	CE	F	Fe	HCO ₃
Distrito do Areado	1,041	0,175	6,18	29,9	0,014	N.D.	26,92
Fazenda São João	1,055	0,264	5,06	25,8	0,017	N.D.	26,14

POÇO	K	Mg	Na	NO ₃	pH	SO ₄	STD
Distrito do Areado	7,17	0,716	1,415	1,635	6,14	0,06	0,014
Fazenda São João	7,32	0,424	1,360	0,117	6,45	0,046	0,004

CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{mhos.cm}^{-1}$); Unidades para Ca (Cálcio), Cl (Cloreto), Dureza, F (Fluoreto), Fe (ferro), HCO₃ (bicarbonato), K (potássio), Mg (Magnésio), Sódio (Na), SO₄ (sulfato) e STD (Sólidos Totais Dissolvidos) expressas em mg.L^{-1} .

Fonte: RIMAS, Maio/2011.

Tratamento de Dados

Utilizando-se valores de coordenadas UTM, dos níveis estático e cota do terreno de poços cadastrado no SIAGAS, através do software Surfer 8.0 gerou-se o mapa potenciométrico para o aquífero Guarani em São Gabriel do Oeste, aplicando o modelo geostatístico *Krigagem*. Na base de dados SIAGAS havia cadastrados 40 poços disponibilizados *online*, destes 17 possuem perfil geológico de exploração de água na formação Botucatu/Pirambóia (Sistema Aquífero Guarani) e dados suficientes para determinar a superfície potenciométrica, identificando a direção do fluxo da água subterrânea.

Utilizando o software Aquachem 10.1 (Waterloo Hydrogeologyc), foi efetuada a análise gráfica e numérica dos dados utilizados em qualidade de água, em especial parâmetros listados nas tabelas em anexo e ainda o software livre Qualigraf[®]G. Möbus Hidrogeólogo (FUNCEME). Em ambos aplicativos foram inseridos dados dos íons principais utilizados nos Diagramas de Piper e Stiff como Ca, Na, K, Mg, HCO₃, CO₃, Cl, SO₄, Fe e NO₃ para as análises existentes na área de estudo.

Interpretação de Dados

O padrão de potabilidade foi orientado com base na qualidade das águas subterrâneas (análises físico-químicas) determinadas à época dos resultados de algumas análises pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde e atualizado para Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde e Conama 396/2008.

Diante das análises verificou-se que alguns parâmetros obrigatórios para classificação hidroquímica não são relacionados nos parâmetros de potabilidade (Portaria 2914/2011) como

os íons cálcio, magnésio e potássio, e ânions bicarbonatos e carbonatos. E ainda as análises da Embrapa para o Aquífero Cenozóico não possuíam as análises dos parâmetros ânions bicarbonatos e carbonatos.

Posteriormente foram disponibilizados resultados de análises de duas amostras coletadas no mês de maio de 2011 pelo Projeto RIMAS/CPRM, os poços de monitoramento encontram-se nas formações Botucatu/Pirambóia aflorante.

As análises utilizadas para este estudo apresentam erros de balanço iônico em torno de 10%, aceitáveis para fins de classificação hidroquímica. Contudo cabe ressaltar que valores indicados são em torno de 5%, porém cabe discussão sobre erros maiores aceitáveis conforme literatura (Feitosa & Filho, 2000) devido à baixa mineralização das águas subterrâneas na área de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geologia

As coberturas detríticas-lateríticas que abrigam o Aquífero Cenozóico em São Gabriel do Oeste ocorre em aproximadamente 47% (Tabela 04) da área do município, seguido pela área de afloramento das formações Botucatu/Pirambóia que abrigam o Aquífero Guarani com cerca de 43,41%, juntas as formações afloram em aproximadamente 91,37% da área do município.

Tabela 04 – Áreas de ocorrências das formações geológicas em São Gabriel do Oeste.

