



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
ICET/FAET/FAMEV/IB/ICHS
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos

**Caracterização Hidroquímica do Aquífero
Furnas na Região Sul do Estado de
Mato Grosso.**

Joilson José Fonseca da Silva

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Joilson José Fonseca da Silva

**Caracterização Hidroquímica do Aquífero
Furnas na Região Sul do Estado de Mato
Grosso.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos – ICET/FAET/FAMEV/IB/ICHS. Área de Concentração: Dinâmica Superficial e Subterrânea. Universidade Federal de Mato Grosso.

Orientador: Prof. Doutor Renato Blat Migliorini

A minha esposa Lilian e ao meu filho Thomas Joaquim,
pelo incentivo e compreensão nas horas de ausência –
“papai vai recompensar você, viu filho!”
A toda equipe da Lógica Consultoria, em especial a
Orlando Jr. pelo apoio e suporte...

RESUMO

O presente estudo abrange uma superfície de 2.700 km², situando-se na porção sul do Estado de Mato Grosso, entre os paralelos 15°35' e 16° 5' de latitude sul e os meridianos 54°37' e 55° 5' de longitude oeste, englobando os municípios de Campo Verde, Jaciara, Juscimeira, São Pedro da Cipa e D. Aquino. O trabalho teve como finalidade levantar, gerar e disponibilizar informações hidrogeológicas e hidrogeoquímicas das águas subterrâneas do Aquífero Furnas. A região é reconhecida por apresentar além dos fenômenos de termalismo, o artesianismo, representando divisas econômicas em torno do turismo. A temperatura das águas atinge 50°C, estando a média em torno de 38°C. Os poços amostrados apresentam vazões de até 125 m³/h. Os parâmetros químicos analisados foram: HCO⁻³, CO₃⁻², SO₄⁻², Cl⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Fe, condutividade elétrica e pH. A interpretação dos histogramas comparando resultados químicos entre os pontos de amostragem, os diagramas de Piper e Stiff e a variação de temperatura ao longo da área sugerem três diferentes famílias de águas cujas concentrações catiônicas aumentam para o centro e para sul da área

ABSTRACT

The present study lies over an area of 2700 km², on the south portion of Mato Grosso state, between southern parallels 15°35' and 16° 5' and meridians 54°37' e 55° 5' western longitude, involving the counties of Campo Verde, Jaciara, Juscimeira, São Pedro da Cipa and Dom Aquino. This work had as main objective to survey, generate and give access to hidrogeological and hidrogeochemical data of Furnas Aquifer. This region is well known by artesian and thermal phenomena which represents economical incoming thru tourism. The temperature of these waters reaches 50°C, with an average of around 38°C. The sample wells show outputs up to 125 m³/h. Chemical parameters analyzed were: HCO⁻³, CO₃⁻², SO₄⁻², Cl⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Fe, electric conductivity and pH. Histograms, comparing chemical results between sampling Wells, Piper and Stiff diagrams and temperature variation, suggest three different water families where cationic concentrations rise to the center and to the south part of the study area.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Planta de Localização e Acessos	18
FIGURA 2. Domínios Tectono-Estratigráficos do Estado de Mato Grosso	23
FIGURA 3. Delimitações das Regiões Hidrográficas Brasileiras	29
FIGURA 4. Domínios Hidrogeológicos do Estado de Mato Grosso	30
FIGURA 5. Domínios Hidrogeológicos na Área de Estudo	31
FIGURA 6. Fluxo Convectivo Oriundo de Profundidade Subcrustal	37
FIGURA 7. Sistemas Geotermiais	45
FIGURA 8. Diagrama Triangular de Piper (1944), para Classificação de Águas e Interpretação de Misturas	47
FIGURA 9. Poço do Balneário Chuveirão - Município de Juscimeira	55
FIGURA 10. Poço PT1 do DAE Juscimeira	56
FIGURA 11. Poço PT6 do DAE Juscimeira	56
FIGURA 12. Poço PT1 do Assentamento Geraldo Andrade Município de Juscimeira	57
FIGURA 13. Poço do Distrito de Irenópolis – Juscimeira	58
FIGURA 14. Poço do hotel Thermas Mariha, Juscimeira	59
FIGURA 15. Poço do balneário Paraíso da Águas	60
FIGURA 16. Poço da Água Mineral Clarinha do Vale – Balneário Paraíso das Águas, Jaciara	60
FIGURA 17. Balneário BH Acqua Club – Jaciara	61
FIGURA 18. Poço PT1 do Assentamento Zumbi, Distrito de Entre Rios – Dom Aquino	62
FIGURA 19. Poço PT2 do Assentamento Zumbi do Palmares – Distrito de Ente Rios, Dom Aquino	63
FIGURA 20. Poço do DAE Dom Aquino – Distrito de Entre Rios	63
FIGURA 21. Poço PT1 DAE Dom Aquino, cidade de Dom Aquino	64
FIGURA 22. Poço PT2 DAE Dom Aquino, cidade de Dom Aquino	65

FIGURA 23. Poço do Assentamento 14 de Agosto, Município de Campo Verde	65
FIGURA 24. Gráfico da variação dos valores do pH nos poços amostrados	67
FIGURA 25. Gráfico da variação dos valores da condutividade elétrica nos poços amostrados	68
FIGURA 26. Gráfico da variação dos valores de alcalinidade total, alcalinidade de hidróxidos e bicarbonatos nos poços amostrados	69
FIGURA 27. Gráfico da variação dos valores de cálcio nos poços amostrados	70
FIGURA 28. Gráfico da variação dos valores de magnésio nos poços amostrados	71
FIGURA 29. Gráfico da variação dos valores de potássio nos poços amostrados	72
FIGURA 30. Gráfico da variação dos valores de sódio nos poços amostrados	73
FIGURA 31. Gráfico da variação dos valores de cloretos nos poços Amostrados	74
FIGURA 32. Gráfico da variação dos valores de sulfatos nos poços amostrados	75
FIGURA 33 Gráfico de correlação entre magnésio e cálcio	76
FIGURA 34. Gráfico de correlação entre sódio e cálcio	77
FIGURA 35. Gráfico de correlação entre sódio e potássio	77
FIGURA 36. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Balneário Chuveirão	78
FIGURA 37. Diagrama de Stiff para a amostra do poço da Água Mineral Clarinha do Vale	79
FIGURA 38. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Balneário BH Acqua Club	79
FIGURA 39. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Assentamento 14/08	79
FIGURA 40. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do DAE Juscimeira PT1	80
FIGURA 41. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do DAE Juscimeira PT6	80

FIGURA 42. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Assentamento Geraldo Andrade PT2	81
FIGURA 43. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Distrito de Irenópolis	81
FIGURA 44. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Thermas Marihá	81
FIGURA 45. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do DAE Dom Aquino Distrito de Entre Rios	82
FIGURA 46. Diagrama de Stiff para a amostra do poço PT2 do DAE Dom Aquino	82
FIGURA 47. Diagrama de Stiff para a amostra do poço PT2 do Assentamento Zumbi	83
FIGURA 48. Diagrama triangular de Piper (1944) para todas as amostras colhidas	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Condutividade elétrica dos materiais	42
TABELA 2. Poços na região	53
TABELA 3. Poços amostrados e dados de campo cujas análises foram consideradas neste estudo	54
TABELA 4. Resultados analíticos	66

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	16
3. ÁREA DE ESTUDO	17
3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	17
3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	18
3.3 GEOMORFOLOGIA	18
3.4 VEGETAÇÃO	19
3.5 CLIMA	19
3.6 SOLO	20
3.7 DISPONIBILIDADE HIDRICA	20
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
4.1 GEOLOGIA REGIONAL	22
4.1.1 Grupo Paraná	24
4.1.1.1 Formação Furnas	25
4.1.1.2 Formação Ponta Grossa	26

4.1.2	Formação Aquidauana	26
4.1.3	Formação Palermo	27
4.1.4	Formação Botucatu	27
4.1.5	Formação Serra Geral	27
4.1.6	Grupo Bauru	27
4.1.7	Formação Cachoeirinha	28
4.1.8	Formação Pantanal	28
4.2	HIDROGEOLOGIA	28
4.2.1	Porosidade e Permeabilidade	33
4.3	IMPORTANCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	34
4.4	TERMALISMO	36
4.4.1	Calor	36
4.4.2	Grau Geotérmico e Gradiente Geotérmico	38
4.4.3	Distribuição de calor em conseqüência do fluxo de Água Subterrânea	39
4.4.4	Medidas de Temperatura	40
4.4.5	Perfis de Temperatura X Profundidade	41
4.4.5.1	Conductividade Térmica das Litologias	41
4.4.5.2	Influência da Temperatura na Superfície	42
4.4.5.3	Variações Relativas a Topografia e Estruturas	42
4.4.5.4	Gradiente Conectivo por Fluxo Subterrâneo	43
4.4.5.5	Perturbações da temperatura devido a processos de perfuração	43

4.5	CONDUTIVIDADE TÉRMICA	43
4.5.1	Condução	43
4.5.2	Sistemas Geotermais	44
4.6	HIDROQUÍMICA	46
4.6.1	Diagrama de Stiff	46
4.6.2	Diagrama Triangular de Piper	46
5.	METODOLOGIA	48
5.1	LEVANTAMENTO DE DADOS	48
5.2	CARTOGRAFIA DE CAMPO	48
5.3	ETAPAS DE CAMPO	48
5.4	SUBMISSÃO AO LABORATÓRIO	50
5.5	CONSTRUÇÃO DA CARTOGRAFIA FINAL	51
5.6	TRATAMENTO DOS DADOS ANALÍTICOS	51
5.6.1	Temperatura, pH e Condutividade	52
5.6.2	Diagramas de Stiff e Piper	52
5.7	ILUSTRAÇÕES	52
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
6.1	ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS	65
6.1.1	pH	66
6.1.2	Condutividade Elétrica	67
6.1.3	Alcalinidade total, Alcalinidade de Hidróxidos e Bicarbonato	69
6.1.4	Cálcio	69

6.1.5	Magnésio	71
6.1.6	Potássio	72
6.1.7	Sódio	73
6.1.8	Ferro Total	73
6.1.9	Cloretos	74
6.1.10	Sulfatos	74
6.1.11	Nitratos	75
6.2	CORRELAÇÕES	76
6.3	DIAGRAMA DE STIFF	78
6.4	DIAGRAMA DE PIPER	83
7.	CONCLUSÃO	86
8.	BIBLIOGRAFIA	87

APENDICE 1 – PLANILHAS DE BALANÇO IÔNICO E DADOS DE CAMPO

APENDICE 2 – MAPA GEOLÓGICO COM GRÁFICO DE DISPERSÃO PARA DADOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

APENDICE 3 – MAPA GEOLÓGICO COM GRÁFICO DE DISPERSÃO PARA DADOS DE TEMPERATURA

APENDICE 4 – MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL COM A LOCAÇÃO DOS POÇOS AMOSTRADOS E OS RESULTADOS QUÍMICOS PARA ÍONS PRINCIPAIS

ANEXO 1 – BOLETINS ANALITICOS

1. INTRODUÇÃO

A utilização das águas subterrâneas no Brasil é geralmente feita de maneira empírica, improvisada e não controlada, resultando em freqüentes problemas de interferência entre poços, redução dos fluxos de base dos rios, impactos em áreas encharcadas e redução das descargas de fontes ou nascentes. Além disso, poços construídos, operados e abandonados sem controle se transformam em verdadeiros focos de poluição das águas subterrâneas, sobretudo, daqueles localizados no meio urbano.

Estima-se que cerca de 50% dos atuais 170 milhões de brasileiros, se abasteçam de manancial subterrâneo. Portanto, a extração de água subterrânea não controlada, nos níveis Federal, Estadual ou Municipal atinge, no Brasil, cerca de 4,6 trilhões de litros por ano, ou seja, da ordem de 2000 vezes superior ao volume que o Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM tem ciência (REBOUÇAS, 2002).

A utilização das águas subterrâneas nas últimas décadas tornou-se uma alternativa barata e lucrativa. Balneários, abastecimento urbano e indústrias, entre outros empreendimentos, buscam fontes de recursos hídricos que ofereçam quantidade e qualidade com baixos graus de vulnerabilidade. Quando combinamos estas características a outras como, por exemplo, o termalismo e o artesianismo, a água subterrânea se torna um bem raro do ponto de vista da sua possibilidade de ocorrência na Terra.

Existem no Brasil, assim como em outras partes do mundo, regiões de águas termais, onde o turismo em volta dessa atividade é muitas vezes o responsável pela economia local. O aproveitamento dessas águas através de poços tubulares vem sendo praticado, em muitos casos, sem controle técnico, resultando em processos de super exploração.

As fontes termais chamam a atenção e interesse humano há milênios. Entender os principais processos que controlam a origem, o fluxo e o transporte químico e termal, ainda não são bem compreendidos.

Essas fontes ocorrem em quase todas situações tectônicas conhecidas. Algumas são emanadas de fontes crustais profundas, algumas de fontes magmáticas, e outras parecem ser originadas das águas subterrâneas que foram

aquecidas a grandes profundidades devido ao grau geotérmico, retornando a superfície rapidamente, sem tempo para que ocorra o re-equilíbrio térmico.

Análises geoquímicas e particularmente isótopos estáveis, servem como elementos chave para elucidar a origem da água subterrânea e o seu tempo de residência. Geotermometria, modelagem de equilíbrio geoquímico e modelagem termal, permitem testar as hipóteses e desenvolver os modelos conceituais necessários à compreensão e utilização destes recursos tão raros.

A área deste projeto de pesquisa esta inserida na bacia do Rio São Lourenço, em parte dos municípios de Campo Verde, Dom Aquino, Jaciara, Juscimeira e São Pedro da Cipa. A região é reconhecida por apresentar os fenômenos de termalismo e artesianismo, que representam divisas econômicas em torno do turismo, que por sua vez, aproveita as águas quentes para prática de lazer e recreação.

Essas atividades poderão ser inviabilizadas, como já acontece em alguns casos, devido a perda ou diminuição do termalismo e/ou artesianismo, principalmente em função do desperdício, onde poços jorram 24 horas por dia, levando o aquífero a sofrer um contínuo rebaixamento potenciométrico.

Sendo assim, este trabalho voltou-se ao estudo da hidrogeologia dessa área, do ponto de vista hidroquímico, e poderá servir de base para a determinação de critérios de exploração deste importante recurso natural, a fim de evitar que o aquífero venha entrar em colapso.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

A composição química das águas subterrâneas é o resultado combinado da composição da água que infiltra no solo e da evolução química influenciada diretamente pelas litologias percoladas, sendo que o teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas vai aumentando com o tempo de residência.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo geral caracterizar quimicamente as águas subterrâneas do Aquífero Furnas, em sua porção localizada no sul do Estado de Mato Grosso, assim como levantar, gerar e disponibilizar informações sobre a ocorrência do fenômeno de termalismo nessas águas.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a hidrogeologia da região;
- Caracterizar quimicamente as águas subterrâneas do aquífero furnas utilizando-se do Diagrama Triangular de Piper;
- A partir de bases de dados geológicos pré-existentes, elaborar mapa geológico e hidroquímico, na escala de 1:250.000.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização e acessos

O Estado de Mato Grosso situa-se na região Centro-Oeste do Brasil, possui uma área de cerca de 900.000 km² de extensão territorial, onde se encontra distribuída uma população aproximada de 2.854.642 habitantes (IBGE, 2000).

A Bacia do Rio São Lourenço, onde está localizada a área de estudo deste projeto, é conhecida por apresentar os fenômenos de termalismo e artesianismo. Essa região localiza-se na porção sul do estado, entre os paralelos 15°35' e 16°5' de latitude sul e os meridianos 54°37' e 55°5' de longitude oeste, perfazendo parte dos municípios de Campo Verde, Dom Aquino, Jaciara, Juscimeira, tendo como principais vias de acesso a esses municípios as rodovias BR163/364; MT040 e MT060 (Figura 1).

O acesso se faz a partir de Cuiabá, através da MT 251 até a cidade de Campo Verde, quando se toma a MT 344 em direção a cidade de Dom Aquino.

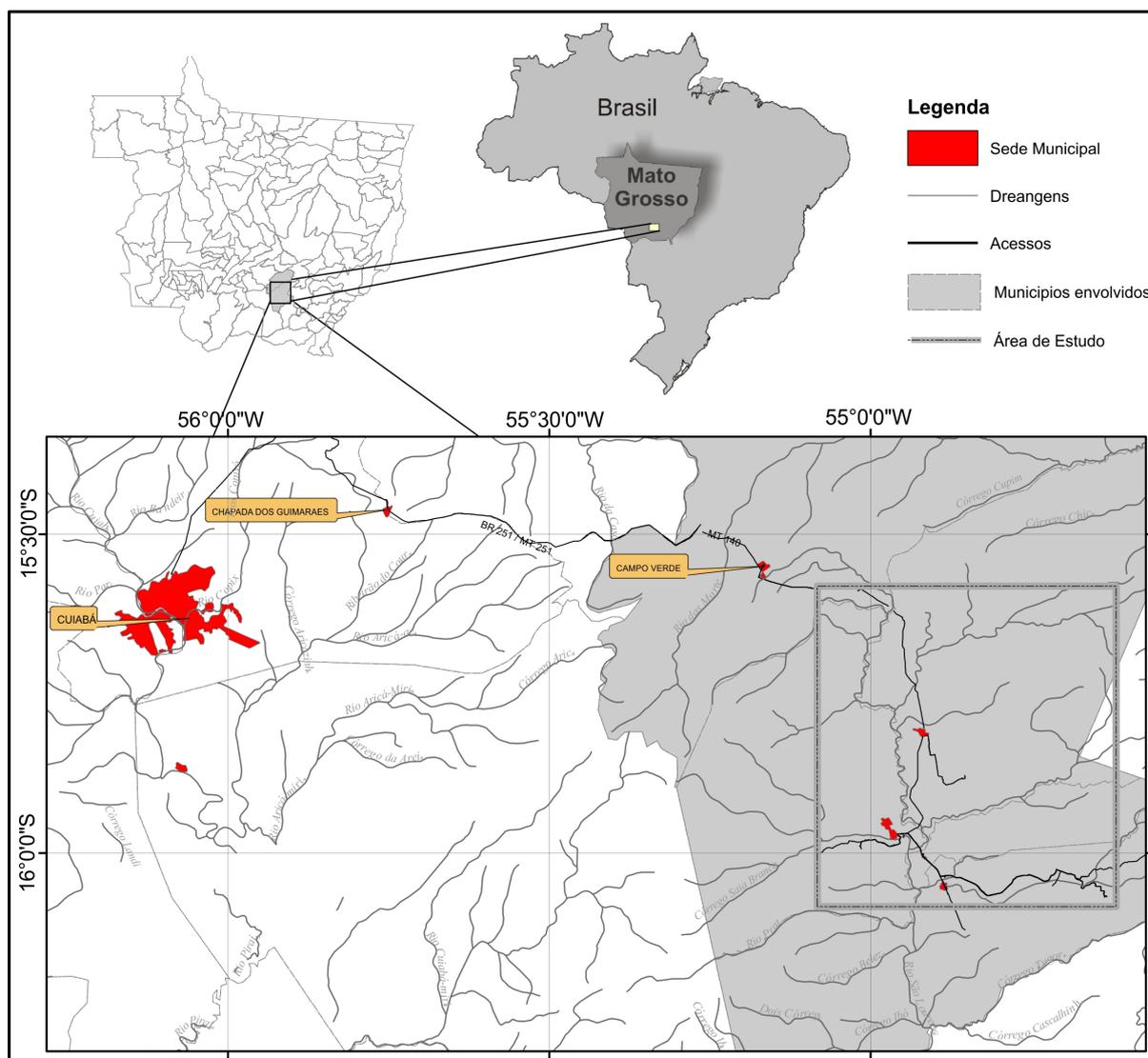


Figura 1. Localização e vias de acesso da área de estudo. Modificado de CPRM (2004).

3.2 Aspectos Demográficos

Os municípios que compõem a área de estudo, de acordo com o IBGE (2007), representam juntos aproximadamente 2% da população de todo o Estado de Mato Grosso, ou seja, cerca de 50.000 habitantes. Destes, 21% habita a zona rural e 79% a área urbana.

3.3 Geomorfologia

Do ponto de vista geomorfológico toda a região se descortina através da unidade denominada Planalto do Alcantilados (Almeida, 1948, 1954), que compreende uma compartimentação com feições bem complexas, demarcadas por

extremidades esculpidas em escarpas alcantiladas, ou seja, abruptas em forma de despenhadeiros, em rampas não muito bem definidas, e recortadas no setor sudeste por relevos residuais de topos planos. Na área drenada pelo Rio das Pombas, a partir da margem esquerda do rio São Lourenço, está correlacionada a dois compartimentos geomorfológicos, sendo o primeiro, mais baixo que corresponde verdadeiramente ao vale do Rio São Lourenço, e o segundo, a toda rede de drenagem do Rio das Pombas (Planta Geomorfológica em anexo). As altitudes oscilam entre 200 e 500 metros.

3.4 Vegetação

A vegetação característica da área é o cerrado ou savana arbórea aberta com florestas de matas ciliares e de galerias. Os cerrados representam uma vegetação primária, com árvores de troncos finos, tortuosos, com alturas entre 2 e 4 metros. As árvores encontram-se espaçadas, no meio de campos limpos por vegetação do tipo gramínea, (RADAMBRASIL, 1982).

3.5 Clima

O clima da região é classificado como sendo do tipo Aw, ou seja, tropical semi-úmido da escala de Köppen (1930). A característica principal desse clima é a temperatura elevada (18° a 28°C) com amplitudes térmicas de 5° a 7°C, atingindo a temperatura, nos meses mais quentes, em torno de 45°C. Outra característica marcante desse tipo de clima são as estações bem definidas de chuva e seca. A estação chuvosa coincide com o verão, pois mais de 70% do total de chuvas precipitam entre os meses de novembro e março, período em que a massa equatorial continental está sobre a região. O índice pluviométrico é em torno de 1750 mm/ano (MAITELLI, 1994).

A evapotranspiração média real oscila em torno de 82 mm por mês com valores mínimos entre 0 e 4 mm nos meses de julho a setembro, e máximos em torno de 150 mm, nos meses de novembro a março. A média anual da umidade relativa do ar fica em torno de 74%. No inverno, com o deslocamento da massa equatorial, a umidade relativa do ar diminui, chegando a níveis de 12%, ocorrendo então a estação seca (BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO, 1996 e 1997).

3.6 Solo

Na área estão presentes os seguintes tipos de solos: Agilossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo háplico, com argilas de atividade baixa, e Neossolo litólico, todos distróficos, segundo o Mapa de Solos do Brasil (IBGE, 2001). São solos que predominam na maior parte da área. Os mesmos, segundo Braun (1962), se caracterizam por apresentarem horizonte A1 pouco desenvolvido com até 20 cm de espessura com teores médios de matéria orgânica. Apresentam uma porosidade elevada, com estrutura, textura e coloração que podem variar de uma localidade para outra, sendo predominante o Latossolo Vermelho-Amarelo.

3.7 Disponibilidade Hídrica

O Estado de Mato Grosso apresenta uma extensa rede de drenagem devido principalmente às elevações topográficas que atravessam todo seu território no sentido leste – oeste. Constitui um divisor de águas que abriga nascentes de importantes bacias hidrográficas brasileiras, a exemplo da Bacia Amazônica que no Estado drena uma área de aproximadamente 582.000 km², assim como a Bacia do Araguaia/Tocantins, que drena 132.000 km², e a Bacia Platina com 176.800 km² de área drenada. (CAVINATTO, 1995).

Com base nestes dados, o Estado do Mato Grosso pode ser considerado o “coração das águas”, a partir do qual correm artérias em todas as direções, extrapolando suas fronteiras e dando sustento à vida no Cerrado, na Floresta Amazônica e no Pantanal Mato-Grossense (CAVINATTO, 1995).