Geologia	Área de Ocorrência km²	%
Coberturas Detríticas	1.849	47,96
Botucatu/Pirambóia	1.674	43,41
Aquidauana	130	3,37
Serra Geral	99	2,57
Aluviões	99	2,57
Bauru	5	0,13
Total	3.856	100

Fonte: Embrapa, 2003.

Hidrogeologia

Foram identificados na área de estudo três domínios hidrogeológico (Figura 04) na cidade de São Gabriel do Oeste/MS: Formações Cenozóicas (Coberturas Detríticas-lateríticas), Bacias Sedimentares Farenzóicas (Bacia Sedimentar do Paraná) e Vulcânica (Formação Serra Geral).

O fluxo subterrâneo em uma sub-bacia denominada Cabeceira do Rio Coxim, onde se localiza o Assentamento Campário, é direcionado para área urbana do município que utiliza água do Sistema Aquífero Guarani, localizado sotoposto ao Aquífero Cenozóico. Nos perfis geológicos analisados alguns poços possuem rochas basálticas entre as formações das Coberturas Detríticas-lateríticas e Botucatu, em outros o contato das duas formações é direto.

Através dos dados de poços cadastrados no SIAGAS, verificou-se que a superfície potenciométrica em São Gabriel do Oeste para a formação Botucatu que abriga o Aquífero Guarani apresenta fluxo radial das águas subterrâneas na região do chapadão, das cotas maiores para menores, onde ocorre o afloramento das formações do Aquífero Guarani e ainda alimenta a rede de drenagem superficial de rios para a Planície do Pantanal.

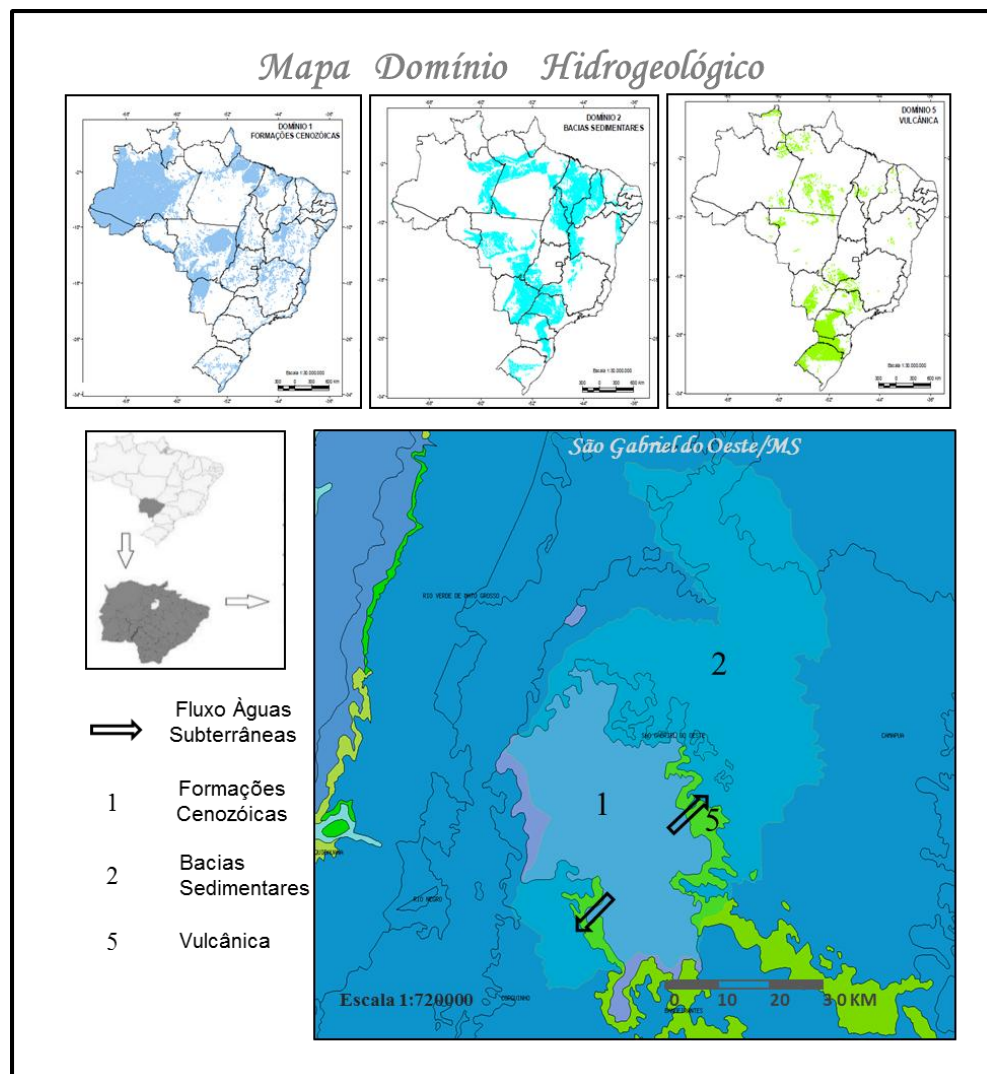


FIGURA 04: Mapa Domínios Hidrogeológicos. 1 – Formações Cenozóicas (Coberturas Detríticas-lateríticas); 2 – Bacias Sedimentares Farenozóicas (Bacia Sedimentar do Paraná) e 5 – Vulcânicas (Formação Serra Geral). Fonte: CPRM/2010.

Hidroquímica

A Tabela 05 possui os valores máximos e mínimos encontrados nas análises químicas dos poços rasos do Aquífero Cenozóico no Assentamento Campanário que se localiza a montante da área urbana do município de São Gabriel do Oeste, alguns parâmetros como As e Pb foram encontrados valores acima dos permitidos para as legislações vigentes.

TABELA 5 - Análises Químicas do Aquífero Cenozóico no Assentamento Campanário em São Gabriel do Oeste/MS.

PARÂMETROS	As	B	Ba	Ca	Cd	Cu	Fe	K
VALOR MÁXIMO	0,024330	0,005190	0,030000	6,860000	2,378000	0,008480	0,136600	0,583000
VALOR MÍNIMO	0,000715	0,000040	0,002850	0,086600	0,455000	0,000310	0,027250	0,111000
MEDIA	0,014054	0,000939	0,011155	1,048123	0,001215	0,002557	0,063094	0,249803
DESVIO PADRÃO	7,014271	0,001934	0,007720	1,516575	0,563649	0,002415	0,027148	0,139750
PORTARIA 2914/2011	0,01	-	0,7	-	0,005	2	0,3	-
CONAMA 396/2008	0,01	0,5	0,7	-	0,005	2	0,3	-

PARÂMETROS	Mg	Mn	Na	Pb	SO ₄ ⁻	Se	Zn
VALOR MÁXIMO	1,510000	0,275000	2,985000	0,053000	3,350000	0,027800	44,000000
VALOR MÍNIMO	0,010970	0,002690	0,153500	0,002500	0,181300	0,004670	2,044000
MEDIA	0,262337	0,041658	0,451645	0,015724	0,702308	0,018843	0,020241
DESVIO PADRÃO	0,409023	0,064152	0,644981	0,010705	0,658787	0,007912	0,012046
PORTARIA 2914/2011	-	0,1	200	0,01	0,1	5	5
CONAMA 396/2008	-	0,1	200	0,01	250	5	5

Fonte: EMBRAPA, 2010.

As leis voltadas para as águas subterrâneas apresentam evolução destinadas a atender suas especificidades, porém alguns estados brasileiros ainda carecem de uma legislação e ação específica para esse importante recurso hídrico.

Os diagramas hidroquímicos, visualizados na figura 05, foram gerados a partir de dados disponíveis da SANESUL/TAHAL (1998) e classificam que a água do poço ETA 01 é do tipo **cloretada-cálcica** e para o poço ETA 02 é do tipo **bicarbonatada-magnésiana**. Para os dados RIMAS/CPRM as águas do Aquífero Guarani com a formação Botucatu/Pirambóia aflorante é **bicarbonatada-sódica**.