A drenagem dos rios da Bacia Amazônica e Araguaia/Tocantins está direcionada aos estados do Amazonas e Pará, ao norte, a leste aos estados de Goiás e Tocantins e a oeste o Estado de Rondônia e a fronteira com a Bolívia. A Bacia Platina volta-se ao Estado do Mato Grosso do Sul.

A bacia Platina, no Estado de Mato Grosso, é denominada de Bacia do Alto Paraguai, e compreende duas regiões bem distintas: o Planalto, onde se localizam as cabeceiras e os cursos médios dos rios; e a Planície, formada por uma região de sedimentos recentes sazonalmente inundadas pelas cheias dos rios, conhecidos como Pantanal Mato-Grossense.

A Bacia do Alto Paraguai representa cerca de 20% do território Matogrossense, e é uma das mais impactadas pela ação antrópica. Esses impactos advêm principalmente do acelerado crescimento populacional e econômico que

ocorreu na região a partir da década de 70. As principais atividades econômicas da região não apresentam sustentabilidade no uso dos recursos naturais, culminando em crises sociais e forte pressão sobre o ambiente, principalmente sobre os recursos hídricos (FEMA, 1995). Essa bacia é ainda dividida em 5 unidades de planejamento e gestão, quais sejam: Alto Rio Paraguai, Cuiabá, São Lourenço/Rio Vermelho, Itiquira/Correntes e Pantanal (FEMA,1995).

A área deste projeto está inserida na sub-bacia do Rio São Lourenço a qual possui uma área de drenagem de 22.595,81 km². Uma das atividades mais impactantes nesta sub-bacia é a intensa cultura de soja, milho, arroz e cana-de-açúcar. O plantio, algumas vezes, ocorre nas margens dos rios, nascentes e locais de relevo inclinado, que associado a predominância de solos arenosos e ao manejo inadequado, vêm provocando erosões e conseqüentemente, assoreando os rios.

Águas termais e poços jorrantes são comuns na região. O Aquífero Furnas é considerado um dos mais importantes, devido a sua localização estratégica, ao grande volume e a qualidade de suas águas.

Segundo estudos realizados por Cutrim e Rebouças (2006), estima-se que exista em torno de 1500 poços explotando esse aquífero, com vazões de bombeamento que variam de 15 a 250m³/h e capacidade específica de 0,3 a 28 m³/h/m. Desse número, cerca de 120 poços são jorrantes, com vazões que variam 5 a 360 m³/h.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Geologia Regional

A província do Paraná localiza-se na porção Sul do Estado e corresponde a Bacia Sedimentar do Paraná. A área de estudo deste projeto está inserida nessa bacia, a qual geologicamente é de relativa simplicidade por se tratar de uma bacia sedimentar bastante estudada com litologias muito bem descritas na bibliografia, logo abaixo citadas, o que facilita em muito sua identificação em campo.

Quanto ao posicionamento geotectônico e seqüências tectono-sedimentares conhecidas, a Bacia do Paraná é considerada uma típica bacia intracratônica, caracterizando-a basicamente como uma depressão topográfica, que foi alvo de incursões marinhas e que recebeu sedimentos provindos das áreas mais elevadas (CPRM, 2004). Essa bacia sedimentar ocupa a porção sudeste do Estado de Mato Grosso, limitando-se a nordeste com a Depressão do Araguaia; a norte, noroeste e oeste com as Depressões do Cinturão Orogênico Paraguai-Araguaia (Figura 2).

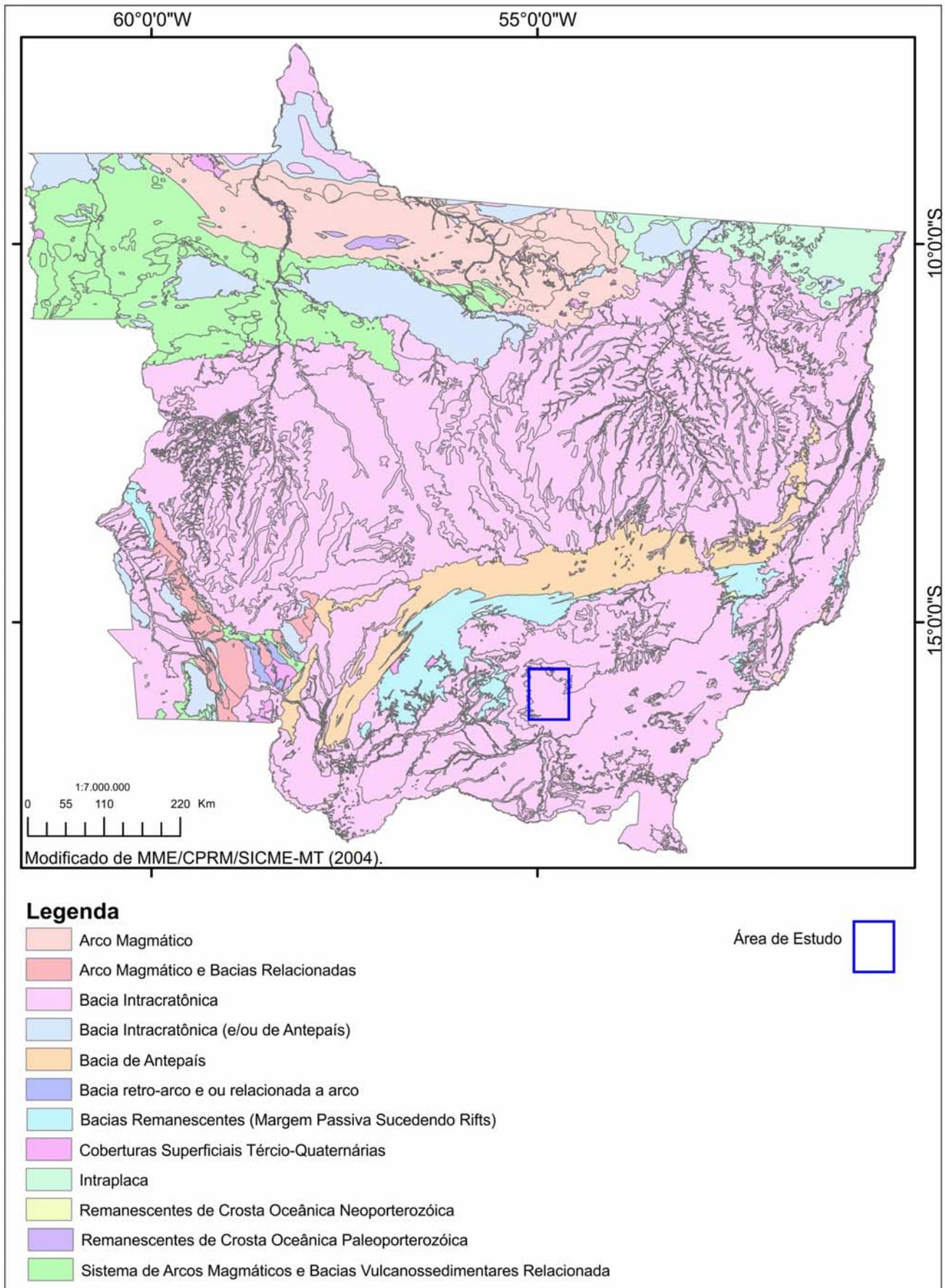


Figura 2. Domínios Tectono-Estratigráficos do Estado de Mato Grosso.

A Bacia do Paraná possui forma elíptica de eixo maior na direção NE-SW sendo preenchida por pacotes de rochas sedimentares e vulcânicas com idades que variam entre o Siluriano e o Cretáceo Superior (SCHOBENHAUS, 1984).

Segundo Milani (1997), a Bacia do Paraná constitui uma grande área de sedimentação paleozóica-mesozóica situada na região centro-oriental da América do Sul. Esta bacia teria se implantado no início do período Ordoviciano sobre crosta continental estabilizada por processos ligados ao Ciclo Orogênico Brasileiro / Pan-Africano. Os registros estratigráficos existentes podem ser divididos em seis grandes seqüências quais sejam: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru, limitadas por expressivas discordâncias interregionais que representam o seu preenchimento sedimentar-magmático e documentam quase 400 milhões de anos da história geológica.

Nivelada entre as cotas altimétricas de 300 e 800 metros, esta unidade é formada por uma variedade muito grande de litologias, desde o Paleozóico até o Cenozóico. O embasamento cristalino é constituído por rochas pré-Cambrianas do Grupo Cuiabá (quartzitos, metagrauvas, metarcóseos, filitos e metaconglomerados). Sobre este substrato depositaram-se sedimentos devonianos das Formações Furnas e Ponta Grossa (arenitos, siltitos e folhelhos), ambas pertencentes ao Grupo Paraná. Sobrepondo-se a estas formações, ocorrem sedimentos permocarboníferos da Formação Aquidauana (arenitos, siltitos, folhelhos, diamictitos, arcóseos, calcários silicificados e conglomerados, de coloração avermelhada). Sobre os depósitos permocarboníferos desenvolve-se uma seqüência sedimentar, representada pelas formações mesozóicas, destacando-se as rochas areníticas da Formação Botucatu e as diversas formações do Grupo Bauru, além das vulcânicas básicas da Formação Serra Geral. Capeando esta Formação, tem-se uma extensa cobertura detrítico laterítica, de idade Terciária-Quaternária (CPRM, 2004).

4.1.1 Grupo Paraná

A área deste trabalho está inserida no Grupo Paraná, onde predominam aquíferos granulares, composto na região de estudo, por rochas da Formação Ponta Grossa e Formação Furnas (CPRM, 2004).

4.1.1.1 Formação Furnas

A Formação Furnas é a unidade basal da Bacia do Paraná na área de estudo, conforme apontam os autores Barros *et al.* (1982), que descrevem a formação como constituída principalmente por sedimentos essencialmente arenosos, esbranquiçados, avermelhados, com camadas expressivas contendo notáveis estratificações cruzadas acanaladas, constituídas por arenitos grosseiros, médios e finos, níveis de arenitos e lentes conglomeráticas, feldspáticos, argilosos, micáceos, ortoquartzíticos com seixos esparsos de quartzo leitoso; conglomerado basal oligomítico, ocorrências petromíticas restritas, matriz arenosa grossa, feldspática e argilosa, com intercalações para o topo da seqüência de siltitos e argilitos vermelhos e micáceos. Os níveis e lentes conglomeráticas são conspícuos a sua porção basal.

Segundo Vieira (1965), a base da Formação Furnas, com uma espessura variando entre 5 e 15 m, é constituída por conglomerados, arenitos médios, grossos a muito grossos e arenitos conglomeráticos. Os arenitos apresentam cor branca e rósea. Na porção média e superior a formação é composta por um pacote com espessura entre 150 e 200 m de arenitos médios, finos e muito finos, ocasionalmente intercalados com lentes sílticas e/ou argilosas. Logo acima da parte basal ocorre uma camada com espessura entre 10 e 20 m, de arenito de granulação média e nas proximidades do topo grada para arenitos finos a muito finos, com cores branca, rósea e vermelho-escuro. Em direção ao topo aumenta a ocorrência de intercalações com finas camadas sílticas e argilosas, comumente micáceas.

Esta unidade, de acordo com Santos *et al.* (1997), é composta por um espesso pacote de arenitos médios a grossos, sendo que em direção ao topo predominam psamo-pelíticos constituindo bancos de areia fina micácea intercalados por lâminas decimétricas de argilas e siltes. Os arenitos quartzosos são mais abundantes e apresentam variações feldspáticas, com impregnações de óxido de ferro, grau médio de seleção, grãos esféricos e coloração variando de cinza esbranquiçada a rósea.

Segundo Rosa Filho *et al.* (1998), a Formação Furnas, de idade devoniana (420 Ma.), é considerada como unidade basal da Bacia Sedimentar do Paraná, assentando-se no embasamento cristalino. É constituída por arenitos, predominantemente de granulação grossa, pobremente classificada e com matriz caulínica.

Nos municípios de Jaciara, Poxoréo e Rondonópolis, foram estimadas espessuras para essa formação variando de 450 a 700 m, segundo dados da sondagem elétrica vertical – SEV, realizada por Cutrim e Rebouças (2005a).

4.1.1.2 Formação Ponta Grossa

Esta formação, de idade devoniana, é constituída por folhelhos e siltitos de cores cinza e cinza-esverdeada na parte basal e arenitos finos a muito finos, micáceos, feldspáticos, finamente estratificados de cor branca, marrom ou esverdeados na porção do topo (VIEIRA; 1965).

O ambiente de deposição é considerado marinho de águas rasas, em função dos tipos de fósseis, das estratificações cruzadas planas e acanaladas e dos níveis subordinados de siltitos e arenitos finos com raras marcas onduladas.

Nas regiões centro-sul, sudeste, leste e parte do sul do Estado de Mato Grosso, esta unidade se encontra sobreposta à Formação Furnas por contato gradacional e concordante, e em alguns locais o contato é por falha normal (ASSINE 1996).

A sua espessura máxima encontrada foi em torno de 600 m no município de Poxoréo através de poço tubular e de SEV (CUTRIM; FACCHIN, 2004).

4.1.2 Formação Aquidauana

Ocorre desde o município de Dom Aquino, seguindo em direção a Poxoréo, Rondonópolis e ao rio Correntes (MIGLIORINI *et al*, 2006).

De acordo com Schneider *et al.* (1974), esta formação é constituída por três níveis: o inferior composto por arenitos de cor vermelha a rósea, granulação média a grossa, com estratificação cruzada acanalada e com intercalações de diamictitos, arenitos esbranquiçados e conglomerado basal; o médio formado por arenitos finos a muito finos de cor vermelha a rósea, com estratificação plano-paralela e intercalações de siltitos, folhelhos, arenitos arcoseanos e diamictitos de cor cinza-esverdeado; e o superior constituído por arenitos vermelhos com estratificação cruzada e siltitos vermelho-tijolo e conglomeráticos. Esta unidade está sobreposta à Formação Ponta Grossa e o seu contato inferior é por discordância angular. A sua espessura máxima registrada é de 800 metros. O seu ambiente de deposição é continental, formado por depósitos fluviais e lacustres, e a sua idade é considerada carbonífera superior.

4.1.3 Formação Palermo

Descrita pela primeira vez por White (1908) através do relatório encomendado pelo governo brasileiro, para estudo das fontes de carvão mineral da região de Lauro Müller – SC.

No Mato Grosso, a Formação Palermo é caracterizada por siltitos e arenitos finos a muito finos com cores amareladas e acinzentadas. Estas rochas se apresentam em formas tabulares ou lenticulares (CPRM, 2004).

4.1.4 Formação Botucatu

Barros *et al*, (1982) relatam que o arenito Botucatu é oriundo de deposição eólica em ambiente desértico, apresentando em alguns locais características fluvio-lacustres. Está assentado discordantemente sobre a Formação Aquidauana. Ocorre, em parte, recoberta pelos basaltos da Formação Serra Geral. Tem idade Jurocretácea. Constituído por uma seqüência de arenitos eólicos, o arenito Botucatu, apresenta estratificação cruzada de grande porte. Os arenitos são grosseiros, médios e finos, avermelhados a róseos com conglomerado basal oligomítico. Vieira (1965) descreve que a base da Formação Furnas, às vezes laminados e com lentes conglomeráticas. As rochas da Fm. Botucatu formam uma região plana, coberta por solo arenoso fino. Ainda não foi possível estimar a espessura desta unidade, porém na região de Alto Taquari, a Petrobrás perfurou no poço 2-TQ-1-MT, de 436 m nesta unidade. (VIEIRA, 1985 *apud* PRODEAGRO). A Formação Botucatu ocupa no estado uma área de 26.400 km², nos municípios de Chapada dos Guimarães e Alto Taquari (MIGLIORINI *et al*, 2006).

4.1.5 Formação Serra Geral / Intrusivas Básicas

A Formação Serra Geral foi primeiramente descrita por White (1908) compreendendo um pacote de rochas vulcânicas compostas por derrames basálticos. Diques e sills são também observados (CPRM, 2004).

4.1.6 Grupo Bauru

As rochas do Grupo Bauru apresentam uma diversidade entre conglomerados e arenitos, com níveis carbonáticos.

Os conglomerados estão em espessas camadas constituídas por seixos arredondados de quartzito e basalto alterado, imersos em uma matriz areno-argilosa

vermelha. Os arenitos apresentam coloração rósea, granulação média. Frequentemente apresentam níveis ou lentes conglomeráticas. Ocorrem ainda níveis de intensa silicificação e outros níveis calcíferos (MIGLIORINI *et al*, 2006).

4.1.7 Formação Cachoeirinha

Esta unidade é constituída de sedimentos inconsolidados, areno-argilosos, com tons vermelhos gerados pela laterização. Algumas vezes apresentam níveis de conglomerado além de argilito cinza-esverdeado. Estes sedimentos estão depositados em discordância a todas as formações subjacentes. A espessura é de 20 a 30 metros podendo chegar a 70 metros (PENA E FIGUEIREDO, 1972 *apud* CPRM, 2004). Essa formação forma um espesso latossolo muito utilizado como área de lavoura.

4.1.8 Formação Pantanal

Almeida (1964) definiu esta unidade como leques aluviais e lateritas ferruginosas com algum cascalho.

CPRM (2004) distingue três fácies para esta formação. O fácies de depósitos coluvionares, terraços aluvionares e depósitos aluvionares. Esta última ocorrendo do retrabalhamento de depósitos Fanerozóicos da Bacia do Paraná.

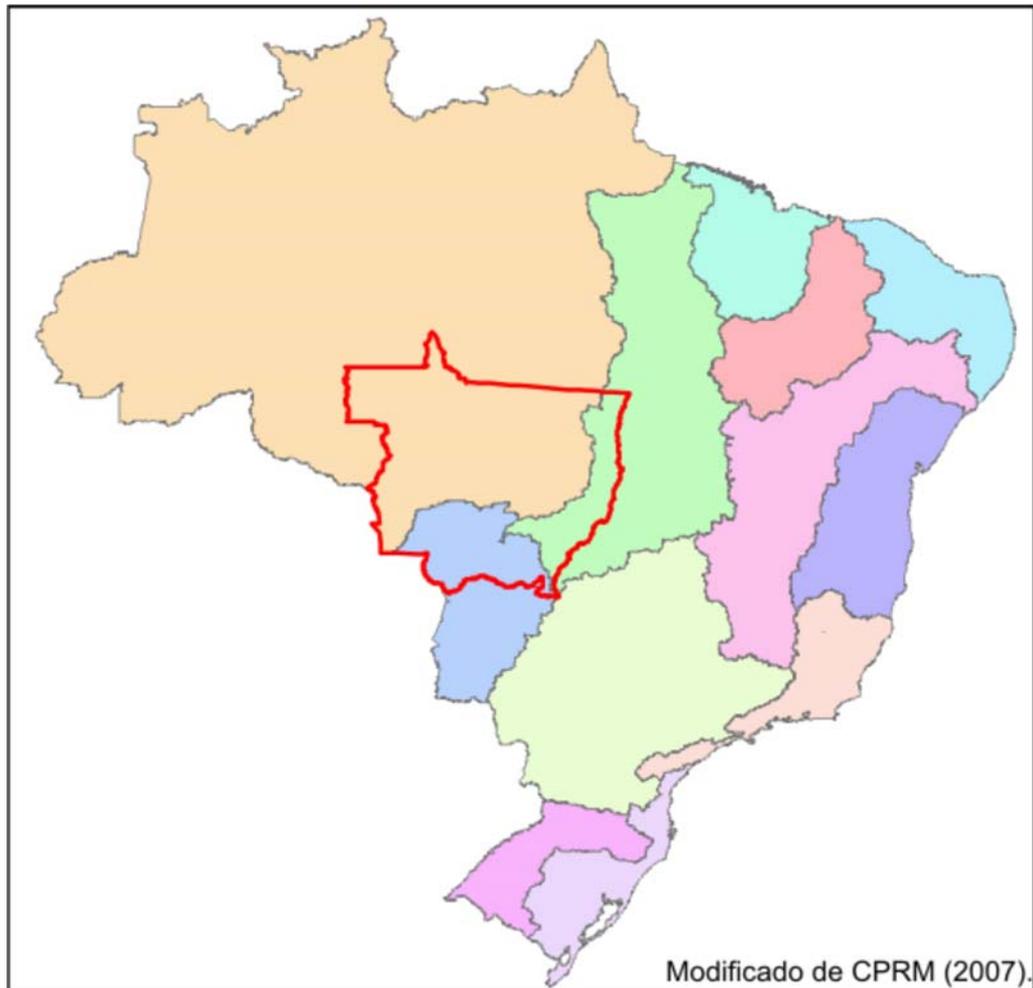
Este fácies ocorre na área de estudo e é descrito por CPRM (2004), como terraços argilo-arenosos e de cascalho, parcialmente lateritizados.

4.2 Hidrogeologia

No Estado de Mato Grosso ocorrem porções de três províncias hidrogeológicas do Brasil, as quais representam o grupamento de regiões homogêneas do ponto de vista do comportamento da distribuição das águas subterrâneas em função de critérios como clima, relevo, solo, geologia e cobertura vegetal. São elas a Província do Escudo Central, Centro Oeste e Paraná, (BOSCARDIN BORGHETTI *et al* 2004).

A CPRM (2007), em complementação ao trabalho anteriormente citado, produziu uma base de dados em formato SIG na escala de 1:2.500.000 com a delimitação das regiões hidrográficas brasileiras (Figura 3). O mesmo trabalho sugere os domínios hidrogeológicos de todo o Brasil. Este trabalho foi aqui reduzido ao Estado de Mato Grosso e a região de estudo (Figurass 4 e 5). Neste mesmo trabalho, a CPRM descreve a

potencialidade dos sistemas aquíferos brasileiros classificando como alta a potencialidade do Aquífero Furnas.