As diferentes classes de águas subterrâneas se classificam a fim de informar de forma breve a sua composição química e alguns aspectos pontuais. As classificações tidas como

simples dão uma informação global e geral e estabelecem vistas para os diferentes usos, como os domésticos, urbano, industrial e agrícola e se estabelecem enfatizando as características que mais interessam destacar e variações de um lugar para outro segundo as necessidades e disponibilidades, em ambos aquíferos as águas se classificam como águas doces e quanto a dureza são brandas.

É importante ressaltar que os poços analisados, dependendo da vazão e da forma de construção podem remeter as amostras coletadas uma mistura de águas provenientes de distintos níveis do aquífero, impondo desafios adicionais a interpretação hidroquímica dos dados.

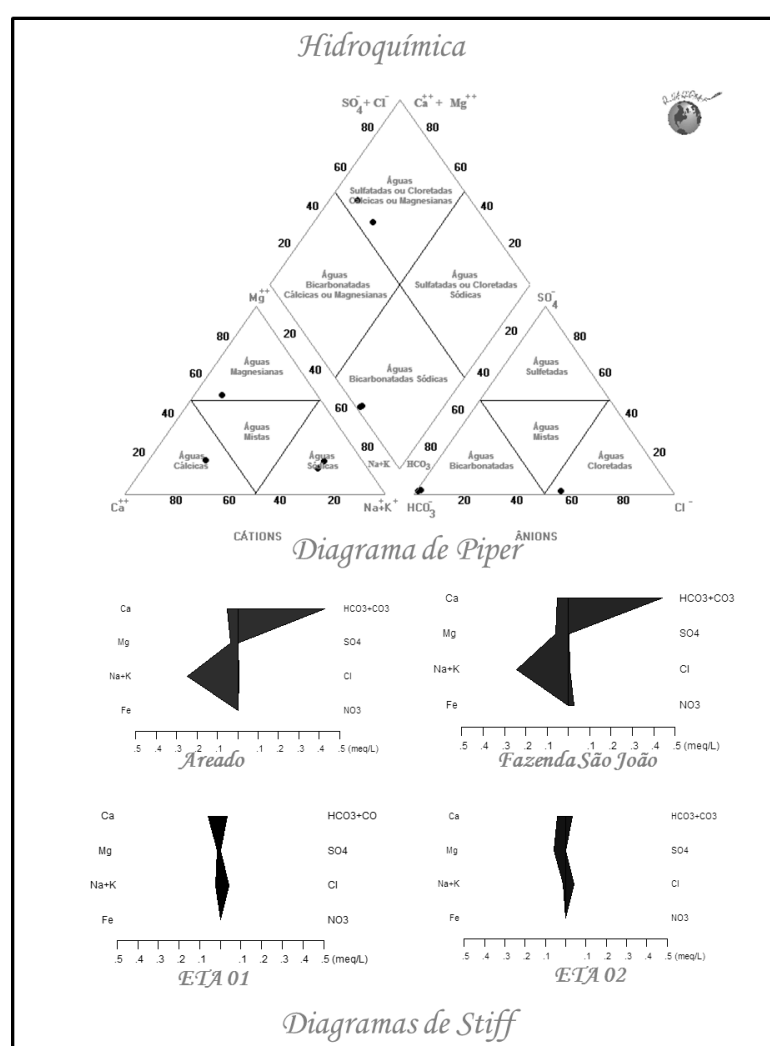


Figura 05 – Diagramas de *Piper* e *Stiff* para águas subterrâneas dos Poços do Areado, Fazenda São João, ETA's 01 e 02 do município de São Gabriel do Oeste/MS.