Regiões Hidrográficas

- Amazônica
- Atlântico Sudeste
- Atlântico Leste
- Atlântico Nordeste Ocidental
- Atlântico Nordeste Oriental
- Atlântico Sul
- Paraguai
- Paraná
- Parnaíba
- São Francisco
- Tocantins
- Uruguai

Figura 3. Delimitação das Regiões Hidrográficas Brasileiras

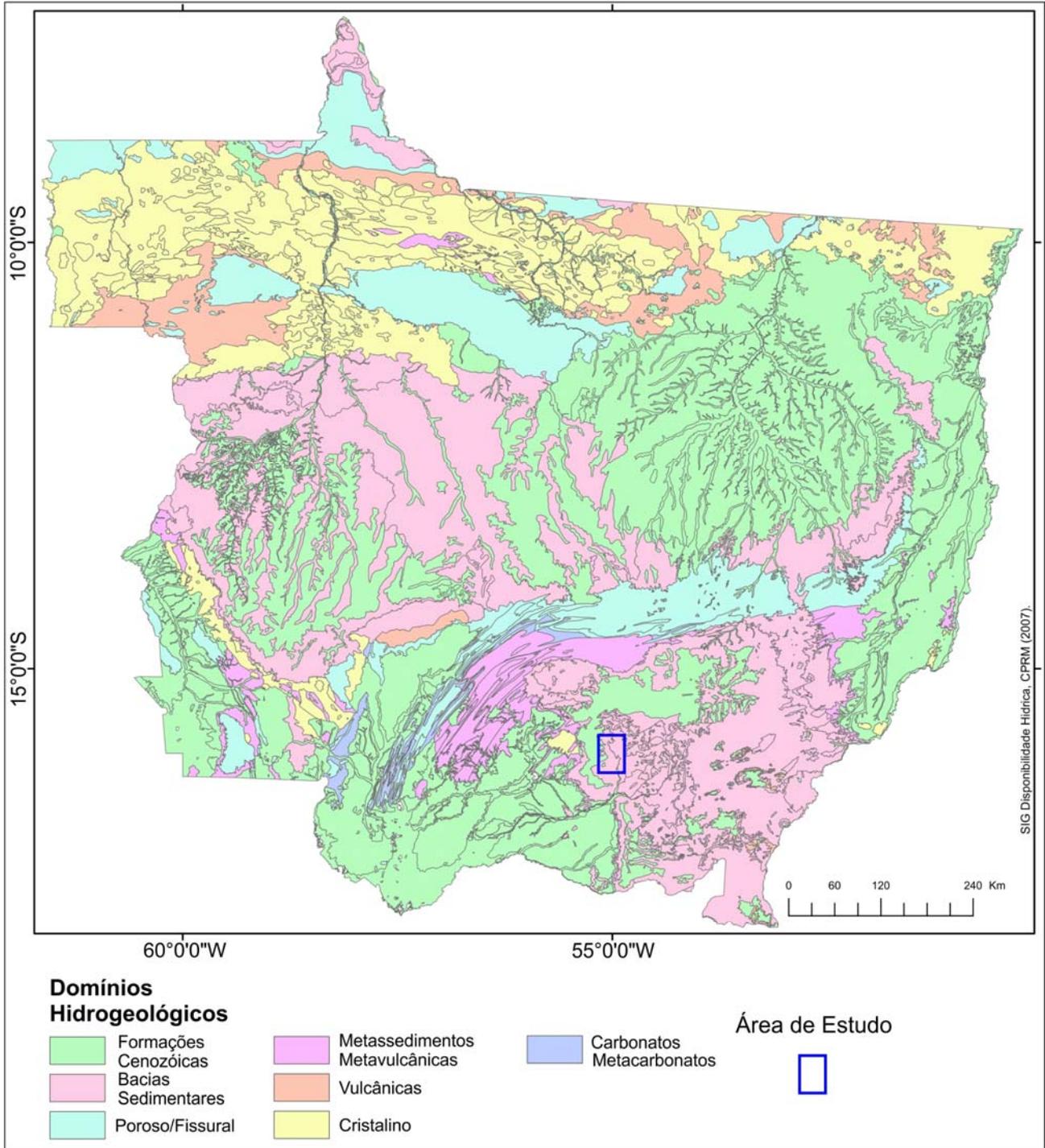


Figura 4. Domínios Hidrogeológicos do Estado de Mato Grosso.

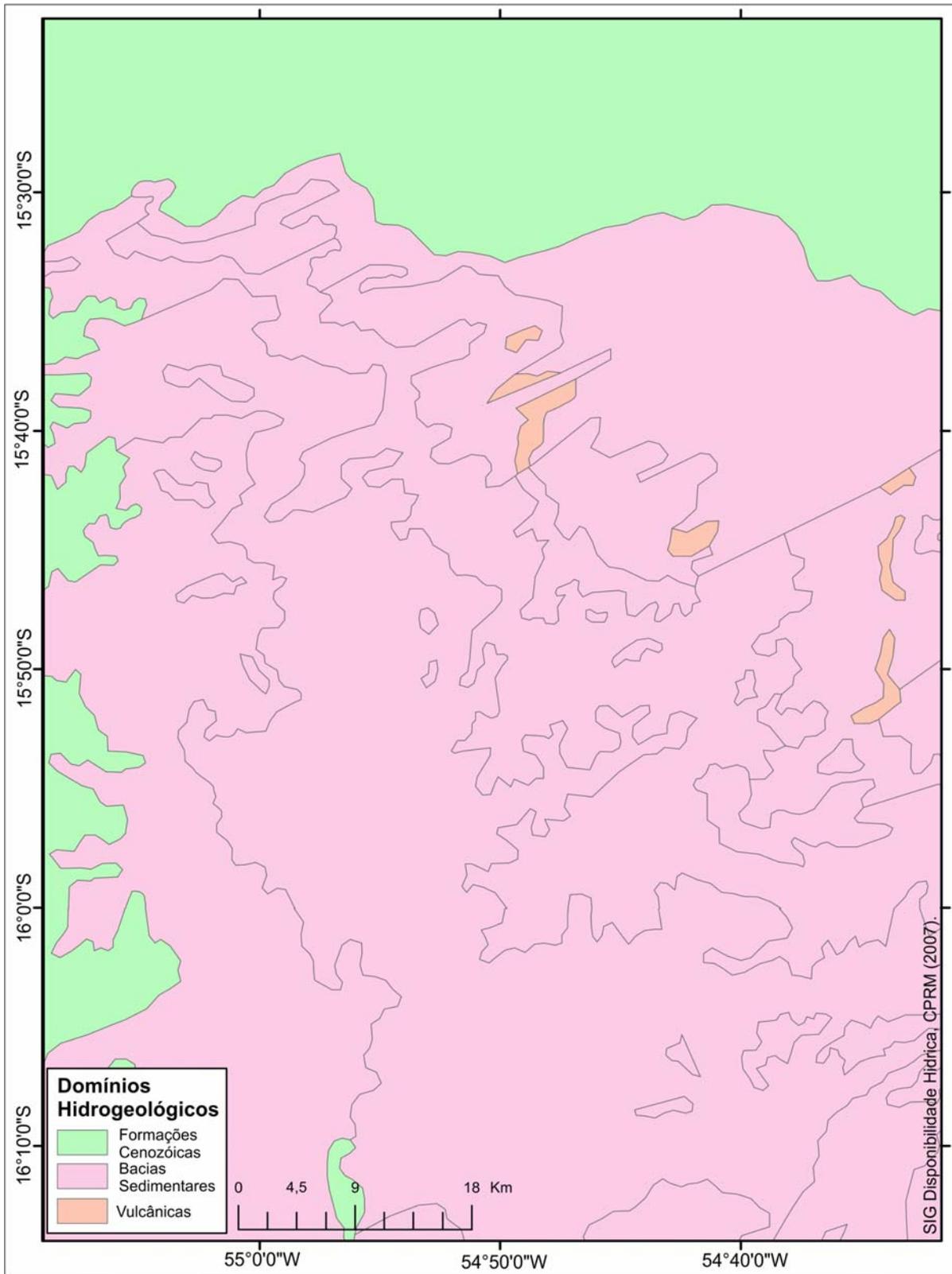


Figura 5. Domínios Hidrogeológicos na Área de Estudo.

Rosa Filho *et al.*(1998), descrevem o Aquífero Furnas com natureza porosa, variando de livre a confinado, a depender da ocorrência de estratos sobrepostos.

Entretanto, em que pese a sua natureza porosa primitiva, muito comumente encontra-se bastante consolidado de forma a reduzir a sua disponibilidade hídrica, em geral melhorada pela presença de estruturas rúpteis, secundárias. Tem área de recarga estimada em 24.894 km², distribuída nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Paraná e São Paulo, com espessura média de 200 m. A sua disponibilidade hídrica (reserva explotável) é estimada em 28,6 m³/s.

Casarin (2003) descreveu o Aquífero Furnas em Mato Grosso como um sistema de comportamento confinado e uma província de águas quentes onde se encontram poços jorantes com vazões de até 150 m³/h e temperaturas acima de 51°C.

Cutrim e Rebouças (2005b) escreveram que a reserva explotável do Aquífero Furnas em Mato Grosso, pode ser considerada igual a sua potencialidade uma vez que não existem estudos que indiquem qualquer consequência em termos hidrológicos, econômicos, de qualidade da água, de legalidade ou geotécnicos.

Estudos realizados no estado do Mato Grosso por Cutrim e Rebouças (2006), consideraram que o Aquífero Furnas neste Estado ocupa uma área de 55.200 km², com uma porosidade efetiva de 13%, coeficiente de armazenamento de 0,00134, espessura saturada média de 200m e nível de água acima da camada confinante de 22 m. Estima-se que sua reserva permanente gire em torno de 1,44x10¹² m³ e assumindo uma reserva reguladora de 0,1% da reserva permanente, têm-se um volume de 1,44x10⁹ m³/ano.

Cutrim e Rebouças (2006), descrevem a ocorrência do Aquífero Furnas como de modo confinado, confinado drenante e livre, sendo que o seu confinamento é feito, na maior parte pela Formação Ponta Grossa. Esses autores descrevem ainda que nas áreas onde o aquífero é confinado ele não recebe recarga de água pluviométrica direta da infiltração, pois o principal meio confinador, a Formação Ponta Grossa é um aquioclude. Então, nessas áreas, a vulnerabilidade à contaminação do aquífero é desprezível, podendo ocorrer contaminação somente através de poços tubulares construídos fora das normas técnicas, pois este é o único meio de contato do aquífero com a superfície, onde os diversos tipos de uso e ocupação do meio físico acontecem. Nos locais onde o aquífero é confinado drenante ele recebe recarga através da infiltração pluviométrica, porém o seu volume depende, dentre outros fatores, da condutividade hidráulica do meio drenante. As áreas onde o aquífero ocorre de forma livre são as áreas de recarga principal, onde a água atinge o aquífero através da infiltração direta, tanto de água pluviométrica quanto de corpos hídricos superficiais nelas localizados. Estas áreas são de maior vulnerabilidade à

contaminação do aquífero, visto que os contaminantes são transportados para o aquífero através da água que infiltra. Na Região de Rondonópolis, esse aquífero possui um coeficiente de armazenamento médio de $1,34 \times 10^{-3}$, uma condutividade hidráulica média de $0,81 \times 10^{-5}$ m/s, transmissividade média de $1,22 \times 10^{-3}$ m/s, porosidade efetiva média de 13% e porosidade de retenção média 7,5%. Esses valores corroboram as vazões de até 250 m³/h e capacidade específica de até 28 m³/h/m.

Cutrim (inédito) cita que o Aquífero Furnas é o principal reservatório de água subterrânea da região da Bacia do São Lourenço, com poços produzindo vazões que variam de 15 a 250 m³/h, com capacidade específica oscilando de 03 a 28 m³/h/m. No aquífero transição Furnas / Ponta Grossa os poços produzem vazões entre 3 e 14 m³/h, com capacidade específica entre 0,1 e 0,29 m³/h/m. Ainda segundo esses autores, o aquífero Ponta Grossa não pode ser explorado para fins de produção de água, pois os poços nesse meio produzem vazões de 2 a 2,5 m³/h, com capacidade específica de 0,05 a 0,07 m³/h/m.

Migliorini *et al*, (2006), cita o Aquífero Furnas com uma espessura média de 337 metros, no entanto citam que poços perfurados em Rondonópolis registram espessuras de 420 metros ainda sem atingir a base da Formação Furnas. Citado como um dos principais aquíferos do estado de Mato Grosso possui excelentes condições de armazenamento e circulação de águas subterrâneas, apresentando porosidade primária e secundária. O Aquífero Furnas é relatado como confinado, sendo a Formação Ponta Grossa o aquífero, e de extensão regional, contudo apresenta, no sul do estado, entre Rondonópolis e Itiquira, áreas de afloramento e de recarga direta, sendo considerado, nesta região, um aquífero livre. Os poços perfurados nesta formação apresentam vazões médias a altas, atingindo 150 m³/h com rebaixamento de 30 metros.

4.2.1 Porosidade e Permeabilidade

Quanto às características de porosidade e permeabilidade, Chillingar (1963) mostrou que existe, para os arenitos de diversas categorias de tamanho de grãos, uma tendência bem definida de aumento da permeabilidade com o aumento da porosidade. No entanto, estudos realizados por Atwater (1966) indicam que a porosidade dos arenitos decresce sistematicamente com a profundidade a uma taxa de 1,3% para cada 300 metros. Ao tratar da porosidade e permeabilidade de materiais naturais, Davis (1969) sugere que a presença de estratificações de pequena escala em arenitos permite supor

que a permeabilidade de amostras muito grandes é uniformemente anisotrópica. Isto porque a variação vertical de permeabilidade em grandes massas de arenito seria pequena, mesmo em zonas de permeabilidade horizontal elevada.

As variações de permeabilidade refletem variações nas condições de deposições reinantes durante o processo de deposição (FREEZE & CHERRY, 1979), como por exemplo, aquelas observadas na deposição do arenito Furnas.

Feitosa *et al* (1997) descrevem que em nível global os arenitos formam aquíferos regionais que armazenam grandes quantidades de água potável. As formações areníticas de maior expressão hidrogeológica possuem origens diversas, incluindo ambientes fluviais, eólicos, deltaicos e marinhos. Os arenitos normalmente apresentam porosidades mais baixas do que as areias pouco consolidadas, devido a baixa compactação e cimentação de parte dos vazios existentes entre os grãos. Em casos extremos, as porosidades chegam a ser inferiores a 1% e a condutividade hidráulica da mesma ordem daquelas que se observam em siltitos e folhelhos não fraturados (10^{-10} m/s). Quartzo, calcita e minerais de argila, são os materiais mais encontrados cimentando os grãos de arenitos. Esses minerais formam-se como resultado de precipitação ou alteração mineral através da areia. A compactação é importante a grandes profundidades, onde reinam altas pressões e temperaturas.

4.3 Importância da Água Subterrânea

Leal (1999) relata que praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades. Em países como a Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Holanda, Hungria, Itália, Marrocos, Rússia e Suíça são atendidos de 70 a 90% da demanda para o abastecimento público com água subterrânea.

Alguns utilizam a água subterrânea no atendimento total como a Dinamarca, Arábia Saudita, Malta ou apenas como suplementação do abastecimento público e de atividades como irrigação, produção de energia, turismo, indústria, entre outras. (ABAS, 2009).

Na África do Norte, China, Índia, Estados Unidos e Arábia Saudita, cerca de 160 bilhões de m³ de água são retiradas por ano e não se renovam. Essa água daria para produzir comida suficiente para 480 milhões de pessoas por ano (ABAS, 2009).

Costa (2000) define reserva permanente como a correspondente ao volume de água do aquífero que não sofre variação com a sazonalidade, reserva reguladora como

aquele volume de água do aquífero no ano hidrológico e reserva explotável como a quantidade de água que pode ser captada do aquífero em condições técnicas viáveis.

Rebouças *et al.*, (2002) relatam que a UNESCO estimava, em 1992, que mais de 50% da população mundial poderia estar sendo abastecida pelo manancial subterrâneo. Regiões áridas e semi-áridas (Nordeste do Brasil e a Austrália), e certas ilhas, têm a água subterrânea como o único recurso hídrico disponível para uso humano. Até regiões desérticas, como a Líbia, têm a demanda de água em cidades e na irrigação atendida por poços tubulares perfurados em pleno deserto do Saara. Neste mesmo trabalho, estima-se em 300 milhões o número de poços perfurados no mundo nas três últimas décadas, 100 milhões dos quais nos Estados Unidos, onde são perfurados cerca de 400 mil poços por ano, com uma extração de mais de 120 bilhões de m³/ano, atendendo mais de 70% do abastecimento público e das indústrias. Na Austrália, 60% do país depende totalmente do manancial subterrâneo e em mais de 20% o seu uso é preponderante. A cidade do México atende cerca de 80% da demanda dos quase 20 milhões de habitantes.

A ANA (2003) relata que vários núcleos urbanos no Brasil abastecem-se de água subterrânea de forma exclusiva ou complementar, constituindo o recurso mais importante de água doce. Indústrias, propriedades rurais, escolas, hospitais e outros estabelecimentos utilizam, com frequência, água de poços profundos. O maior volume de água ainda é, todavia, destinado ao abastecimento público. Importantes cidades do país dependem integral ou parcialmente da água subterrânea para abastecimento, como, por exemplo: Ribeirão Preto (SP), Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Região Metropolitana de Recife (PE) e Barreiras (BA). No Maranhão, mais de 70% das cidades são abastecidas por águas subterrâneas, em São Paulo e no Piauí esse percentual alcança 80%. As águas subterrâneas termais estimulam o turismo em cidades como Caldas Novas em Goiás, Araxá e Poços de Caldas em Minas Gerais. Além disso, atualmente, a água mineral é amplamente usada pelas populações dos centros urbanos, por sua qualidade mesmo em casos de elevado teor salino, como nas áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos fissurados do semi-árido nordestino, onde as águas subterrâneas constituem, não raro, a única fonte de suprimento permanente.

Segundo o Censo IBGE, 2007, aproximadamente 61% da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se auto-abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos. O número de poços tubulares em operação no Brasil está estimado em cerca de 300.000,

com um número anual de perfurações de aproximadamente 10.000, o que pode ser considerado irrisório diante das necessidades de água potável das populações se comparado com outros países.

A expansão das terras agrícolas vem provocando também o uso intensivo das águas subterrâneas, além do uso habitual das fontes superficiais. Existem diversos exemplos no mundo de esgotamento de aquíferos por sobreexploração para uso em irrigação. Avalia-se que existam no mundo 270 milhões de hectares irrigados com água subterrânea, 13 milhões desses nos Estados Unidos e 31 milhões na Índia (PROASNE, 2004).

Dados levantados pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (SEMA, 2009) mostram que em Mato Grosso, as águas subterrâneas são utilizadas em grande escala e para as mais diversas finalidades. O Estado conta com a ocorrência de vários sistemas aquíferos considerados produtivos cuja distribuição obedece primordialmente às condicionantes geológicas, ou seja, seu arcabouço geológico, onde predominam os aquíferos sedimentares de porosidade intergranular. As regiões mais favoráveis à captação de água subterrânea são aquelas com ocorrência dos estratos aquíferos pertencentes à Bacia dos Parecis, os quais representam também os aquíferos mais representativos em termos de distribuição geográfica no Estado. Este potencial pode ser traduzido tanto em termos de vazões possíveis de serem alcançadas através do bombeamento de poços, capacidade específica alta, bem como grandes reservas permanentes, reguladoras e extraíveis. Ainda segundo dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos, nos municípios que compõe a Bacia do Rio São Lourenço, área de estudo deste trabalho, 90% do abastecimento público é feito através de águas subterrâneas.

Na cidade de Rondonópolis 53% do abastecimento público é suprido através de águas subterrâneas do Aquífero Furnas, assim como 100% da demanda industrial, lazer, hospitais, irrigação de pequenos pomares e 10% das residências através de poços individuais (CUTRIM e REBOUÇAS, inédito a).

4.4 Termalismo

4.4.1 Calor

No planeta Terra, com um raio de 6400 quilômetros, as sondagens mais profundas executadas atingiram apenas 13 quilômetros de profundidade. Evidências de que o

interior do planeta possui temperaturas mais elevadas são as fontes de calor oriundas das atividades vulcânicas, gêiseres, fontes de vapor. Além destes, o movimento das placas tectônicas, que é relativo às correntes convectivas, que estão relacionadas as diferenças de temperatura entre o núcleo, quase sempre sólido e a astenosfera, líquida. As correntes convectivas levam materiais mais quentes para cima, próximo à base da litosfera e se movimenta lateralmente, perdendo calor, fechando o ciclo convectivo trocando de lugar com materiais mais quentes. Quando o material se desloca lateralmente, atrita com a base da litosfera causando o movimento da placas tectônicas, Figura 6 (TOLEDO, 2009).

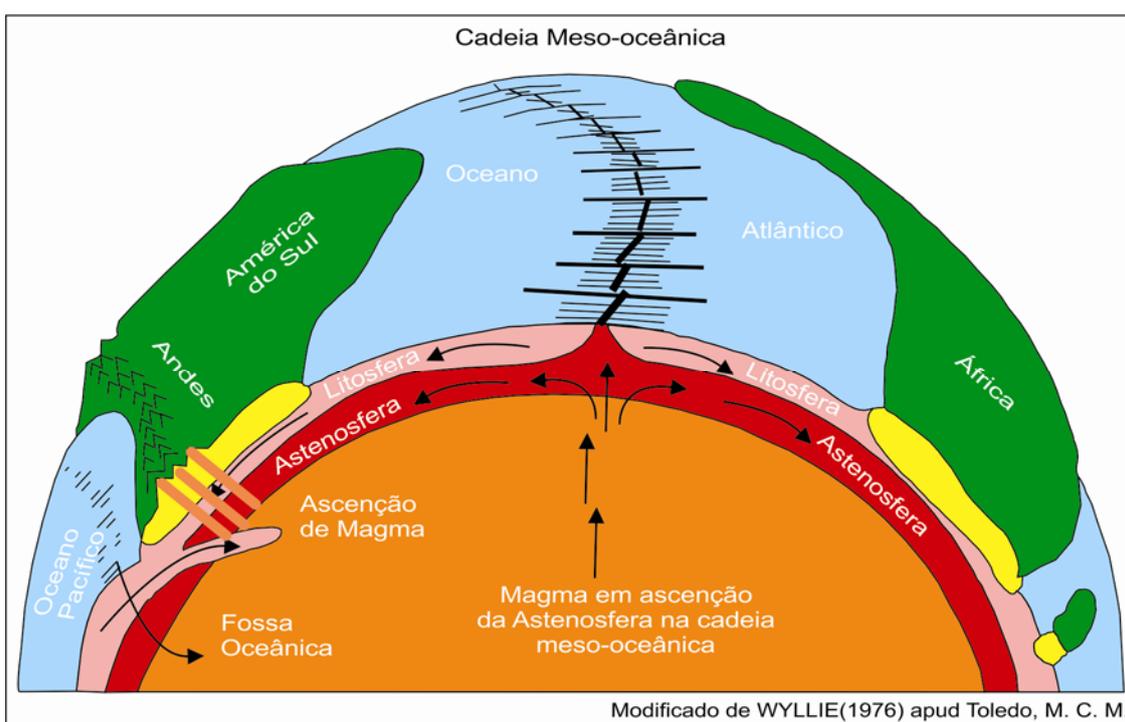


Figura 6. Fluxo Convectivo Oriundo de Profundidade Subcrustal.

O grau de conhecimento geológico atingido até este momento permite considerar que a Terra, quando mais jovem, emanava uma quantidade maior de calor, e vem sofrendo ao longo de sua evolução um resfriamento contínuo. Contudo, em termos de evolução humana, este resfriamento pode ser desconsiderado, pois, as variações são muito pequenas para nosso grau de percepção por espaço de tempo. Assim considera-se que para efeitos do aquecimento da água e outras anomalias registradas na superfície, a temperatura se mantém praticamente constante (DOMENICO *et al* 1997).

Peixoto Filho (2000) cita que alguns autores acreditam que o núcleo terrestre pode chegar a 4.500°C e que porções inferiores da crosta atinjam temperaturas ao redor de

2000°C. As conseqüências deste calor interno, além do aquecimento da água podem ser observadas em diversos fenômenos geológicos como a tectônica de placas, as atividades vulcânicas, entre outros. A provável fonte desta energia estaria na desintegração de substâncias radioativas (^{40}K e radioelementos da série U e Th) que se acumulam na crosta terrestre. Outras situações apontadas são as emanações de calor gerado por esforços mecânicos em decorrências da movimentação de placas tectônicas.

O fluxo de calor nas áreas de escudo foi determinado com um valor médio de $1\text{cal/cm}^2/\text{s}$, e nas cordilheiras meso-oceânicas, na ordem de $8\text{cal/cm}^2/\text{s}$. O fluxo de calor médio da crosta terrestre é considerada em $1,3\text{cal/cm}^2/\text{s}$. As variações são atribuídas a diferenças na condutância do calor através de diversos meios, intrusões magmáticas recentes e influência do fluxo de água subterrânea no regime termal (GOUGEL,1976 *apud* DOMENICO *et al* 1997).

4.4.2 Grau Geotérmico e Gradiente Geotérmico

Ao se aumentar a profundidade na crosta terrestre, tem-se um aumento na temperatura. A este fenômeno denomina-se grau geotérmico. Define-se também como a profundidade necessária para aumentar a temperatura de 1°C , variável pelo menos nos primeiros quilômetros da crosta terrestre. O valor médio na Terra é de 33 m, podendo variar de 20 a 40 m, na maioria dos casos (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983).

A relação que determina o gradiente geotérmico ou térmico provem da variação da temperatura (dT) e da variação da profundidade (dZ). A geofísica, em estudos do calor terrestre tem demonstrado que existem evidências da existência do fluxo de calor e que existem variações no grau geotérmico terrestre. As correntes de convecção, ou seja, o transporte de calor no sentido vertical, entre o manto e a crosta pode ser interpretado como um fator de constante resfriamento pois tende a homogeneizar as temperaturas. Estas diferenças de temperaturas podem ser observadas em atividades vulcânicas, *hot spots*, fontes termais, fontes de vapor, gêiseres, entre outros. Outra variável que influencia o grau geotérmico é a espessura da crosta no ponto de observação. Crostas mais espessas apresentam grau geotérmico mais baixo. Por outro lado, em zonas onde a crosta se apresenta mais delgada, estes valores podem ser muito elevados, sendo também influenciado por atividade tectônica e/ou vulcânica. O gradiente geotérmico regional, de forma geral, está entre 5° e $8^\circ\text{C}/100\text{m}$ (PEIXOTO FILHO, 2000).

Em alguns locais as temperaturas superficiais são tão elevadas que chamam atenção, como por exemplo: em alguns locais das Montanhas do Fogo, em

Lanzarote (Ilhas Canárias/Espanha) onde a poucos centímetros abaixo da superfície alcançam 100°C e a poucos metros superam 200°C. Trata-se de locais de escape de vapores aquecidos em profundidades, num ambiente seco e quente que não chegam a manifestar-se em superfície com intensidade. Os locais de escapes são zonas de topografia pouco elevada, pois as zonas de topografia mais baixa estão impermeabilizadas por depósitos salinos depositados pelo próprio vapor (CUSTODIO 1974b; ARAÑA; ORTIZ e YUGUERO, 1973; ARAÑA e FUSTER, 1973 *apud* PEIXOTO FILHO, 2000).

Freeze e Cherry (1979) consideram que as anomalias de gradientes geotermiais podem estar relacionadas a três possibilidades:

- Como resultado de variações na condutividade térmica entre as formações;
- Como uma reação causada por intrusões ou vulcanismo recentes com produção de calor em profundidade e;
- Devido à redistribuição espacial de calor através do fluxo das águas subterrâneas quentes.

4.4.3 Distribuição de Calor em Conseqüência do Fluxo das Águas Subterrâneas

Em termo de fluxo subterrâneo, além do evidente gradiente hidráulico, outros gradientes devem ser observados.

A eletricidade pode causar fluxo. O mecanismo está relacionado as diferenças entre cargas elétricas presentes na água em minerais de argila do solo (CASAGRANDE, 1952; *apud* FREEZE e CHERRY, 1979). Este efeito é utilizado na mecânica de solo para drenagem do solo (TERGAZI e PECK, 1967; GURR *et al.*; PHILLIP e VRIES, 1957 *apud* FREEZE & CHERRY, 1979).

O gradiente químico pode ser decorrente entre as diferenças de salinidade, por exemplo, que impõe por conseqüência uma diferença de densidade e que finalmente pode causar fluxo. Do ponto de vista de volumes e velocidade este gradiente pode ser pouco significativo, contudo ambientes restritos de estudo, este pode ser um gradiente a se levar em consideração.

Finalmente, o gradiente térmico, que sempre que presente causa fluxo nas águas subterrâneas, mesmo na ausência de qualquer dos anteriores (GURR *et al.*, 1952; PHILLIP; VRIES, 1957 *apud* FREEZE & CHERRY, 1979).

4.4.4 Medidas de Temperaturas

Peixoto Filho (2000) cita a dificuldade em se obter leituras confiáveis de temperatura para que se tenham estimativas concretas do grau geotérmico. É uma tarefa que apresenta desafios tecnológicos e metodológicos. Um dos pontos de debate é até onde o calor da superfície pode influenciar estas leituras?

Em um valor médio, Levering & Goode (1963) assumem que as perturbações decorrentes de variações da temperatura em superfície atingem até 10 m. Ou seja, apenas águas muito rasas na superfície terrestre apresentariam variações sazonais de temperatura. Os autores se apóiam no fato de que entre 10 e 20 m, a temperatura da água será, em geral, entre 1° e 2°C mais alta do que a média da estação.

Peixoto Filho (2000) sugere que para se evitar estas interferências, são assumidas então temperaturas obtidas abaixo destas profundidades. Outros fatores que podem influenciar nesta leitura são decorrentes da perfuração para instalação da sonda, que podem tanto aumentar a temperatura como diminuí-la.

Bredehoeft & Papadopoulos (1965) consideram que a influência de movimentos de fluidos através da rocha altera significativamente a distribuição sub-superficial das temperaturas e isto deve-se ao fato de que o transporte de calor por condução é um processo muito menos eficiente que o realizado por advecção.

Peixoto Filho (2000) relata que as medidas de temperatura podem ser feitas utilizando equipamento simples. Estes equipamentos consistem de um sensor de temperatura, que é um termômetro semicondutor de resistência elétrica ou termistor. Entre os variados tipos de sensores, o termistor é o mais usado pela sua sensibilidade, resistência ao choque e ampla escala na variação de temperatura. Cada termistor é calibrado em laboratório com termômetros de precisão. Posteriormente é montado em um cilindro impermeável encaixado e conectado a um cabo elétrico cujo capeamento envolve uma alma de aço (para evitar a dilatação da graduação devido ao próprio peso), acoplado a uma ponte de Wheatstone com multímetro digital de precisão, para fazer leituras em superfície. Um conjunto de tripé com roldana facilita as manobras de descida e subida da sonda no poço. As leituras das resistências são transformadas em temperaturas através da curva de calibração do termistor. Podem ser detectadas variações de temperaturas da ordem de 0,001°C em ambientes de baixas temperaturas e de 0,01°C em ambientes de

altas temperaturas. Contudo a precisão absoluta não é melhor que $0,05^{\circ}\text{C}$, principalmente devido a calibração e erros de medidas.

4.4.5 Perfis de Temperatura x Profundidade

Um perfil de temperatura x profundidade deveria ser caracterizado por sua linearidade em um meio uniforme refletindo uma condutância térmica uniforme. Contudo, variações litológicas, fluxo de água, perturbações topográficas, estruturais e relativas a construção do poços, entre outros fatores, podem influenciar esta linearidade. O fluxo de calor é constante através de um meio uniforme, e caracterizado pela linearidade do perfil da temperatura versus profundidade.

Contudo existem vários efeitos naturais e artificiais que produzem variações na linearidade do perfil ao longo da profundidade no poço tais como: variação na condutividade térmica da litologia com a profundidade; flutuação na temperatura superficial; movimentos verticais de águas sub-superficiais; perturbações topográficas e estruturais; perturbações da temperatura devido a processos de sondagem; desvios progressivos da verticalidade do poço e vários outros processos (PEIXOTO FILHO, 2000).

4.4.5.1 Condutividade Térmica das Litologias

A condutividade térmica depende diretamente das condições do meio condutor. Variações na composição química ou na estrutura física deste meio impõem variações na condutância. Todavia, diferentes tipos de rochas têm valores de condutividade característicos, variando de baixos valores nos siltes e carvão (próximos a $0,5\text{-}2\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$) para altos valores em quartzitos, gnaisses, dunitos, dolomitos e halita (próximos $5\text{-}8\text{ W/m}^{\circ}\text{C}$) (PEIXOTO FILHO, 2000).

Domenico *et al* (1997) citam a condutividade efetiva em alguns materiais na Tabela 1 e relatam que geralmente, a porosidade do meio é inversamente proporcional a quantidade de poros no meio devido ao fato de que a água tem uma condutividade térmica inferior a condutividade da maioria dos minerais sólidos.

Tabela 1. Condutividade Térmica dos Materiais

Material	Condutividade Elétrica (cal/m s °C)
Quartzo	2
Arenito	0,9
Calcário	0,5
Dolomito	00,4-1
Argila	0,2-0,3
Água	0,11
Ar	0,006

Modificado de DOMENICO *et al* (1997).

4.4.5.2 Influência da Temperatura na Superfície

Segundo Peixoto Filho (2000), a temperatura na superfície terrestre está relacionada ao calor interno da Terra e às variações da temperatura atmosférica causadas por radiação solar que variam fortemente em função das condições locais.

As variações de temperatura observadas até cerca de 40 m de profundidade da superfície são originadas por variações de curto período, diárias e sazonais e são relacionadas às variações de temperaturas atmosféricas. Após esta zona, normalmente há um aumento da temperatura com a profundidade, que passa a ser controlada pelo fluxo de calor interno da Terra.

Levering & Goode (1963), como citado anteriormente, assumem que as perturbações decorrentes de variações da temperatura em superfície atingem até 10 metros de profundidade.

Vitorello *et al.* (1978) detectaram inflexões na linearidade de alguns perfis de temperatura versus profundidade. Estas foram associadas ao aquecimento da superfície devido ao desenvolvimento de escavações de minas ou “pit” e remoções de florestas nos últimos 200 anos.

4.4.5.3 Variações Relativas a Topografia e Estruturas

A taxa de crescimento da temperatura com a profundidade é também influenciada pelo relevo topográfico, tornando-se maior sob os vales que sob topo de montanhas. Nas áreas de altitudes elevadas, os contornos das isotermas superficiais sob vales se

comprimem e sob colinas e montes se expandem. A temperatura numa dada profundidade sob morros geralmente é menor que numa mesma profundidade sob vales (PEIXOTO FILHO, 2000).

4.4.5.4 Gradiente Convectivo por Fluxo Subterrâneo

Vitarello *et al.* (1978) citam que o movimento vertical em decorrência da diferença de temperatura entre fluidos ou entre o fluido e a rocha podem refletir em anomalias aumentando ou diminuindo o gradiente térmico.

4.4.5.5 Perturbações da Temperatura Devido a Processos de Perfuração

Vitarello *et al.* (1978), comprovaram que as perfurações causam interferências na temperatura da rocha e do fluido que as cercam, como resultado do atrito entre a broca, a rocha e fragmentos, realizando medições em intervalos regulares, após a finalização da perfuração.

4.5 Condutividade Térmica

O transporte de calor pode ser feito, em um meio poroso, por condução termal, convecção e radiação. O transporte por condução pode ser descrito por uma lei linear relacionando o fluxo de calor com o gradiente de temperatura. O transporte convectivo está relacionado ao movimento de calor relativo ao movimento da água subterrânea. A radiação, melhor conhecida como radiação térmica eletromagnética, é a radiação emitida em decorrência da temperatura de um corpo (DOMENICO *et al.*, 1997).

4.5.1 Condução

A lei de Fourier descreve a condução de calor de um ponto com elevada temperatura para outro onde a mesma esteja menor.

O fenômeno de transporte de calor por condução de um ponto para outro da camada rochosa, é feito através do aumento de vibração da malha mineralógica ou vibração de seus elétrons em movimento (PEIXOTO FILHO 2000). O mesmo autor cita que a quantidade de fluxo de calor transportado por condução através de uma seção reta unitária, na unidade do tempo, entre dois pontos contíguos, é proporcional à sua condutividade térmica e ao gradiente térmico. Para os casos de formações geológicas

homogêneas onde o gradiente é constante, o fluxo de calor geotérmico (J) pode ser calculado pelo método tradicional, a partir da equação 1.

$$J = K_m * grad T \quad \text{Eq. [1]}$$

Onde:

J - (cal/m² . s) é o fluxo de calor (calor por unidade de área e por unidade de tempo);

K_m - (cal/kg . °C . s) é a condutividade térmica média do intervalo da camada rochosa, e;

$grad T$ (°C/m)- é o gradiente da temperatura.

O fluxo de energia total (Jt) inclui o fluxo de calor condutivo e um “fluxo de calor interno”, transportado por movimento de massa fluida (de VRIES, 1958; LUBIMOVA *et al.*, 1965). Este fluxo de energia total é dado pela equação 2.

$$Jt = -\frac{KdT}{dz} + c\rho Qe(T - T') \text{Eq. [2]}$$

Onde:

T' - é a temperatura (°C) na qual a energia de calor interno foi considerada igual a zero;

dT - é o intervalo de variação da temperatura (°C) num ponto ($T_2 - T_1$);

c - (cal/kg . °C) é o calor específico da massa fluida;

ρ - (kg/m³) é a densidade do fluxo;

K - é a condutividade térmica do complexo fluido-sólido, e;

Qe - (m³/m² . s) é a descarga específica de fluido na direção Z.

4.5.2 Sistemas Geotermiais

Domenico *et al* (1997) relatam que onde houver fluido se movendo, existe um transporte convectivo ocorrendo. A convecção forçada é decorrente de um campo de fluxo causado por forças externas. É o caso quando o movimento da água subterrânea ocorre na ausência dos gradientes de densidade da lei de Darcy. Já na convecção livre, o movimento ocorre exclusivamente quando as diferenças de densidade são relativas a gradientes de temperatura. A convecção livre é, provavelmente, o processo dominante de transporte de calor quando a descarga líquida está na forma de vapor ou água quente.

No contexto de um sistema geotérmico, um conjunto de diversas condições naturais como camadas permeáveis, fraturas, pontos quentes, materiais fluidos em movimento, vapores, etc. devem coexistir. Na natureza existem diversos arranjos

geológicos estruturais capazes de resultar em condições propícias à ocorrência de termalismo. Quando o sistema se formar na ausência de água será denominado geotermal e na presença de água em movimento, será então denominado sistema hidrotermal. A convecção forçada pode ser decorrente de um fluxo vertical onde ocorra a recarga e a descarga sempre neste sentido, através de fraturas ou sistemas de falhas com altas permeabilidades, onde o movimento ficaria sujeito ao gradiente hidráulico e termal. Já a convecção livre é decorrente de grandes profundidades de confinamento onde o aquífero é aprisionado por camadas impermeáveis acima e abaixo, criando células de convecção criando falsas informações em relação a uniformidade do gradiente geotermal (Figura 7), (DONALDSON, 1962 *apud* PEIXOTO FILHO, 2000).

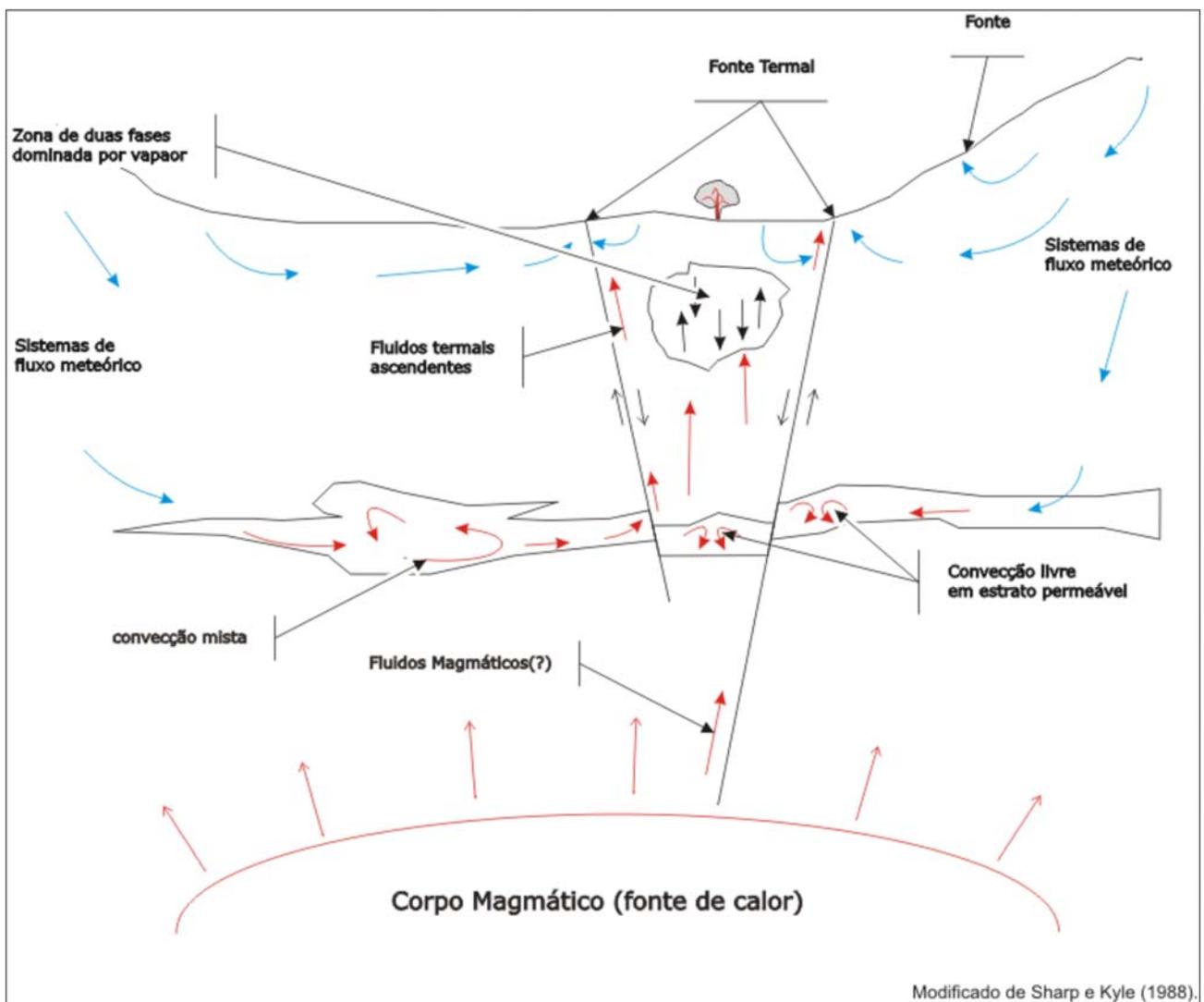


Figura 7. Sistemas Geotermiais

4.6 Hidroquímica

As relações iônicas permitem inferências ou que a confirmação de hipóteses a respeito da rocha agindo como aquífero além poder apontar misturas de águas.

4.6.1 Diagrama de Stiff

Segundo United States Geological Survey - USGS (2009), os diagramas de Stiff (1951) são utilizados na comparação das composições iônicas das amostras de água colhidas em diferentes localidades, profundidades e aquíferos. O diagrama de Stiff é um polígono criado a partir de três eixos horizontais estendidos em ambos os lados a partir de um eixo vertical. Os cátions são plotados no lado esquerdo e os ânions são plotados do lado direito, sempre em meq/L. Quanto maior a distância do eixo vertical maior é a concentração iônica. As concentrações de cátions e ânions são ligadas por linhas para formar um polígono assimétrico conhecido como diagrama de Stiff, onde o tamanho e a forma são indicativos da concentração de sólidos dissolvidos.

4.6.2 Diagrama Triangular de Piper

Segundo Mestrinho (1997), o diagrama de Piper (1944), (Figura 8), pode revelar o tipo de água e também as reações de precipitação ou dissolução, misturas de águas e troca de íons. Quando uma série de dados se apresentarem sobre uma linha reta em direção a um dos vértices dos triângulos de cátions ou ânions, é possível se interpretar uma reação de precipitação ou dissolução, sendo que o componente correspondente ao vértice pode estar sendo adicionado ou removido da solução. Quando ocorrer a mistura de águas, o diagrama de Piper (1944) revela uma linha reta juntando os dois membros finais e a quantidade relativa de cada membro é inversamente proporcional a distância da mistura de um membro final, ou seja, quanto mais perto se apresenta a mistura de um membro final, maior a quantidade deste na mistura.

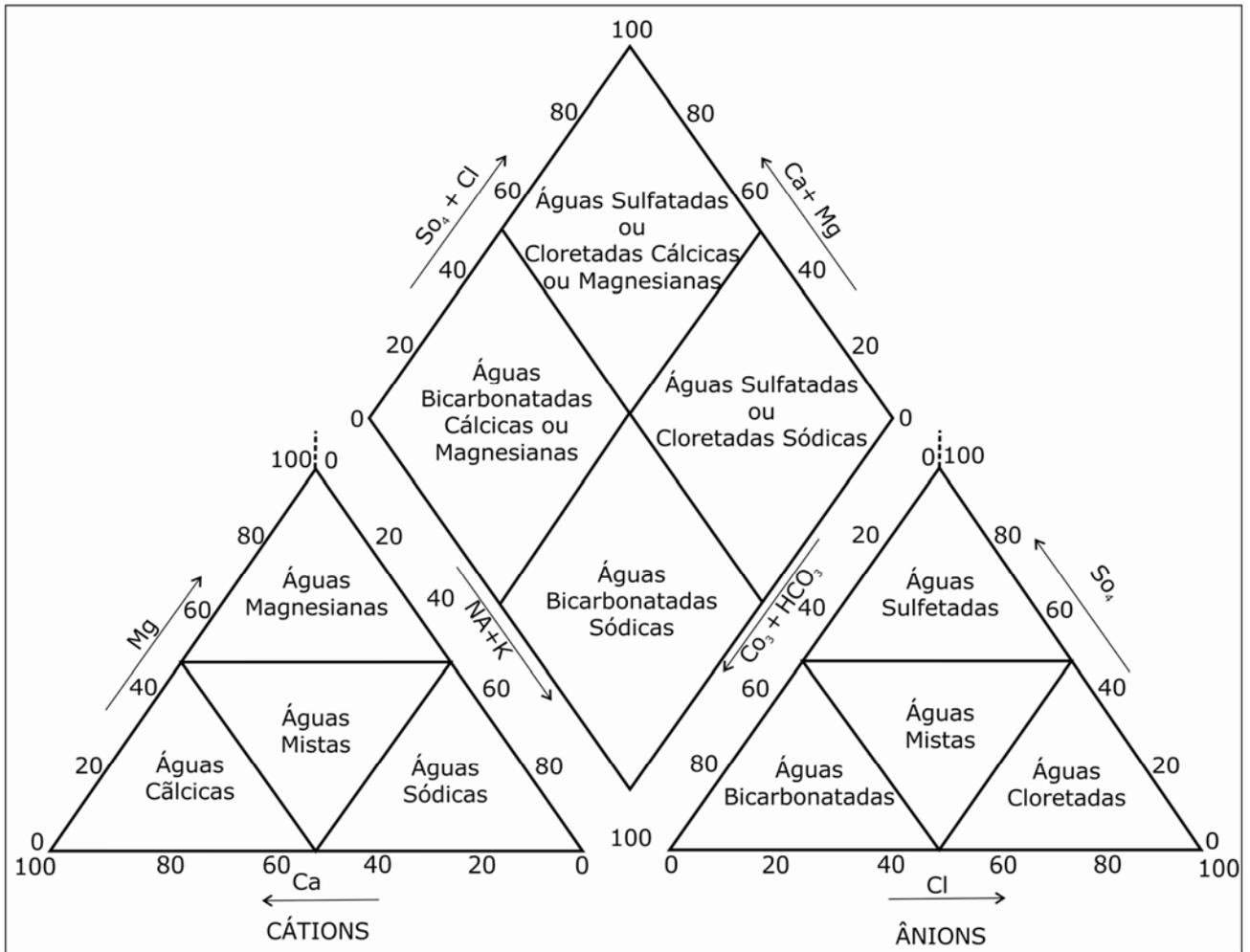


Figura 8. Diagrama Triangular de PIPER (1944), para Classificação de Águas e Interpretação de Misturas.

5. METODOLOGIA

5.1 Levantamento de Dados

A primeira etapa de trabalho envolveu uma extensa busca por trabalhos prévios. Assuntos associados foram referenciados e constam da listagem bibliográfica que segue.

Concomitante a busca bibliográfica ocorreu a busca por bases cartográficas digitais para subsidiar a criação da planta de campo.