4. CONCLUSÕES

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas é previsto na Resolução Conama nº 396 de 2008 que propõe classes de qualidade para substâncias de ocorrência natural e de origem antropogênica, a fim de possibilitar ações diferenciadas para sua gestão.

O sistema de abastecimento público em São Gabriel do Oeste, se faz exclusivamente pelos mananciais subterrâneos que apresentam boa potabilidade para o consumo humano de acordo com as análises de potabilidade do Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAEE) dos anos de 2006 a 2012, com pH levemente ácido que tendem a corroer filtros de poços.

As águas subterrâneas em geral apresentam baixos valores de sais dissolvidos, no Assentamento Rural Campanário que se localiza a montante da sede do município, é possível visualizar no mapa potenciométrico que o Aquífero Cenozóico (Coberturas Detrita-Lateríticas) apresenta fluxo subterrâneo que se direciona das cotas maiores para as menores em direção a área urbana. O sistema Aquífero Guarani (SAG) por sua vez apresenta fluxo radial a partir do topo do Chapadão de São Gabriel do Oeste, das cotas maiores para menores e ainda para Oeste em direção ao Pantanal Sul-mato-grossense.

As águas com baixos valores de sais dissolvidos foram verificados na região, isso pode indicar águas poucos mineralizadas, a partir de recargas diretas pluviais. A ETA 01 pelo perfil analisado utiliza água do Aquífero Serra Geral com água classificada como **cloretadas cálcicas**, apresentando média de pH de 5,64 e sólidos totais dissolvidos de 46,6 mg.L⁻¹. A ETA 02 explora água do SAG, pelo perfil o poço possui 20 metros de cobertura terciária-quartenária, cerca de 5 metros de basalto e a profundidade de 65 metros explora água do Aquífero Guarani (Arenito Botucatu), classificada como **bicarbonatada magnésiana**, os valores dos parâmetros físico-químicos são aproximados dos valores da ETA 01.

O relatório da SANESUL/TAHAL, 1998 classifica as águas das Coberturas Cenozóicas como **bicarbonatadas cálcicas** em São Gabriel do Oeste e ainda para o Botucatu livre como bicarbonatadas cálcicas-magnesianas e confinado como bicarbonatadas sódicas.

A classificação hidroquímica para o poço no Distrito do Areado, com perfil geológico demonstrando apenas o Aquífero SAG em profundidade de 65 metros, indicando tratar-se de afloramento dessa formação, a água é do tipo **bicarbonatada sódica**, classificação confirmada no Aquífero SAG na Fazenda São João localizada à oeste do chapadão de São Gabriel do Oeste.

Com o mapa potenciométrico verificam-se os dois poços de monitoramento do RIMAS/CPRM na formação Botucatu aflorante as águas são classificadas como

bicarbonatadas sódicas, um a oeste do Chapadão de São Gabriel do Oeste e outro a leste com fluxos subterrâneos a partir da cota mais alta do Chapadão, então possivelmente a água do SAG aflorante, águas bicarbonatadas sódicas são evolução das águas bicarbonatadas cálcicas classificadas no Aquífero Cenozóico.

Nesta região de acordo com análises químicas já identificam contaminações por chumbo e arsênio no Aquífero Cenozóico, possivelmente de origem dos agroquímicos utilizados na região, subsidiando ações de monitoramento de Gestão dos Recursos Hídricos integrando tanto as águas de superfícies quanto as águas subterrâneas a fim de promover o um Desenvolvimento Sustentável.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTER, P.E. – **Hydrogeology of the Mercosul Aquifer System in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget Aquifer System, USA.** Hydrogeology Journal, 7- p. 317-336, 1999.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 396 de 07 de abril de 2008.** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, 2008

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. **Hidrología Subterránea.** Omega Edições, Vol. I e II, Espanha, 1983.

EMBRAPA SOLOS. **Zoneamento Agroecológico do Município de São Gabriel do Oeste, MS.** Referencial para o Planejamento, Gestão e Monitoramento Territorial. 2003

FEITOSA, F.A.C; FILHO, J.M (Coord.). **Hidrogeologia:** conceitos e aplicações. 2ª Ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000.