Estes levantamentos foram importantes na escolha das áreas a serem envolvidas no projeto e na definição dos acessos aos poços. O critério de escolha dos pontos de amostragem levou em consideração a localização, o acesso, a presença de termalismo e artesianismo além da condição construtiva do poço.

5.2 Cartografia de campo

As informações colhidas na bibliografia e nos dados cartográficos digitais foram associadas confeccionando um mapa base para utilização na etapa de campo. Os dados cartográficos foram tratados com os *softwares* ArcMap, versão 9.3, XToolsPro, versão 6.1 e Global Mapper, versão 10.0. Estes *softwares* foram associados às bases cartográficas digitais da Secretaria de Meio Ambiente de Mato Grosso, SEMA-MT, Secretaria de Indústria, Comércio e Mineração do Estado de Mato Grosso, SICME-MT, Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM, Agência Nacional de Águas, ANA, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, Aster da Agência Espacial dos E. U. da América.

5.3 Etapas de campo

Foi criada uma rota para amostragem visando a logística das amostras no menor intervalo de tempo possível, como pode ser visto na Figura 1, o caminho percorrido a partir do ponto mais extremo da área é representada pelo poço do Balneário Chuveirão, a margem da rodovia BR 163/364. Na seqüência estão os poços do DAE Juscimeira PT1 e PT6, na zona urbana de Juscimeira, depois rumo ao norte na mesma rodovia, toma-se a esquerda na MT 373 em direção aos poços do Thermas Marihá, Distrito de Irenópolis, e Assentamento Geraldo Andrade. Mais

uma vez no rumo norte na BR 163/364 segue-se até o entroncamento desta com a MT 457 já na zona urbana de Jaciara. Esta rodovia é também denominada estrada da Cachoeira da Fumaça e ao longo dela estão os poços da Água Mineral Clarinha do Vale e do Balneário BH Acqua Club. Retornando a BR 163/364 toma-se rumo leste em direção a Dom Aquino através da MT 344. Em Dom Aquino está o poço PT2 do DAE e no Distrito de Entre Rios, o poço que atende aquela comunidade. O acesso até esta localidade se dá por estradas vicinais sem denominação formal na carta base. Seguindo esta mesma estrada vicinal, a partir da localidade de Entre Rios, chega-se ao Assentamento Zumbi onde está localizado o PT2 do assentamento homônimo.

Partindo de Dom Aquino na MT 344 em direção ao município de Campo Verde, já dentro dos limites deste, encontra-se o Assentamento 14/08. A partir deste ponto prossegue-se na MT 344 até a cidade de Campo Verde e depois através da MT 251 até Chapada dos Guimarães e Cuiabá.

Equipamentos utilizados no campo:

- a. Mapa base, gerado na etapa anterior de levantamento de dados;
- b. Caderneta de campo, onde foram relacionadas características e leituras realizadas em campo;
- c. Equipamento de localização por satélite portátil com mapa, Garmin 76CSx;
- d. Câmera fotográfica digital Sony DSC-W120, utilizada na aquisição de imagens comprobatórias das etapas realizadas;
- e. pHmetro digital com precisão decimal, marca Instrutherm, modelo PH-1700, para monitoramento em campo e conferência dos dados em relação aos obtidos no laboratório;
- f. Condutivímetro digital com precisão centesimal marca Instrutherm, modelo CD-8800;
- g. Termômetro digital com precisão decimal marca Incoterm, do tipo espeto;
- h. Medidor de nível de água eletrônico marca HS, modelo HSD-200;
- i. Frascos em polietileno, com volume de 5 litros;
- j. Caixas térmicas e polietileno e isopor;
- k. Gelo.

A rotina de amostragem permitiu colher dados nos pontos amostrados e constava de:

- a. Identificação do local de amostragem em planta e na caderneta de campo;

- b. Georreferenciamento do ponto com GPS;
- c. Leitura do nível estático do poço caso o mesmo se encontrasse desligado e houvesse a informação, pelo responsável, de sua rotina de operação;
- d. Amostragem para leitura de pH, condutividade elétrica e temperaturas;
- e. Preparação dos frascos com anotação nos mesmos dos dados de referência do ponto de amostragem;
- f. Amostragem da água em duplicata, sendo a amostra para análise de metais preservada com HNO₃ e outra amostra *in natura* para íons;
- g. Cada frasco foi devidamente ambientado com a água do poço, lavado por pelo menos três vezes, preenchido ao máximo de seu volume evitando espaços vazios no topo do vasilhame;
- h. Registro fotográfico da amostragem;
- i. Armazenamento da amostra nas caixas térmicas;
- j. Fechamento do ponto de amostragem do poço;
- k. Desligamento do equipamento bombeador, quando necessário;
- l. Todas as amostras foram coletadas na boca do poço.

Foram escolhidos 12 poços tubulares, os critérios foram a sua localização espacial e sua condição construtiva. Esta etapa ocorreu em 14 de outubro de 2009. Sob a orientação do laboratório AGROANALISE, as amostras foram preservadas somente a baixa temperatura, sem qualquer aditivo. A amostragem teve início às 7 horas da manhã e às 16 horas as amostras estavam no laboratório.

5.4 Submissão ao Laboratório

As amostras foram coletadas e enviadas ao laboratório AGROANALISE em 14 de outubro de 2009. Foram utilizados frascos únicos de cinco litros sem qualquer preservação química, mas mantidas em preservação térmica, como solicitado pelo laboratório.

Os parâmetros analisados foram pH, condutividade elétrica, alcalinidade total, alcalinidade de hidróxido, bicarbonatos, cálcio, magnésio, potássio, sódio, ferro, cloretos, sulfatos e nitratos.

As análises foram processadas seguindo metodologia padrão *Standard Methods* 21^a Ed, 2005 e Normas da ABNT.

5.5 Construção da Cartografia Final

No aguardo dos resultados das análises químicas, foi iniciada a construção dos mapas de localização, acessos, geologia e modelagem de relevo para a área do projeto. As informações colhidas, na primeira fase do trabalho, em formato “.shp” foram tratadas com o *software* ArcGis onde foram corrigidas projeções e georreferenciadas as imagens de satélite obtidas através do Google Earth. Para que o imageamento pudesse atender as necessidade em termos de definição visual dos detalhes da região, um mosaico de imagens Google Earth foi criado e editado no *software* Photoshop. Esta imagem foi então convertida para o formato “.tif” e tratada no ArcGis, onde ganhou informações quanto a sua posição em planta, denominado “geotif”.

Os dados de GPS foram tratados primeiramente no *software* GPS TrackMaker Pro, onde ganharam uma convenção de nomes, datum e ícones. Além dos pontos de amostragem, as trilhas registradas no GPS foram tratadas e utilizadas na retificação das vias de acesso aos pontos de amostragem, em relação a base cartográfica original.

Uma vez criada, a base de dados oriunda das etapas de campo foi adicionada as bases originais, onde foram tratadas em conjunto para a conformação das plantas finais.

A modelagem de terreno utilizou inicialmente o modelo gerado pelo SRTM da Agência Espacial Norte Americana. Contudo, a mesma agência, disponibilizou dados mais precisos de seu programa ASTER, que foram então adotados nesta aproximação de visualização do relevo da região do vale do rio São Lourenço.

A partir dos dados ASTER então, criou-se, utilizando-se o *software* Global Mapper, a modelagem em três dimensões do quadrilátero do projeto que segue neste trabalho.

5.6 Tratamento dos Dados Analíticos

Para que os dados oriundos de laboratório pudessem ser validados e adequadamente plotados nos diagramas de Stiff e Piper, o balanceamento das soluções não pode admitir um erro superior a 10%. Para tal fim, utilizou-se uma planilha Excel com finalidade de calcular este balanço. Os dados imputados na planilha foram essencialmente os obtidos em laboratório uma vez que não houve, mesmo nos dados físicos colhidos em campo, diferenças expressivas entre os resultados, com exceção da temperatura, uma vez que as amostras foram resfriadas

no intervalo entre a coleta e a submissão ao laboratório (Apêndice I – planilhas de dados obtidos e balanço iônico).

5.6.1 Temperatura, pH e Condutividade

Os dados de temperatura foram obtidos, em sua totalidade, em campo em decorrência da preservação térmica das amostras pré-submissão ao laboratório. Estes dados, uma vez planilhados, foram tratados com o *software* Surfer para geração de um diagrama de curvas de isotermas para a área de estudo plotado sobre a imagem da superfície para localização das áreas de maiores temperaturas. Da mesma forma, as isolinhas foram sobrepostas ao mapa geológico da área de estudo. O método de cálculo adotado no *software* Surfer foi a Krigagem. Na criação das isolinhas excluiu-se do resultado pontos onde não havia consistência de dados obtidos.

Da mesma forma, pH e condutividade foram tratados no *software* Surfer, com a diferença de que os valores adotados foram sempre os adquiridos em laboratório.

5.6.2 Diagramas de Stiff e Piper

Para a geração dos diagramas poligonal e triangular de Stiff (1951) e Piper (1944), foi utilizado o *software* Qualigraf 2009. O mesmo *software* faz a checagem do balanço iônico das amostras para o lançamento no diagrama de Piper. Foram gerados diagramas conjuntos por posição geográfica, presença de termalismo, artesianismo e com todos os dados obtidos.

5.7 Ilustrações

Para a criação das ilustrações adaptadas de trabalhos oriundos da pesquisa bibliográfica, foram utilizados os *softwares* CorelDraw X4, Corel Designer X4, AutoCad 2010, entre outros, operando em uma estação Dell PowerEdge X300.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste projeto foram visitados e amostrados um total de 18 poços tubulares profundos (Tabela 2), porém apenas 12 foram submetidos ao laboratório para análise. Esta redução no número de amostras se deve ao fato de que a disposição geográfica de alguns poços é redundante.

Para uma melhor compreensão das faixas de temperatura das águas estudadas, adotou-se a convenção segundo Custódio & Llamas, 1983:

Hipotermal < 25°C

Mesotermal >25°C e < 35°C

Termal >35°C e < 45°C

Hipertermal >45°C

Todos os poços tubulares amostrados apresentaram algum grau de artesianismo, sendo alguns deles jorrantes e outros não jorrantes.

Tabela 2 – Poços na região.

Poço	Município	Localidade	Observação
Balneário Chuveirão	Juscimeira	Juscimeira	Termal, artesiano jorrante
DAE Juscimeira PT1	Juscimeira	Juscimeira	Termal artesiano
DAE Juscimeira PT6	Juscimeira	Juscimeira	Termal, artesiano
Assentamento Geraldo Andrade PT1	Juscimeira	Assentamento Geraldo Andrade	Hipertermal, artesiano.
Assentamento Geraldo Andrade PT2	Juscimeira	Assentamento Geraldo Andrade	Hipertermal, artesiano.
Irenópolis	Juscimeira	Distrito de Irenópolis	Hipertermal, artesiano jorrante.
Thermas Marihá	Juscimeira	MT457 com BR364	Termal, artesiano jorrante.
Thermas Cachoeira da Fumaça	Jaciara	Estrada da Cachoeira da Fumaça	Mesotermal artesiano jorrante.
Água Mineral Clarinha do Vale	Jaciara	Estrada da Cachoeira da Fumaça	Mesotermal, artesiano jorrante.
Balneário Paraíso	Jaciara	Estrada da Cachoeira	Mesotermal

BH Acqua Club	Jaciara	da Fumaça Estrada da Cachoeira da Fumaça	artesiano jorrante. Mesotermal, artesiano jorrante
Assentamento Zumbi Poço 1	Dom Aquino	Distrito Entre Rios	Termal artesiano
Assentamento Zumbi Poço 2	Dom Aquino	Distrito Entre Rios	Termal artesiano
DAE Dom Aquino	Dom Aquino	Distrito Entre Rios	Termal artesiano
DAE Dom Aquino – Cinturão Verde	Dom Aquino	Cinturão Verde	Mesotermal artesiano
DAE Dom Aquino PT1	Dom Aquino	Dom Aquino	Termal artesiano
DAE Dom Aquino PT2	Dom Aquino	Dom Aquino	Termal artesiano
Assentamento 14/08	Campo Verde	MT344	Mesotermal, artesiano jorrante.

Os resultados apresentaram erros de balanceamento iônico aceitáveis e seguem em anexo. A Tabela 3 resume os poços que tiveram sua água efetivamente analisada e dados determinados em campo.

Tabela 3 – Poços amostrados e dados de campo cujas análises foram consideradas neste estudo.

Nº poço	Localização	Temp. (°C)	pH	Cond. Elet. (µS/cm a 25°C)	Vazão e Profundidade
1	Balneário Chuveirão	42	4,8	8,85	20 m³/h
2	DAE Juscimeira PT1	41	5	32,8	181 m
3	DAE Juscimeira PT6	36	6,3	ND*	170 m
4	Assentamento Geraldo Andrade PT1	47	6,5	ND*	550 m
5	Irenópolis	51	6,7	ND*	ND*

6	Termas Mariah	39	7,2	102,9	289 m e 50m ³ /h
7	Água Mineral Clarinha do Vale	27	6,8	ND*	ND*
8	BH Acqua Club	30	6	ND*	ND*
9	Assentamento Zumbi Poço 2	36	7,6	ND*	ND*
10	DAE Dom Aquino PT Entre Rios	43	6,25	41,7	480 m e 20m ³ /h
11	DAE Dom Aquino PT2	40	6,5	41,6	463 m e 125 m ³ /h
12	Assentamento 14/08	31	6,3	ND*	ND*

* ND ◊ Não Disponível

Os dados apresentados na Tabela 2 foram determinados em campo, no ato da amostragem (temperatura, pH, condutividade) e de informações dos locais e responsáveis (outros). Alguns destes dados foram utilizados como referência para comparação dos dados de laboratório.

O poço 1, do Balneário Chuveirão (Figura 9) é relatado pelos proprietários como possuindo 150 m de profundidade. Está revestido em tubo de aço de 8" de diâmetro e produz cerca de 20 m³/h em regime artesiano jorrante. Este poço é famoso na região e para aqueles que alguma vez passaram pelo caminho entre Jaciara e Rondonópolis, até algum tempo atrás era facilmente observável da estrada pela coluna de água jorrando no alto da colina logo após Juscimeira, caminhado rumo sul.



Figura 9 Poço do Balneário Chuveirão, município de Juscimeira.

Os poços do DAE Juscimeira representam duas gerações de poços. A primeira o poço PT1, neste trabalho denominado n° 2, é quase tão antigo quanto o primeiro poço amostrado. Foi construído pela antiga SANEMAT na década de 80 e apesar da proximidade do Balenário Chuveirão, não apresenta artesianismo jorrante. Sua profundidade, segundo os responsáveis do DAE Juscimeira é de 181 m (Figuras 10).



Figura 10 Poço PT1 do DAE Juscimeira.

Já o poço PT6, aqui denominado poço n° 3, do DAE Juscimeira, na época da amostragem, havia recentemente sido perfurado e instalado. Não havia precisão nos dados de profundidade do mesmo, sendo relatado 170 m e apenas a residência que cedeu espaço para instalação do poço estava interligada (Figuras 11).



Figura 11 Poço PT6 do DAE Juscimeira.

No assentamento Geraldo de Andrade, onde existem dois poços tubulares profundos, apenas um está provido de unidade de bombeamento. O relato dos locais é de que ambos apresentam termalismo. O poço PT1, o poço amostrado e

denominado poço n°4, com profundidade de 550 m está construído com revestimento metálico (Figura 12).



Figura 12 Poço PT1 do Assentamento Geraldo Andrade, município de Juscimeira.

O poço n° 5, do Distrito de Irenópolis, município de Juscimeira é um dos mais antigos da região, abastece por artesianismo jorrante toda a população do distrito (Figura 13).



Figura 13 Poço do Distrito de Irenópolis, Jucimeira.

O Themas Marihá, instalou a pouco mais de 4 anos (2005) um poço para abastecimento de um complexo turístico. Com 289 m de profundidade, este poço, aqui denominado nº 6, está revestido até 176 m e mantém uma produção ao redor de 50 m³/h (Figura 14).



Figura 14 Poço do hotel Thermas Mariha, Juscimeira.

Já no município de Jaciara, os poços amostrados encontram-se localizados ao longo da rodovia MT 457, estrada da Cachoeira da Fumaça. Ao longo desta rodovia, encontram-se vários empreendimentos turísticos, dentre eles o poço do balneário Recanto da Águas. Neste local são observados dois poços. O primeiro é o poço que abastece a piscina do balneário e algumas propriedades nos arredores. A condição de instalação deste poço é precária do ponto de vista de contenção da pressão do artesianismo jorrante (Figura 15).



Figura 15 Poço do balneário Paraíso da Águas.

No mesmo local, o proprietário perfurou um novo poço, voltado para o envase de água mineral. Por se tratar de uma condição mais controlada de captação, tendo em vista a legislação mineral em vigor e em detrimento da falta de informação do perfil construtivo do poço, optou-se por amostrar este último, denominado Água Mineral Clarinha do Vale, poço n° 7 (Figura 16).



Figura 16 Poço da Água Mineral Clarinha do Vale – Balneário Paraíso das Águas, Jaciara.

Ainda na estrada da Cachoeira da Fumaça em Jaciara encontra-se o poço do balneário BH Acqua Club, n° 8, representa um dos mais recentes em termos de implantação e já apresenta sinais de vazamentos em decorrência do artesianismo jorrante (Figura 17).



Figura 17 Balneário BH Acqua Club, Jaciara.

Já no município de Dom Aquino, mais precisamente no distrito de Entre Rios, estão localizados pelo menos três poços. Todos foram amostrados em diferentes etapas de campo, no entanto apenas dois foram analisados em decorrência da queima de uma unidade de bombeamento no intervalo entre as etapas de campo, neste caso o poço PT1 do Assentamento Zumbi dos Palmares. Segundo relato do responsável pelo DAE Entre Rios, este poço foi perfurado até 502 m. O nível estático observado foi de 104 m (Figura 18).



Figura 18 Poço PT1 do Assentamento Zumbi dos Palmares, distrito de Entre Rios, Dom Aquino.

O poço PT2 do Assentamento Zumbi dos Palmares, aqui denominado PT n° 9, foi relatado pelo responsável do DAE Entre Rios, com profundidade equivalente ao PT1. Esta amostra não havia sido anteriormente coletada, pois a unidade bombeadora não havia sido instalada. Na última etapa de campo a situação se inverteu quando o PT1 teve sua bomba queimada devido a uma descarga atmosférica e o PT2 permaneceu operante e foi então amostrado (Figura 19).



Figura 19 Poço PT2 do Assentamento Zumbi do Palmares, distrito de Ente Rios, Dom Aquino.

O abastecimento da população do distrito de Entre Rios, em Dom Aquino é feito por um poço que teve sua perfuração iniciada em 17/11/1991 e finalizada em 30/11/1992, o poço n°10. No total foram perfurados 480 m. O nível estático é de 16,15 m e o dinâmico com uma produção de 20 m³/h é de 36,5 m (Figura 20).



Figura 20 Poço do DAE Dom Aquino, distrito de Entre Rios

A sede do município de Dom Aquino é totalmente abastecida por poços tubulares. Com este objetivo existem dois poços tubulares principais, ambos termiais. O poço PT1 está localizado em uma porção mais central da cidade, é o mais antigo, 1975, foi perfurado até 364 m apresenta nível estático de 24,9 m e dinâmico de 80 metros com uma vazão de 45 m³/h (Figura 21).



Figura 21 Poço PT1 DAE Dom Aquino, cidade de Dom Aquino.

O poço PT2, poço n° 11, do DAE Dom Aquino (Figura 22), está localizado junto a sede do departamento de água e esgoto (DAE). A água apresentou pH 6,5, condutividade 41,6 μ S/cm a 25°C e temperatura de 40°C. Este poço foi instalado com 463 m. O nível estático foi medido a 37,5 m e o dinâmico a 40,4 m com uma vazão de 125 m³/h.



Figura 22 Poço PT2 DAE Dom Aquino, cidade de Dom Aquino.

O poço n° 12 foi implantado no Assentamento 14 de Agosto (Figura 23), localizado à margem da rodovia MT344 cerca de 10 km da cidade de Campo Verde. Ninguém na localidade conhece qualquer dado construtivo deste poço.



Figura 23 Poço do Assentamento 14 de Agosto, município de Campo Verde.

6.1 Análises químicas e físicas

Os resultados analíticos obtidos estão listados na Tabela 4. Os boletins analíticos estão apresentados no apêndice.

Tabela 4. Propriedades físico-químicas das amostras de água dos poços coletadas em 14/10/2009.

Parâmetro	Unidade	Poços											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PH a 25° C	--	5,1	6	6,7	6,8	6,2	7,2	5,2	5,2	7,9	6,2	6,3	5,6
pH Campo		4,8	5	6,3	6,5	6,7	7,2	6,8	6	7,6	6,3	6,5	6,3
C. E*	µS/cm	9,8	50,8	90,8	82,9	108,9	130	8,1	11	900	54	57	10
A. total	mg/L	0	16	32	38	34	42	0	0	271	16	18	0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos	mg/L CO ₃	0	19,5	32	38	34	51,2	0	0	328	16	18	0
Cálcio	mg/L	0,6	2,2	4,8	3,4	5	4,8	1	1,2	11,1	2,8	1,8	1,4
Magnésio	mg/L	0,2	1	1,8	1,6	2,2	2,2	0,5	0,6	3	1,2	1	0,7
Potássio	mg/L	0,8	3,2	5,5	6,8	7	6,7	0,3	1,1	6	4	4,7	0,6
Sódio	mg/L	0,2	3	5,4	4,3	6	11,3	0,4	0,4	184	1,8	2	0
Ferro	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloreto	mg/L	1,4	0	2,8	4,2	2,8	1,4	2,8	4,2	8,8	1,4	2,8	1,4
Sulfatos	mg/L SO ₄	1,4	1,9	3,8	2,8	5,5	2,8	2,1	1,1	82,9	3,4	1,5	6,1
Nitratos	mg/L NO ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Condutividade Elétrica

6.1.1 pH

Os valores obtidos para potencial de hidrogeniônico estão entre 7,9 e 5,1, com média em 6,2, indicando que estas águas variam entre a neutralidade e a acidez, o que é comum em águas subterrâneas (Figura 24).

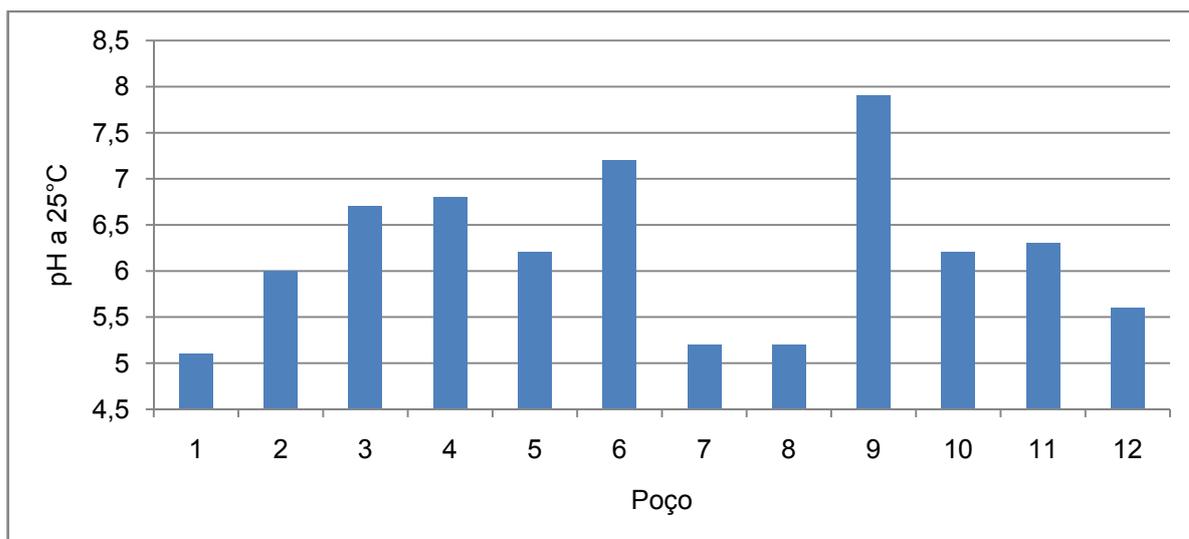


Figura 24 Valores do pH nas amostras de água coletadas.

Estatística:

Máximo = 7,9

Mediana = 6,2

Mínimo = 5,1

Desvio Padrão = 0,85

Média = 6,2

6.1.2 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica está relacionada a quantidade de sais dissolvidos na água sob a forma de íons. O valor da condutividade tende a ser maior com o aumento da temperatura. Observa-se na Figura 25 que a condutividade elétrica variou de 8,1 e 900 μ s/cm, contudo, é interessante observar que o poço 9, apresentou um valor bem mais elevado que os demais, inviabilizando o tratamento estatístico das amostras como um todo.

Observa-se ainda que é possível a distinção de pelo menos três grupos diferentes de água somente para este parâmetro: Família I poços 1, 7, 8 e 12; Família II poços 2, 3, 4, 5, 6, 10 e 11; e finalmente Família III com o poço 9.

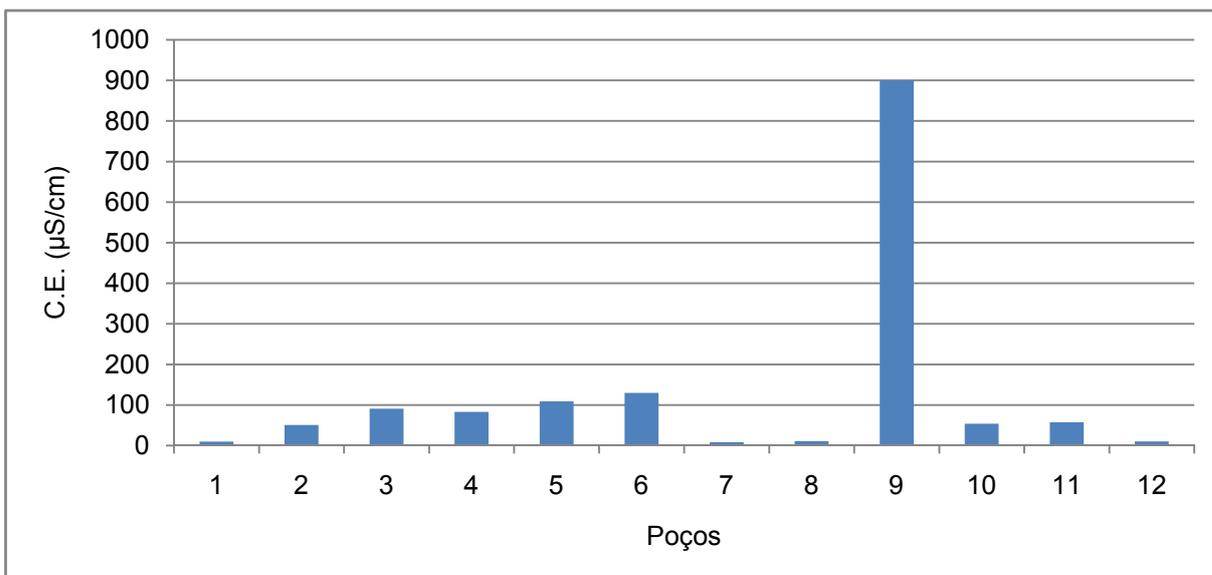


Figura 25. Condutividade elétrica nos poços amostrados.

Estatística:

Máximo = 900

Mediana = 55,7

Mínimo = 8,1

Desvio Padrão = 247,16

Média = 126,2

6.1.3 Alcalinidade Total, Alcalinidade de Hidróxidos e Bicarbonato

A capacidade de neutralização das águas dos poços amostrados está ligada a quantidade de bicarbonatos uma vez que os valores de pH se mantiveram abaixo de 8,3. Nenhuma das amostras apresentou alcalinidade de hidróxidos o que corrobora o raciocínio acima.

O mesmo comportamento observado nos resultados de condutividade elétrica foram observados na Figura 26. Aqui permanece a distinção de três famílias anteriormente proposta. Família I poços 1, 7, 8 e 12; Família II poços 2, 3, 4, 5, 6, 10 e 11; e finalmente Família III com o poço 9.

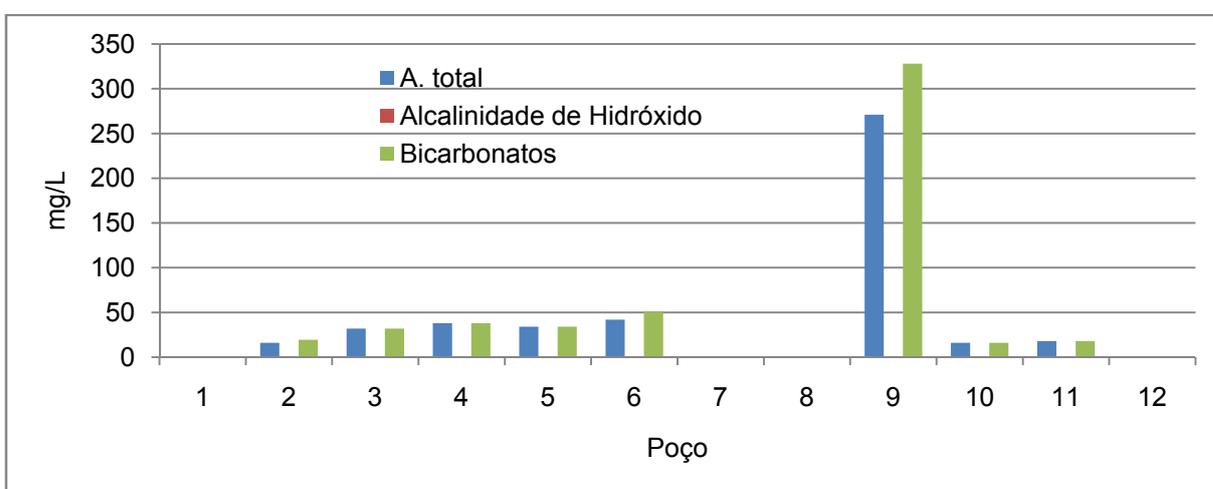


Figura 26. Alcalinidade total, Alcalinidade de hidróxidos e bicarbonatos nos poços amostrados.

Estatística para dados de alcalinidade:

Máximo = 271

Mediana = 17

Mínimo = 0

Desvio Padrão = 74,76

Média = 38,9

Estatística para dados de bicarbonatos:

Máximo = 328

Mediana = 18,75

Mínimo = 0

Desvio Padrão = 90,84

Média = 44,72

6.1.4 Cálcio

O cálcio é um dos elementos mais abundantes do planeta. Responsável pela dureza da água, confere sabor salgado em concentrações acima de 70 mg/L.

Mais uma vez a distinção das águas em famílias observada nos parâmetros anteriores persiste. Vale ressaltar que as concentrações de cálcio, apesar da existência de um pico no poço 9, é baixa (Figura 27).

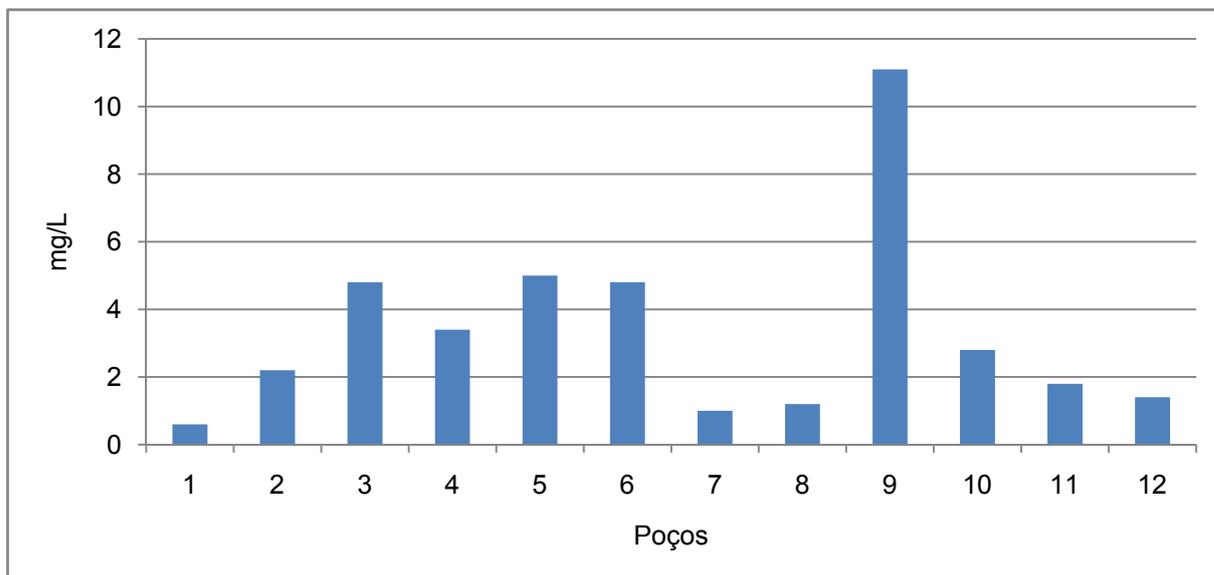


Figura 27. Concentração de Cálcio nos poços amostrados.

Estatística:

Máximo = 11,1

Mediana = 2,5

Mínimo = 0,6

Desvio Padrão = 2,9

Média = 3,34

6.1.5 Magnésio

O íon magnésio apresenta características químicas muito semelhantes ao cálcio, como pode ser observado nas figuras 27 e 28, daí sua afinidade em rochas e minerais também semelhantes. Contudo o magnésio é mais solúvel e precipita com menor facilidade daí sua menor concentração nas águas analisadas.

Nas figuras 53 e 54 é também possível a distinção das três famílias. Família I poços 1, 7, 8 e 12; Família II poços 2, 3, 4, 5, 6, 10 e 11; e Família III com o poço 9.

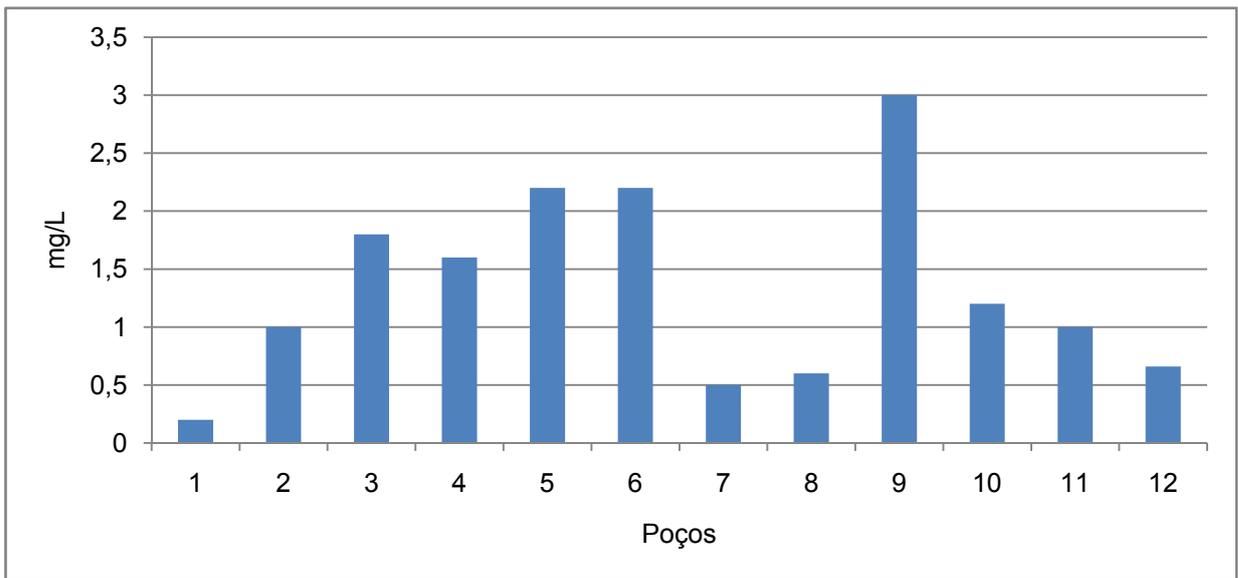


Figura 28. Concentração de Magnésio nos poços amostrados.

Estatística:

Máximo = 3

Mediana = 1,1

Mínimo = 0,2

Desvio Padrão = 0,84

Média = 1,33

6.1.6 Potássio

Este elemento, apesar de sua abundância na crosta terrestre, é pouco observado em águas subterrâneas devido a sua intensa atividade em processos de troca iônica. Segundo Mestrinho (1997), os teores médios de potássio nas águas subterrâneas variam de 0,1 a 10 mg/L. Os valores observados na Figura 29 estão dentro desta margem.

O potássio é facilmente adsorvido por argilominerais e é bastante utilizado nos sais nutrientes vegetais.

É interessante observar que apenas a família I de amostras (poços 1, 7, 8 e 12) ficou clara para este parâmetro.

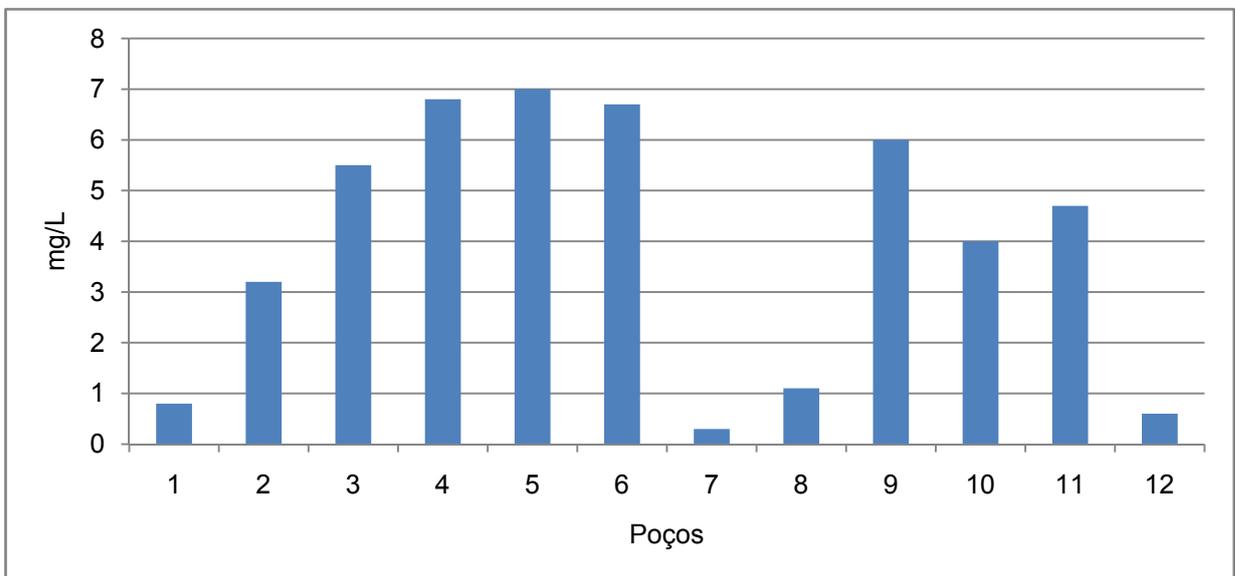


Figura 29. Concentração de Potássio nos poços amostrados.

Estatística:

Máximo = 7

Mediana = 4,35

Mínimo = 0,3

Desvio Padrão = 2,61

Média = 3,89

6.1.7 Sódio

O sódio é um dos metais alcalinos mais abundantes nas águas subterrâneas. Sua concentração média varia de 0,1 a 100 mg/L, podendo chegar a 11100 mg/L na água do mar (Mestrinho, 1997). Concentrações localizadas em águas subterrâneas podem sugerir interpretações quanto ao ambiente de formação da rocha por onde percola esta água.

Observa-se na Figura 30 que as concentrações não são elevadas, com exceção do poço n°. 9. Mais uma vez chamando a atenção para o poço n° 9 que apresenta resultados muito diferentes dos outros poços amostrados, permanecendo a distinção de três famílias. Família I poços 1, 7, 8 e 12; Família II poços 2, 3, 4, 5, 6, 10 e 11; e finalmente Família III com o poço 9.

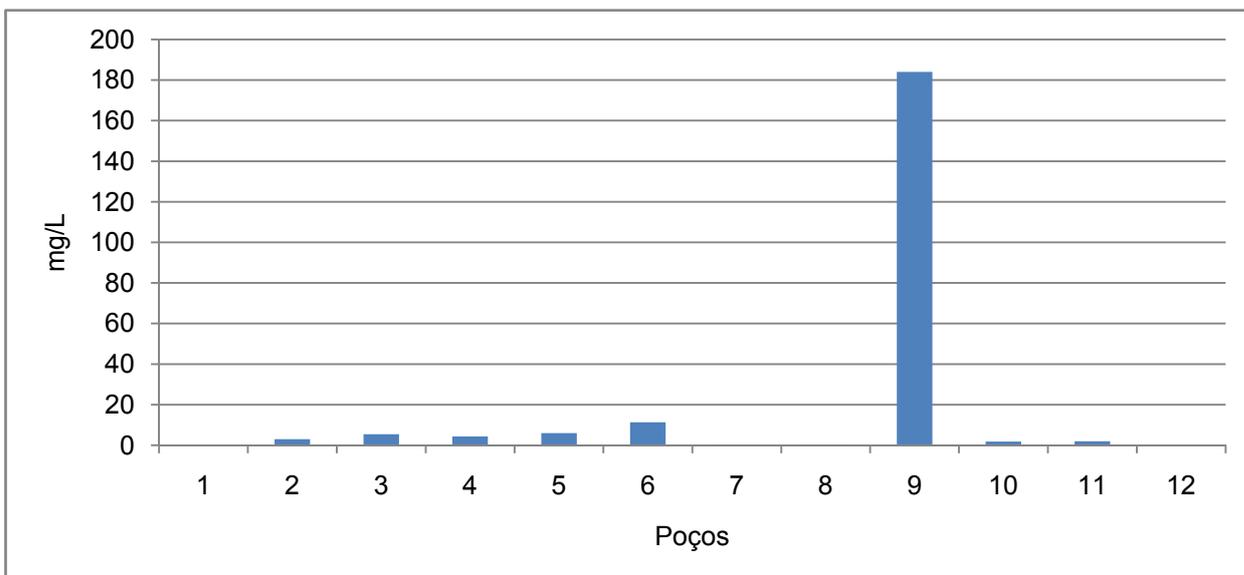


Figura 30. Concentração de sódio nos poços amostrados.

Estatística:

Máximo = 184

Mediana = 2,5

Mínimo = 0

Desvio Padrão = 52,3

Média = 18,3

6.1.8 Ferro Total

Os teores de ferro lidos em água referem-se, normalmente, a Fe^{+3} , pois o Fe^{+2} é instável na presença do oxigênio presente na atmosfera. Assim, mesmo que haja algum íon ferroso presente na água, no ato da amostragem ou outro fator que o

coloque em contato com o ar atmosférico, este se tornará férrico, por este motivo os valores são expressos como ferro total. No entanto, nenhum dos dois foi detectado nas águas subterrâneas da área do projeto.

6.1.9 Cloretos

O íon de cloro está presente em quase todas as águas e essencialmente, associado ao sódio. Suas principais características são sua solubilidade, estabilidade em solução e dificuldade em precipitação. Os teores médios em águas subterrâneas atingem 100 mg/L.

Para este parâmetro não foi observada um padrão que sugerisse uma distinção em famílias no gráfico da Figura 31.

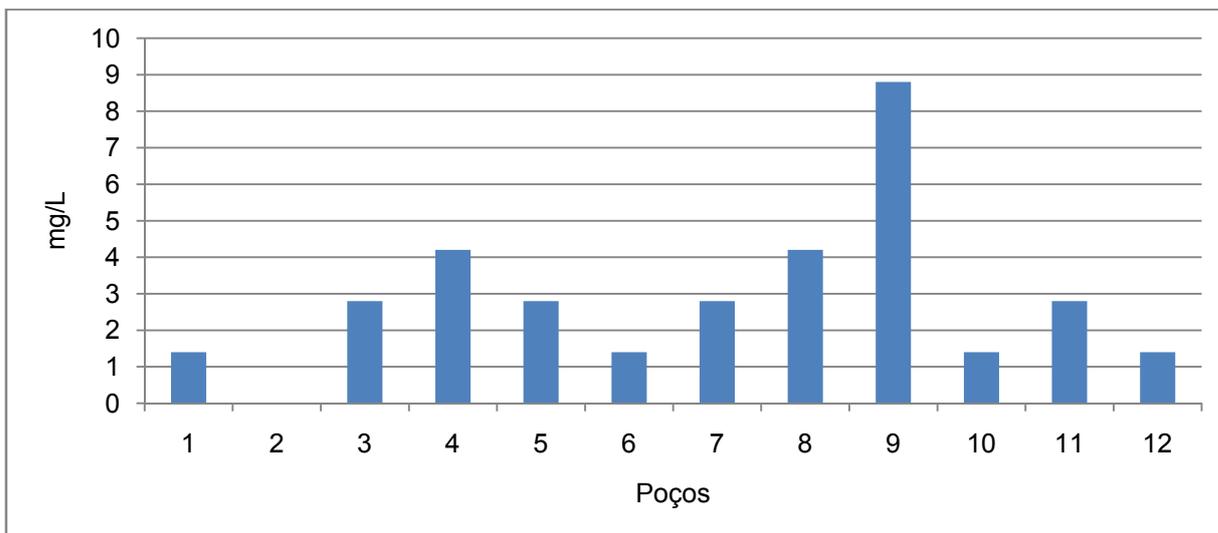


Figura 31. Concentração de cloretos nos poços amostrados.

Estatística:

Máximo = 8,8

Mediana = 2,8

Mínimo = 0

Desvio Padrão = 2,24

Média = 2,83

6.1.10 Sulfatos

O sulfato é um componente importante na interpretação da qualidade da água. Em grandes quantidades pode indicar, em determinadas situações, contaminação por esgoto doméstico, industrial ou procedimentos agrícolas. Também pode ocorrer naturalmente em grandes quantidades na água como resultado da

oxidação de minerais contendo enxofre, contudo sua concentração média na água subterrânea é de 100 mg/L (Mestrinho, 1997). Nos poços amostrados os valores encontrados foram muito baixos observáveis na Figura 32, com exceção do poço 9, representado pelo poço 2 do Assentamento Zumbi, Dom Aquino.