GASTMANS, D.; KRIANG,C.H. **Avaliação da Hidrogeologia e Hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de Mato Grosso do Sul.** Revista de águas subterrâneas, v.19, n.1, p. 35-48, 2005.

LACERDA FILHO, J. V. **Geologia e Recursos Minerais do Estado De Mato Grosso do Sul.** Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia. Convênio CPRM-SEPROTUR/MS- EGRHP/MS. Campo Grande, 2006.

LASTORIA, G; **Hidrogeologia da Formação Serra Geral no Estado de Mato Grosso do Sul.** Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2002.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da população.** 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_mato_grosso_do_sul.pdf>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2012.

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS-OEA. **Relatório do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani.** Programa Estratégico de Ação, 2009.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. MME. Levantamento da Geodiversidade: Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil: Isoietas anuais médias, Período 1977 a 2006. Ministério das Minas e Energia. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf>. Acesso em: 05 de novembro de 2012.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. MME. **Projeto RADAMBRASIL.** Levantamento de Recursos Naturais, Folha SE.21 – Corumbá e Parte da folha SE.20. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia, v.28, 413p. 1982.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria MS Nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.** Estabelece as normas e padrões de potabilidade de água destinada ao consumo humano. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Ministério da Saúde, Brasília/DF, 32p.

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL. **Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul.** CPRM - Serviço Geológico do Brasil. São Paulo, 2010.

PROJETO REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: **Relatório Diagnóstico Aquífero Guarani nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia sedimentar do Paraná** /Armando Teruo Takahashi, Maria Antonieta Alcântara Mourão, Coord. Belo Horizonte:CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GABRIEL DO OESTE-MS. **Atlas Municipal de São Gabriel do Oeste-MS.** 2005

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas Doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999.

SANTOS, T. H. L.; **Análise Da Vulnerabilidade Em Aquífero Livre Na Região De São Gabriel Do Oeste – MS** . Trabalho de Conclusão de Curso da Engenharia Ambienta. UFMS, Campo Grande. 2011. 43p.

SANESUL/TAHAL. **Estudos Hidrogeológicos de Mato Grosso do Sul.** Relatório Final, campo grande, mapas V.I e II, 736p, 1998.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL - SEPLAN / CRN. **Atlas Multirreferencial de Mato Grosso do Sul.** Coordenadoria de Recursos Naturais, Mapas, Campo Grande, 28p. 1990.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO, DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) MS,** Editora UEMS, 194p, 2010.

SILVA, R., B, G.; DIOGO, A.; FRAIHA JUNIOR, S.. **Características Hidroquímicas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo**. Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE-SP, 1983. Anais 2º congresso Brasileiro de águas subterrâneas, Salvador, setembro/1983.

SILVA, R.B.G. da – **Estudo Hidroquímico e Isotópico do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo**, Tese de Doutorado, IG – USP, 133p, 1983.

WALTON. W. C. **Groundwater Recurse Evaluations**. McGraw-Hill, 1970.