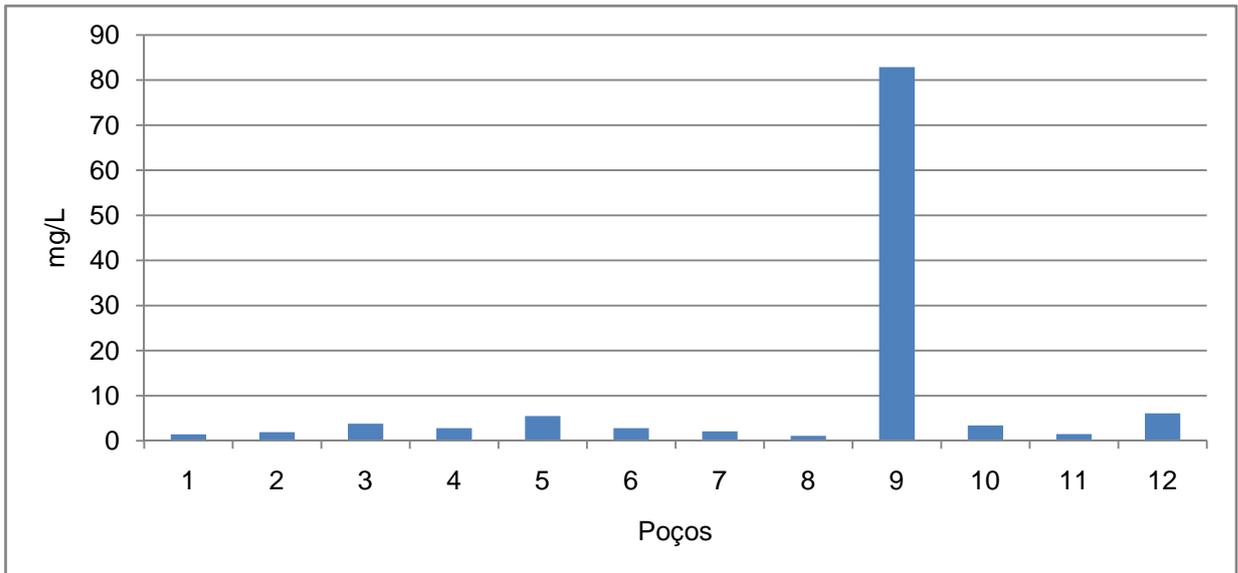


Figura 32. Concentração de sulfatos nos poços amostrados.

Estatística:

Máximo = 82,9

Mediana = 2,8

Mínimo = 1

Desvio Padrão = 23,1

Média = 9,58

6.1.11 Nitratos

Da mesma forma que o sulfato, o nitrato pode ser um bom indicador de contaminação da água subterrânea, sobretudo da atividade agrícola e sistemas de tratamento de efluentes domésticos ineficientes. Trata-se de um íon de grande mobilidade sendo facilmente movido das camadas superiores do solo para a água subterrânea. Não foram observados valores detectáveis de nitrato nas amostras colhidas.

6.2 Correlações

Os resultados acima descritos foram correlacionados para que sua interpretação pudesse apontar sugestões da mineralogia das rochas por onde esta água passou. A exceção se faz a amostra do poço PT2 do Assentamento Zumbi do Palmares, distrito de Entre Rios, Dom Aquino, que foi excluída destas correlações uma vez que esta amostra apresentou valores discrepantes.

No caso do cálcio *versus* magnésio (Figura 33), o gráfico resultante pode ser interpretado como uma correlação positiva em que o aumento de cálcio e magnésio tende a manter uma proporcionalidade em todas as amostras e onde o crescimento de um íon é decorrente, ou explicado pelo crescimento do outro íon.

Esta correlação pode ser interpretada como resultante da dissolução do cimento diagenético da rocha ou por deposição destes elementos no ambiente em que ficou confinada a água.

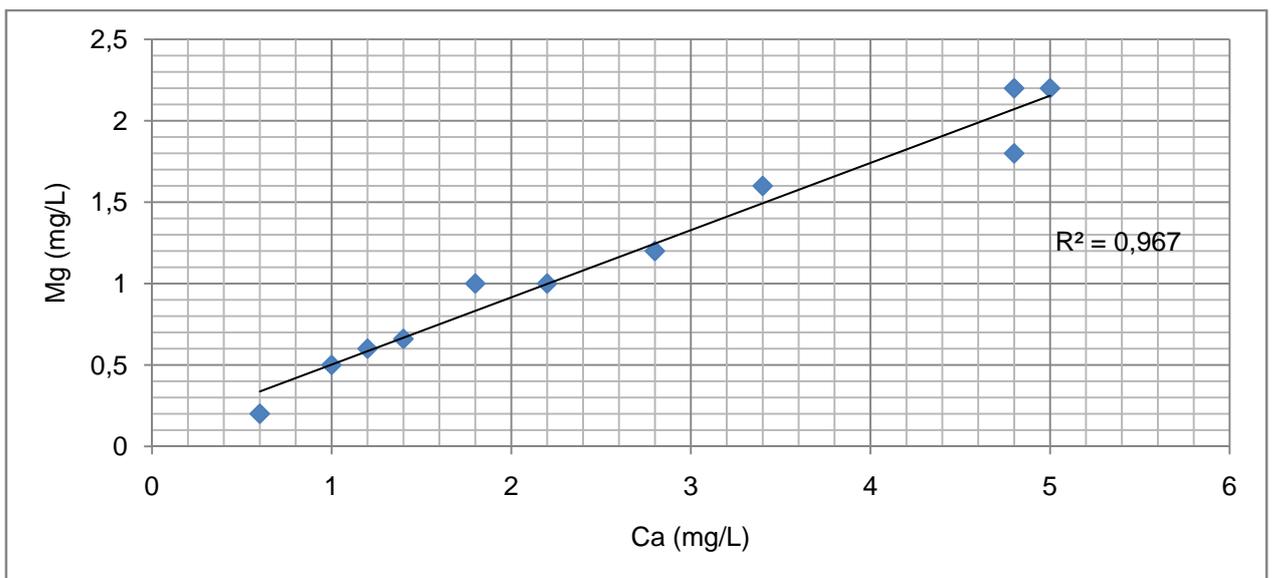


Figura 33. Gráfico de correlação entre magnésio e cálcio.

Da mesma forma que a relação anterior, cálcio e sódio podem ser interpretados, conforme a Figura 34, como uma correlação positiva demonstrando proporcionalidade na ascendente.

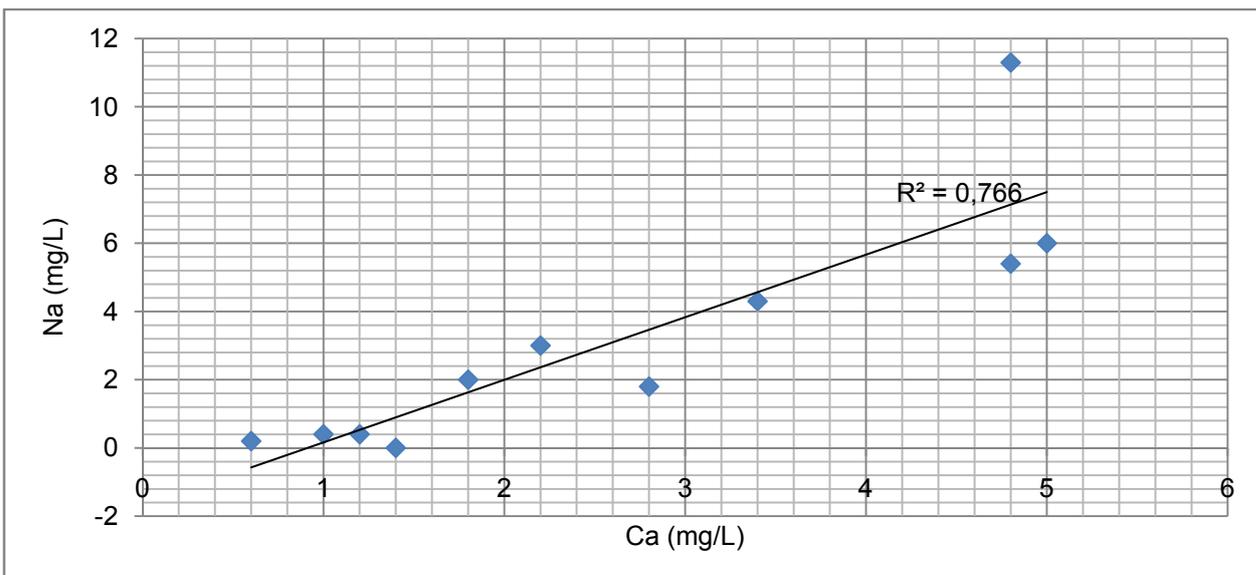


Figura 34. Gráfico de correlação entre sódio e cálcio.

A correlação entre sódio e potássio (Figura 35), pode ser também interpretada como positiva, contudo com uma intensidade mais baixa que as expressas pelos gráficos anteriores.

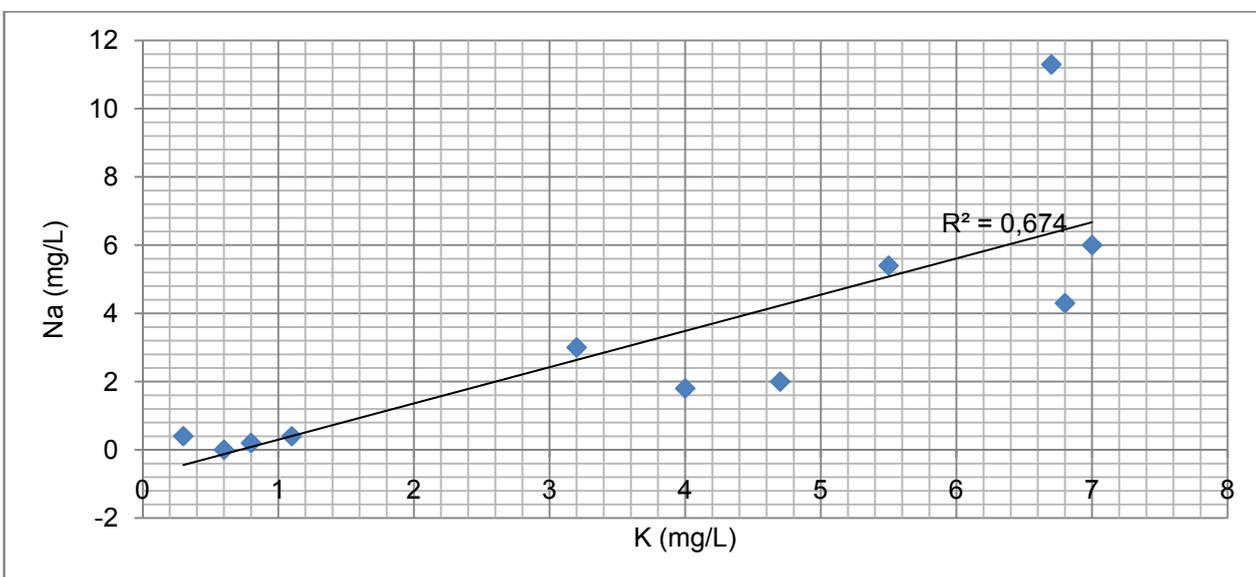


Figura 35. Gráfico de correlação entre sódio e potássio.

As correlações sódio X cálcio e sódio X potássio se mostraram promissoras do ponto de vista interpretativo. A primeira sugere a dissolução de carbonatos, mas estes não são descritos no Aquífero Furnas, podendo esta ser uma exceção não descrita, restando ainda a possibilidade de troca iônica. A segunda, sugere a

dissolução de feldspatos e micas, estas sim relativas a mineralogia da Formação Furnas.

6.3 Diagrama de Stiff

Os diagramas de Stiff (1951) permitem a determinação de famílias de amostras com características semelhantes. Assim os poços do Balneário Chuveirão (poço 1), Água Mineral Clarinha do Vale(poço 7), BH Acqua Club (poço 8) e Assentamento 14/08 (poço 12), foram agrupadas por semelhança entre os diagramas que seguem (figuras 36, 37, 38 e 39 respectivamente). São águas com baixas concentrações iônicas predominando os ânions cloreto e sulfato e os cátions cálcio e magnésio. Estes diagramas são, normalmente dispostos somente no mapa base, contudo, devido a pequena expressividade que algumas amostras apresentaram, estão sendo dispostos também aqui para uma melhor visualização.

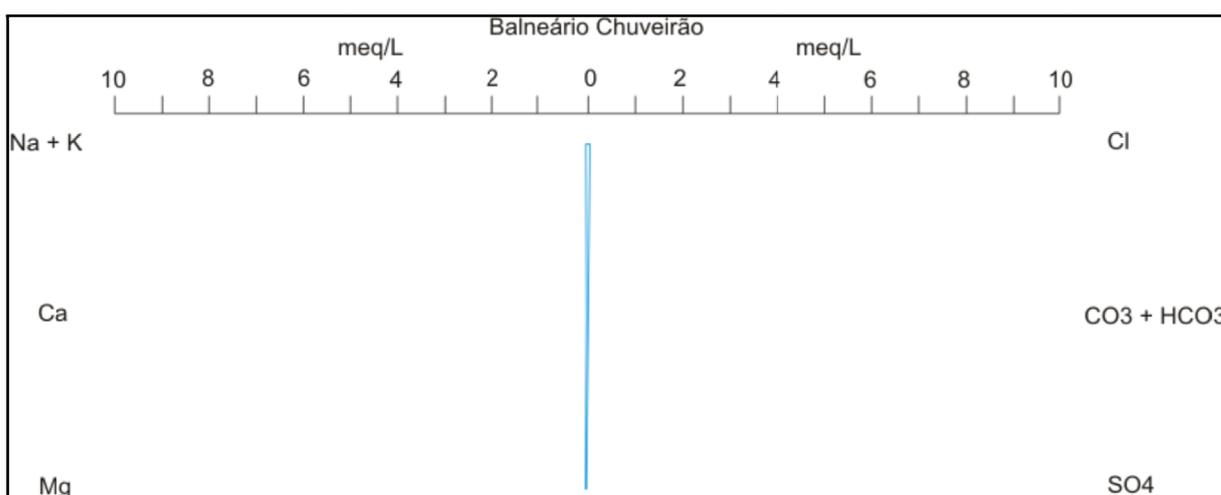


Figura 36. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Balneário Chuveirão.

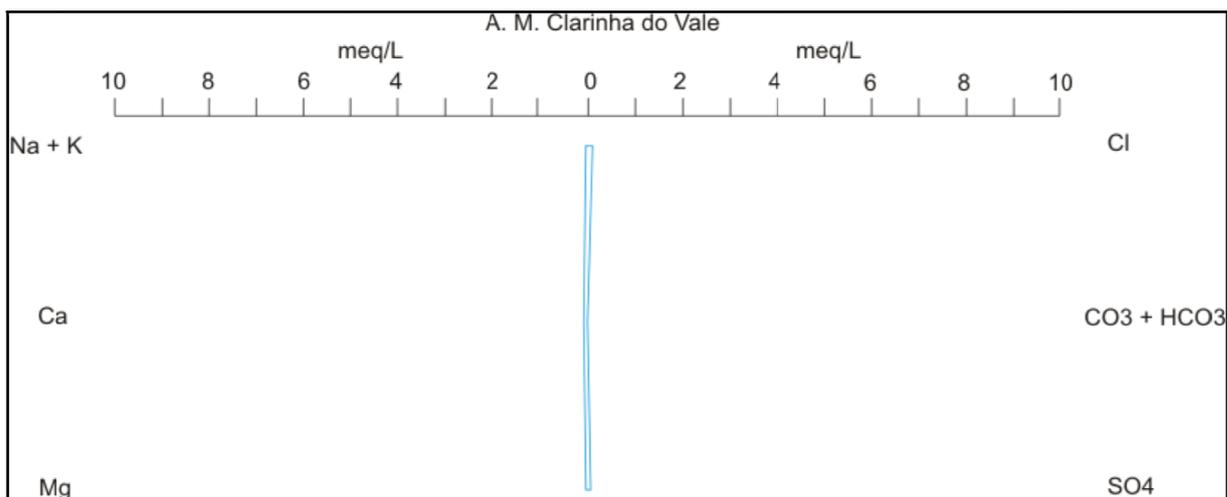


Figura 37. Diagrama de Stiff para a amostra do poço da Água Mineral Clarinha do Vale.

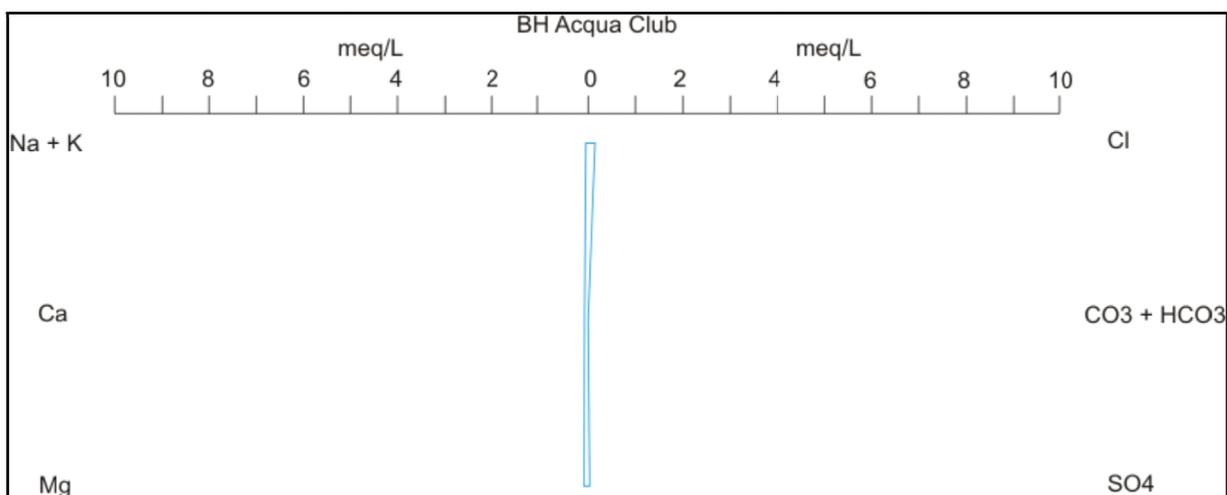


Figura 38. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Balneário BH Acqua Club.

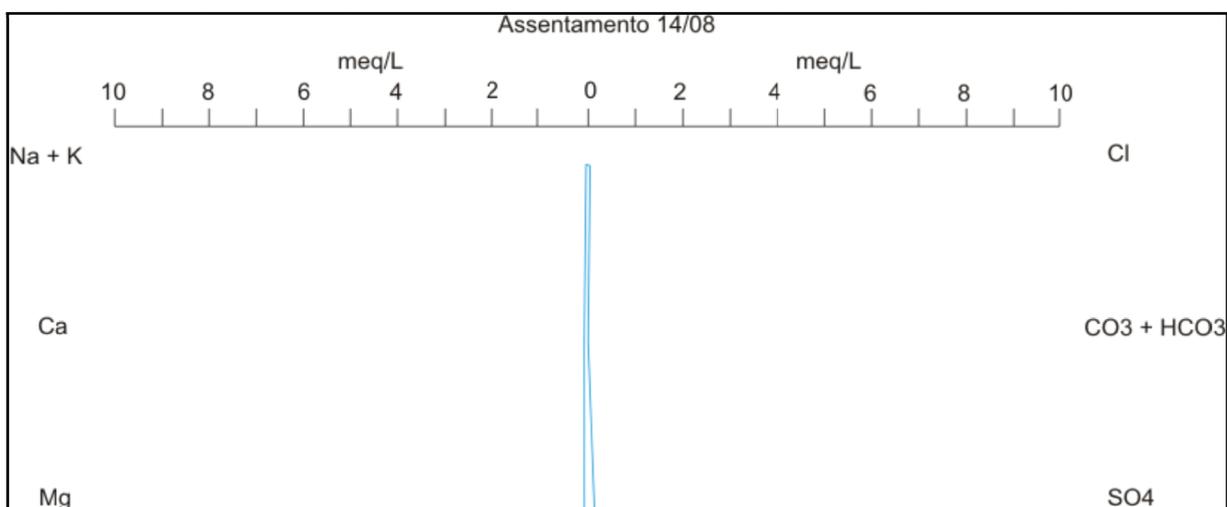


Figura 39. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Assentamento 14/08.

A segunda família de amostras com semelhanças observadas através do diagrama de Stiff reuni os poços do DAE Juscimeira, PT1 (poço 2, figura 40) e PT6 (poço 3, Figura 41), Assentamento Geraldo Andrade PT2 (poço 4, figura 42), Distrito de Irenópolis (poço 5, figura 43) em Juscimeira, Thermas Marihá (poço 6, figura 44) e o DAE Dom Aquino com os poços do Distrito de Entre Rios (poço 10, figura 45) e poço PT2 (poço 11, Figura 46). Esta família apresenta concentrações de íons ligeiramente mais elevadas que a família anterior, suficiente para sua distinção. O ânion que apresenta maior concentração é o bicarbonato e os cátions sódio e cálcio.

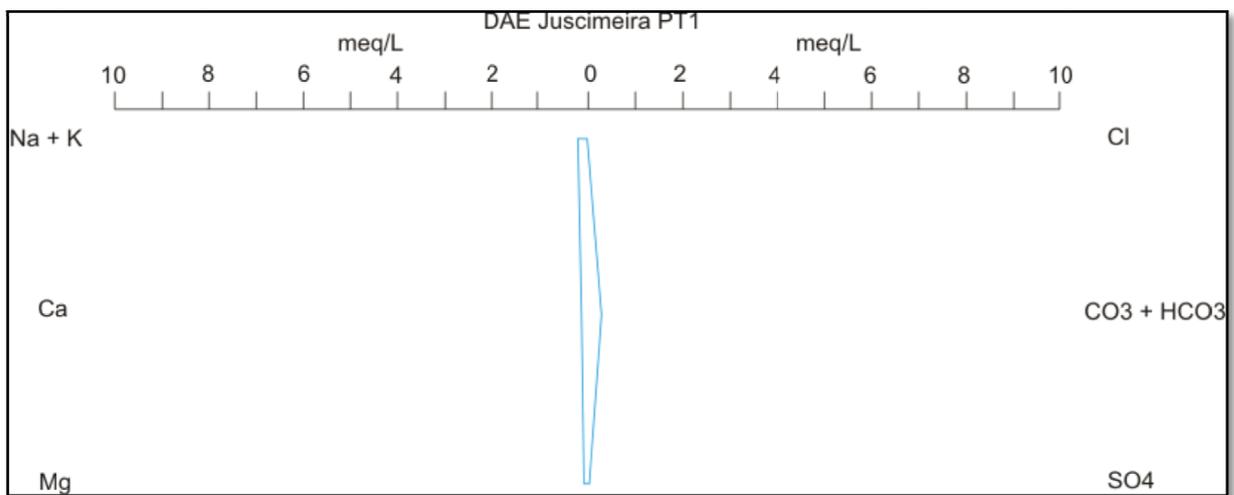


Figura 40. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do DAE Juscimeira PT1.

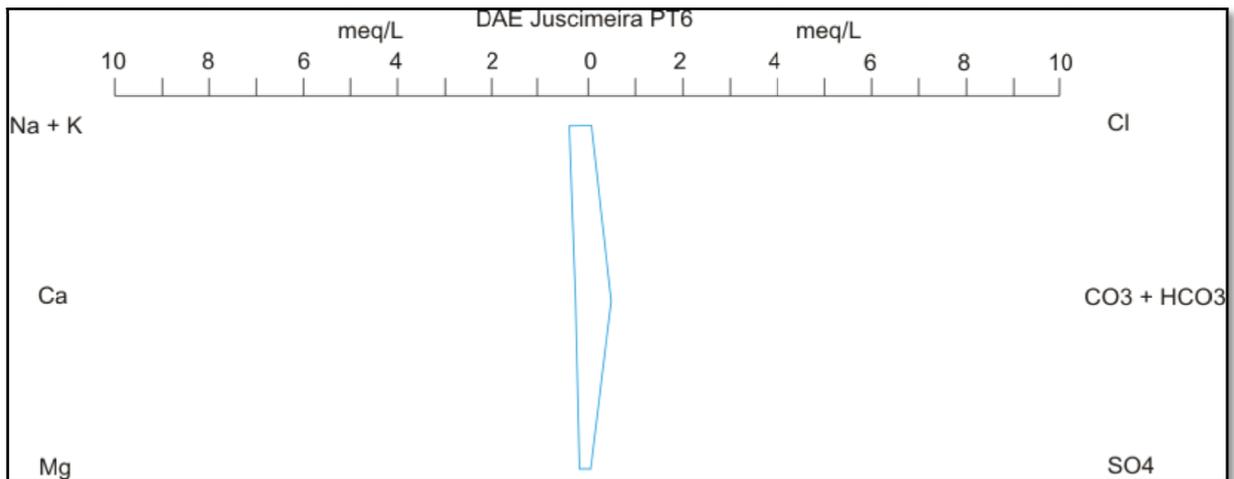


Figura 41. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do DAE Juscimeira PT6.