ANEXO A

TABELA DE DADOS DE POÇOS CADASTRADO NO SIAGAS

ID	CÓDIGO	POÇO	UTM E	UTM N	COTA (m)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	SUPERFÍCIE POTENCIO MÉTRICA (m)	PROFUNDIDADE	ND (m)	Qesp (m³/h/h)
1	3500023226	FAZENDA LOS PAGOS	7853785	750841	630	8,5	621,5	80	32	0,767
2	3500028109	MNT/MS/SG01 AREADO	7868786	781018	408	23,44	384,56	68	31,11	1,095
3	3500028110	MNT/MS/SG02 FAZENDA SÃO JOÃO	7852542	742424	510	1,51	508,49	60	5,21	2,405
4	3500023227	SAAE ETA 02 - AV GETULIO VARGAS CENTRO	7853093	754631	660	10	650	65	18,64	6,11
5	3500023232	FAZENDA XANADU	7885245	748647	705	23,5	681,5	125	50,20	0,11
6	3500023102	SERRANA POSTO 01	7854944	754737	658	17	641	80	32	0,767
7	3500023103	FAZENDA ALV003	7857656	745510	700	15	685	151	32	1,647
8	3500023104	FAZENDA ALV002	7859335	744810	710	11	699	80	35	1,083
9	3500023228	SAAE JARDIM GRAMADO	7854886	754319	605	0	605	45	-	Surgência
10	3500023229	COMILHO ARMAZENS BR 163 KM 628	7866369	747271	710	23,24	686,76	100	42,27	0,28
11	3500023231	SEMENTES MAGI. BR 163 KM 630.6 - COLMATADO	7868060	745950	710	23,15	686,85	104	53,40	0,26
12	3500023236	SAAE ETA4-JD ALVORADA	7852882	753649	660	21	639	83	25	11,25
13	3500023237	AREADO POÇO 02	7869103	781023	390	19	371	135	40	2,51
14	3500030623	SAAE ETA-08	7856756	751632	773	26	747	88.2	62	0,881
15	3500030624	SAAE ETA-07	7851953	754134	790	19	771	80	48	1,366
16	3500030625	SAAE ETA-01	7854032	755038	616	3,5	612,5	40	14	3,276
17	3500030627	LATICÍNIO	7847842	759738	668	7	661	71	41	0,765

ID: Identificação do poço

ND: Nível Dinâmico

Qesp.: Vazão específica

ANEXO B
TABELA DE RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA EM AMOSTRAS
DO PROJETO RIMAS/CPRM

Parâmetro	unid. medida	Poço MNT-MS-SG01-AREADO Maio/2011	MNT-MS-SG02-FZ. S. JOAO Maio/2011
pH	v. unit.	6,14	6,45
Condutividade	$\mu\text{S}/\text{cm}^2$	29,9	25,8
Turbidez	UNT	0,93	5,78
Acidez	CaCO_3 mg/L	...	...
Alcalinidade Bic.	CaCO_3 mg/L	26,92	26,14
Alcalinidade Carb.	CaCO_3 mg/L	0,003	0,003
Alcalinidade OH	CaCO_3 mg/L	<0,005	<0,005
Cor	Hazen	0	5
Dureza Total	CaCO_3 mg/L	6,18	5,06
Resíduo Seco 180°C	mg/L	0,044	0,012
Sól. Totais Dissolv.	mg/L	0,014	0,004
Al	mg/L	0,208	0,162
B	mg/L	0,117	0,108
Ba	mg/L	0,156	0,173
Be	mg/L	N.D.	N.D.
Ca	mg/L	1,041	1,055
Cd	mg/L	N.D.	N.D.
Co	mg/L	N.D.	N.D.
Cr	mg/L	N.D.	N.D.
Cu	mg/L	N.D.	N.D.
Fe	mg/L	N.D.	N.D.
K	mg/L	7,170	7,320
Li	mg/L	1,380	1,375
Mg	mg/L	0,716	0,424
Mn	mg/L	0,042	0,041
Na	mg/L	1,415	1,360
Ni	mg/L	N.D.	N.D.
Pb	mg/L	N.D.	N.D.
Sb	mg/L	N.D.	N.D.
Se	mg/L	N.D.	N.D.
Si	mg/L	17,400	19,300
Sn	mg/L	N.D.	N.D.
Sr	mg/L	N.D.	N.D.
Ti	mg/L	N.D.	N.D.
V	mg/L	0,098	0,096
Zn	mg/L	N.D.	N.D.
F	mg/L	0,014	0,017
Cl	mg/L	0,175	0,264
NO ₂	mg/L	N.D.	N.D.
Br	mg/L	N.D.	N.D.
NO ₃	mg/L	1,635	0,117
SO ₄	mg/L	0,060	0,046
PO ₄	mg/L	0,076	0,074