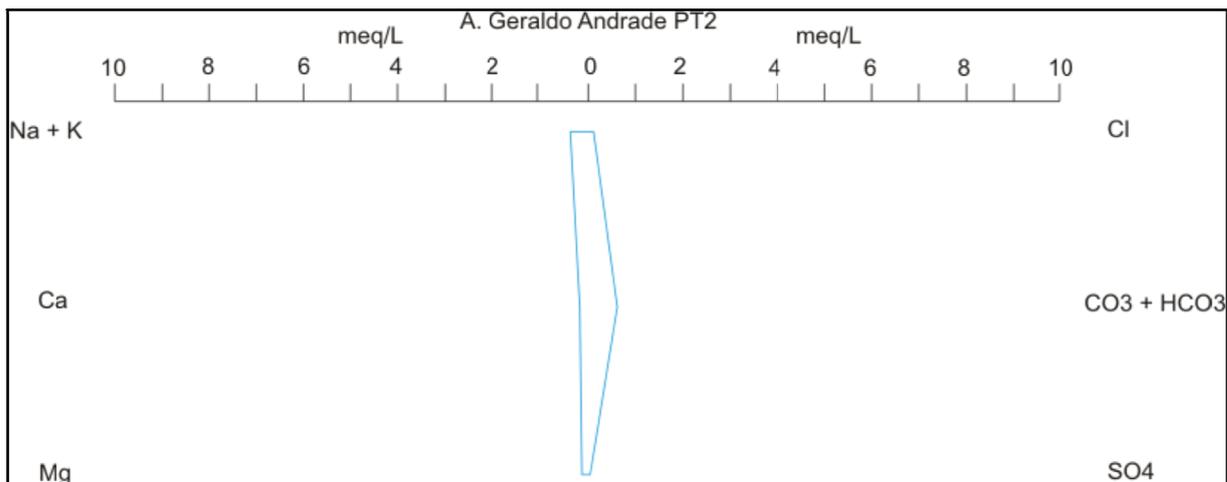


Figura 42. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Assentamento Geraldo Andrade PT2.

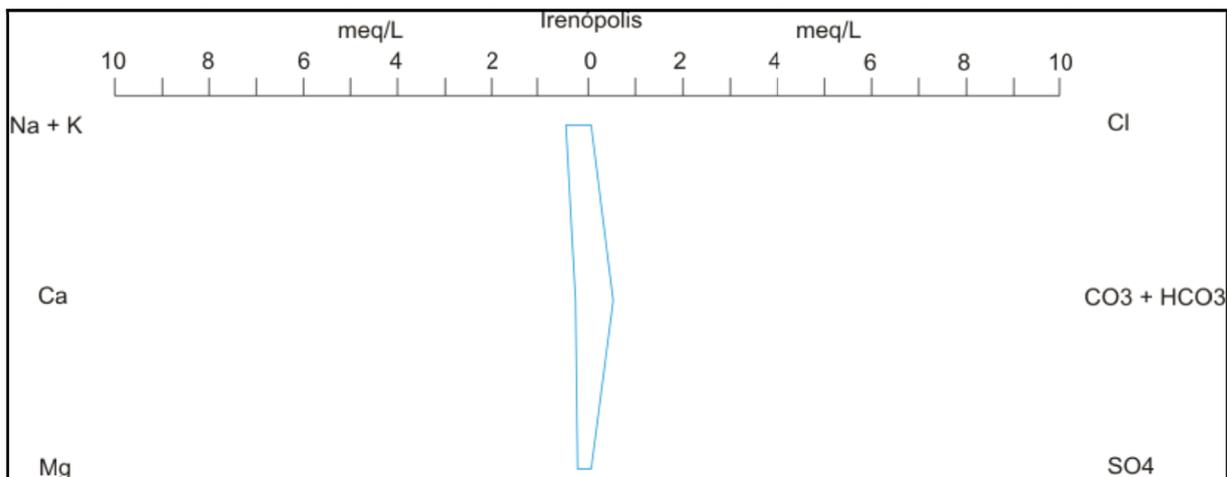


Figura 43. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Distrito de Irenópolis.

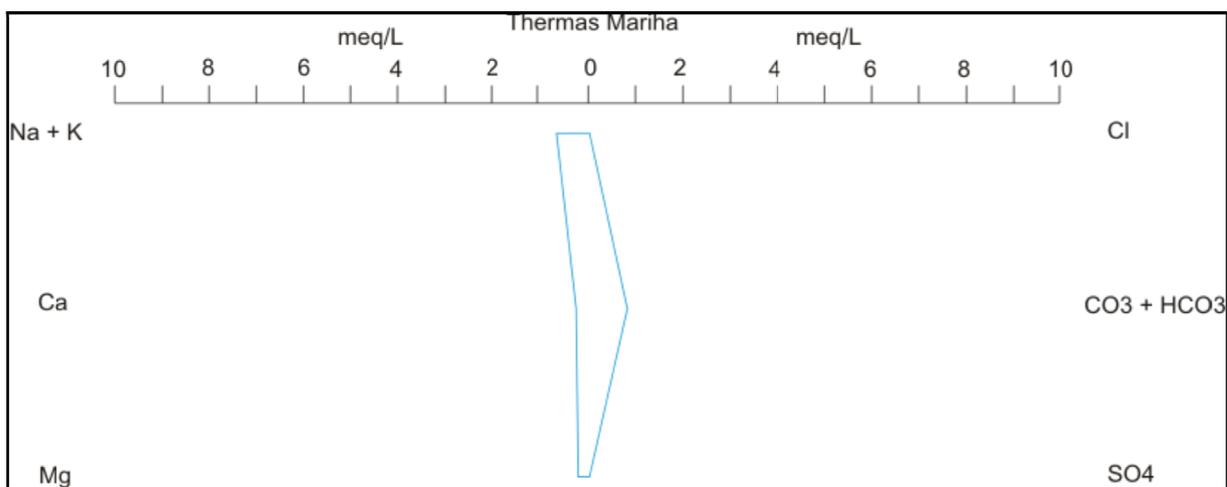


Figura 44. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do Thermas Marihá.

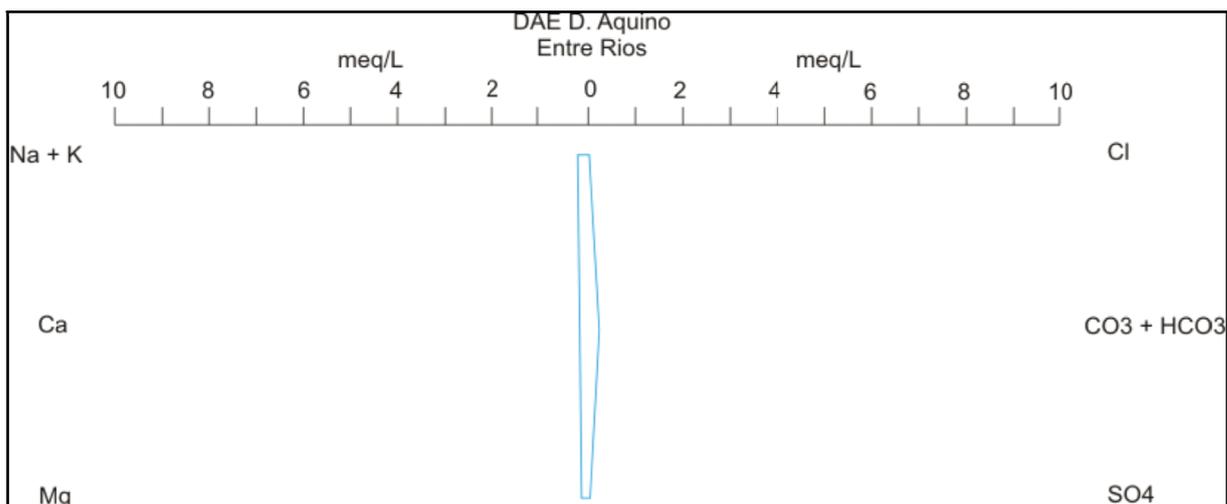


Figura 45. Diagrama de Stiff para a amostra do poço do DAE Dom Aquino, Distrito de Entre Rios.

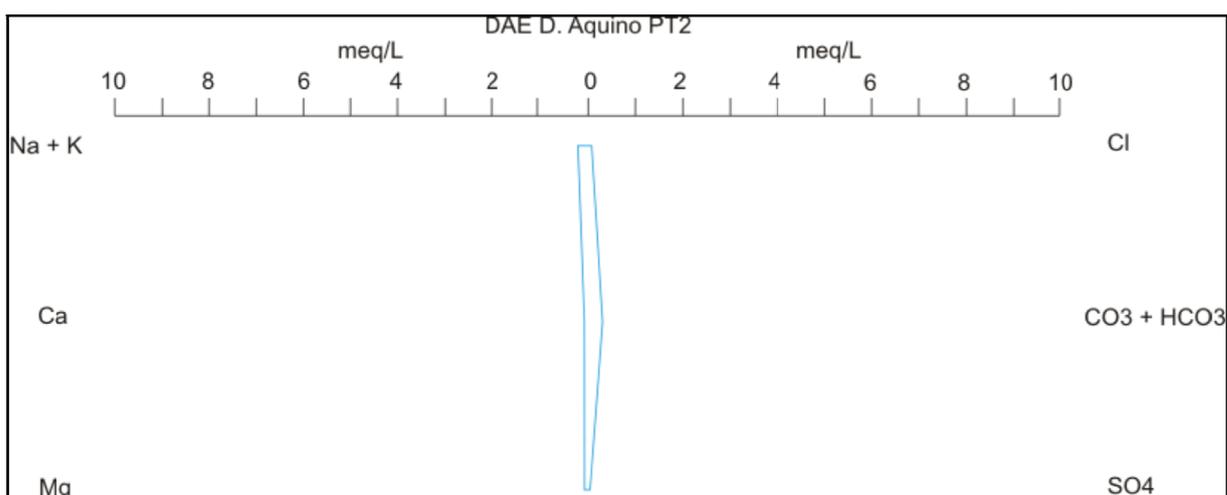


Figura 46. Diagrama de Stiff para a amostra do poço PT2 do DAE Dom Aquino.

Mais uma vez, a exceção se fez ao poço do Assentamento Zumbi em Dom Aquino, cujo diagrama de Stiff resultante é distinto dos demais (Figura 47). Nesta água observa-se altas concentrações iônicas. Os ânions bicarbonato e sulfato apresentam-se em concentrações elevadas e os cátions mais expressivos são sódio e potássio.

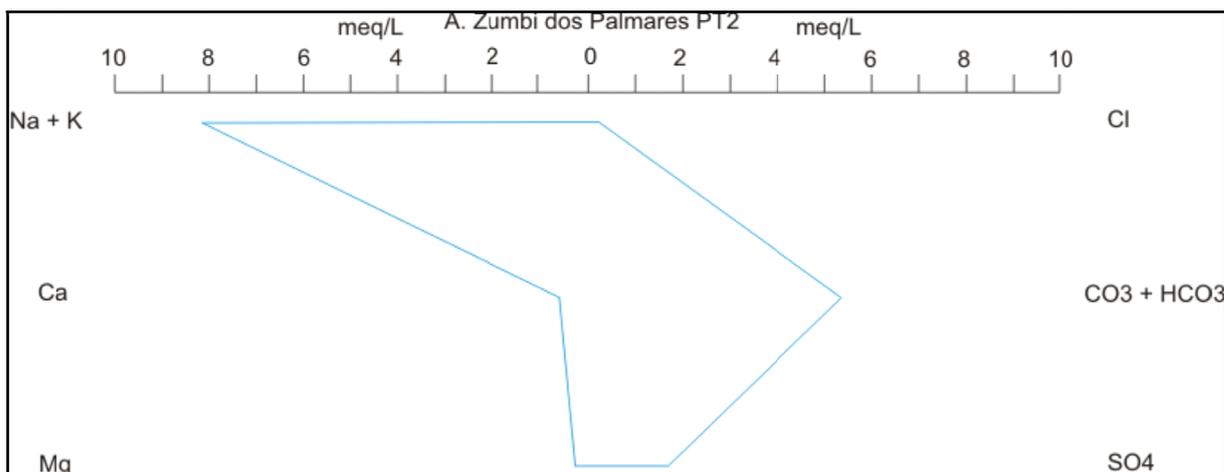


Figura 47. Diagrama de Stiff para a amostra do poço PT2 do Assentamento Zumbi.

6.4 Diagrama de Piper

O diagrama trilinear de Piper (1944) provê a maneira mais conveniente de se comparar a composição iônica de amostras de água. A Figura 48 apresenta o resultado deste diagrama para as amostras colhidas na área de estudo.

É possível observar três famílias separadas pelos campos do losango do diagrama de Piper. A família mais abundante é representada por águas bicarbonatadas sódicas (poços 2, 4, 5, 6, 9 e 11). A segunda família em número de amostras foi classificada como águas cloretadas-cálcicas e sulfatadas-cálcicas (poços 1, 7, 8 e 12) e finalmente a terceira família, classificada como águas bicarbonatadas cálcicas (poços 3 e 10). Esta última guarda uma afinidade por proximidade dos campos de plotagem com a primeira família.

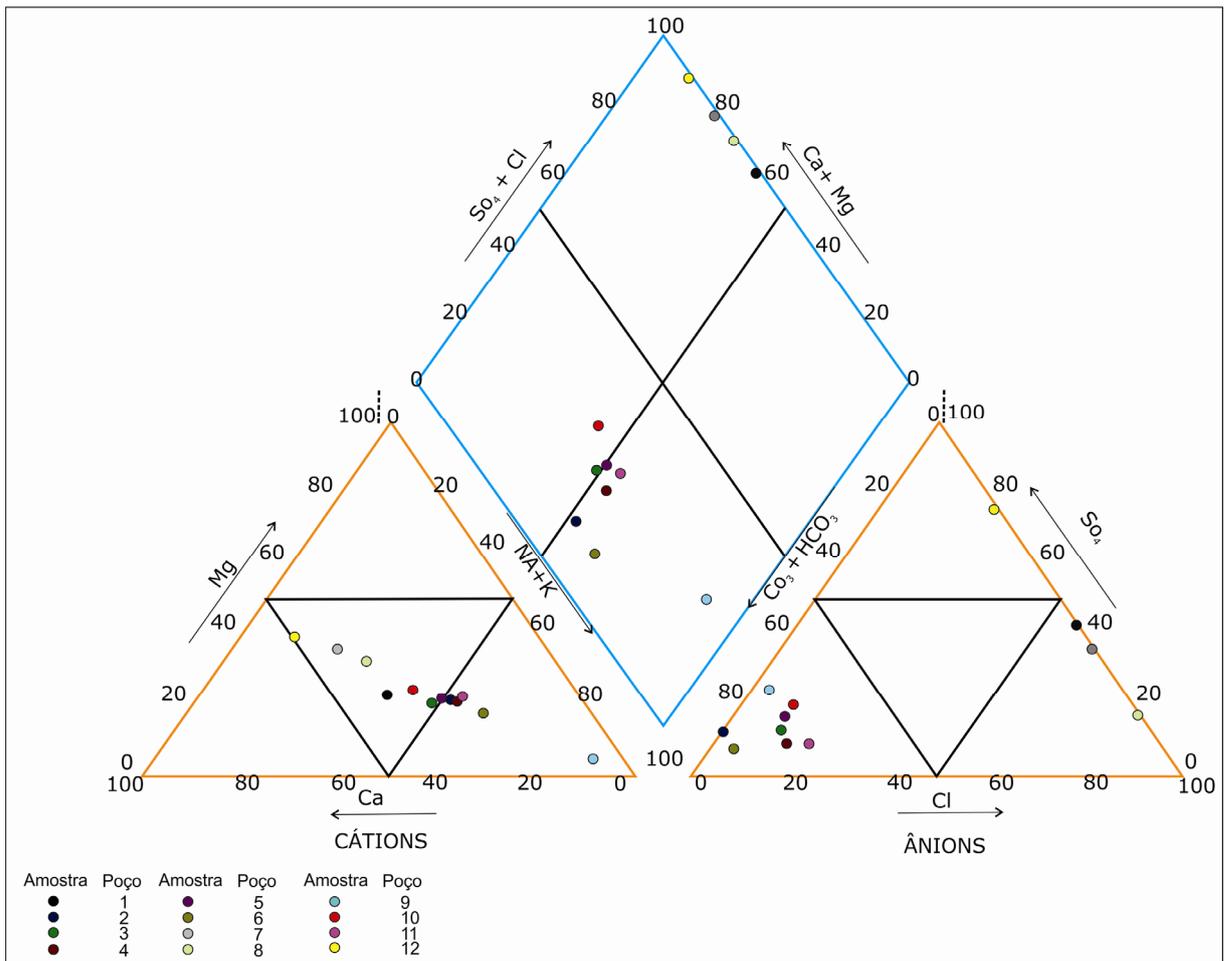


Figura 48. Diagrama triangular de Piper (1944) para todas as amostras coletadas.

As relações entre íons isolados e sua variação espacial na área de estudo sugeriram até aqui que existe uma possibilidade de maior mineralização tendenciando das bordas para o centro da área de estudo, como pode ser observado no gráfico de dispersão para dados de condutividade elétrica sobreposto ao mapa geológico (Apêndice 2).

Todos os dados até aqui observados, entre eles, química das águas, temperatura, disposição espacial dos pontos de amostragem, geologia e geologia estrutural, apontam para uma maior temperatura das águas subterrâneas nas porções central e sul da área de estudo. A temperatura das águas diminui nas bordas e ao norte da área de estudo, como pode ser observado no gráfico de dispersão para os dados de temperatura dos poços, sobreposto ao mapa geológico (Apêndice 3).

Por fim, pode ser observado no mapa geológico-estrutural com a locação dos poços amostrados e os resultados químicos para íons principais (Apêndice 4),

expressos na forma do diagrama de Stiff (1944), bem como as temperaturas observadas em campo para cada um dos poços.

7. CONCLUSÃO

A partir do estudo hidroquímico das águas subterrâneas do Aquífero Furnas no sul do Estado de Mato Grosso permitiu as seguintes conclusões:

1. Foram distintas três famílias de águas subterrâneas na região:
 - a. Família I – águas bicarbonatadas sódicas;
 - b. Família II – águas cloretadas-cálcicas a sulfatada-cálcica ;
 - c. Família III – águas bicarbonatadas cálcicas.

2. A temperatura das águas subterrâneas variaram de 27°C a 50°C com média de 38,17°C sendo que as maiores temperaturas se encontram no centro e a sul da área estudada resfriando para os outros quadrantes.

3. Da mesma forma que a temperatura, a condutividade elétrica e consequentemente a concentração de íons é maior no centro e sul da área estudada.

8. BIBLIOGRAFIA

ABAS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Disponível em <<http://www.abas.org.br/educacao.php>>. Acesso em 19/07/2009.

ALBRECHT, K. J. **Qualidade das Águas Subterrâneas em Cuiabá**. Projeto SRH/GEF/PNUMA/OEA/FEMA, 2000. 32p. Relatório de Atividades n° 3.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Contribuição à geologia dos Estados de Goiás e Mato Grosso**. Bol. DGM, Notas Preliminares, Rio de Janeiro, n.46, p.15, 1948.

ALMEIDA, F. F. M. de. **Geologia do Centro-Leste Mato-Grossense**. Bol. Div. de Geol. e Mineralogia, DNPM, n.150, p.1-97, 1954.

ALMEIDA, F. F. M. de, **Geologia do Centro Oeste Matogrossense**. In: Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 1964. 215p.

ARAÑA, V. & FUSTER, J.M., 1973. **Estados de los Estudios sobre los Recursos Geotérmicos em el Área de las Montañas del Fuego** (Lanzarote, Islas Canárias). Estudios Geológicos. Vol. 2 n° 2-3.

ARAÑA, V., ORTIZ, E., YUGUERO, F., 1973. **Study of Termal Anomalies in Lanzarote (Canary Island)**. Geotermics, vol. 2, n° 3.

ASSINE M. L. 1996. **Aspectos da Estratigrafia das Seqüências Pré-Carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 207 p.

ATWATER, G. I. 1966. **The effect of decrease in porosity with deph on oil and gás reserves in sandstone reservoirs**. California: Univ. Stanford California: Scholl of Earth Sciences.

AUTODESK. AUTOCAD vector design tool. Version 2010.

BARBOSA, D.V.; ZIMMER, J.C. (2007). **Caracterização lito-estrutural do Grupo Paraná e avaliação da vulnerabilidade do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis (MT)**. Monografia de conclusão de Graduação em Geologia da UFMT

BARROS, L. C., CARDOSO, O. R. F. A., FREIRE, F. A., SOUZA JÚNIOR, J. J., RIVETTI, LUZ, D. S., PALMEIRA, R. C.B., TASSINARI, C. C. G. 1982. **Geologia da folha SE-21**. Corumbá. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, RJ, 27:448 p.

BOSCARDIN BORGHETTI, N. R.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. **Aquífero guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: Maxigráfica, 2004. 214 p.

BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Brasília nº 01-12, vol. 30, 1996.

BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Brasília nº 01-12, vol. 30, 1997.

BRANCO, S. M. & ROCHA, A. **Elementos de Ciências do Ambiente**. Didáticos. Convênio CETESB – ASCETESB. São Paulo, 206 p. 1991.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto **RADAMBRASIL. Folha SD-21 Cuiabá**, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1992. Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 26.

BRASIL/MMA/SRH/ANA. 2003. **Panorama Nacional dos Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos** – Documento Base de Referência. Disponível em: www.ana.gov.br.

BRASIL. Portaria 518, de 25 de março de 2004. **Norma de qualidade da água para consumo humano**. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de março 2004.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Ocorrência e volume das águas subterrâneas**. Disponível em: < www.mma.gov.br >. Acesso em 27/09/2009.

BRAUN, W. A. G. 1962 (1961). **Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle**. Separata da Revista Brasileira de Geografia (out-dez/1961), nº 4. 54p.

BREDEHOEFT, J. D, & PAPADOPULOS, I. S., 1965. **Rates of Vertical Groundwater Movement Estimated from the Earth Thermal Profile Water Resources**. Res., 1 (2):325-328.

CASAGRANDE, L., 1952. **Electro-Osmotic Stabilization of Soils**. Boston Society of Civis Engineers. **Contrib, Soil Mech.**, 1941-1953, 285pp.

CAVINATTO, V. M. **Caracterização Hidrográfica do Estado de Mato Grosso**. Programa de Desenvolvimento Agroambiental de Mato Grosso. PRODEAGRO/SEPLAN/FEMA, 1995 300p. Relatório.

CHERRY, J. **Groundwater Contamination**. In: FLEET, M.E. (Ed) Short Course on Environment Geochimistry, London On – Canadá. Mineral Association. 1984.

CHILINGAR, G. V. 1963. **Relationship between porosity, permeability and grain-size distribution of sands and sandstone**. In: International Sedimentology Congress. 1963. Amsterdan.

COSTA W. D. 2000. **Uso e Gestão das Águas Subterrâneas**. In Feitosa F.A.C., Manoel Filho J. (Eds) Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, p341-365.

COREL DESIGNER. Vectoring design tool software. Version x4.

COREL DRAW. Graphic design vectors tool software. Version X4.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 1998. **Hidrologia do Município de Rondonópolis-MT**. 1 CD-ROM.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso**. 1 CD-ROM.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007. **Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil**. 1 CD-ROM

CUSTÓDIO, E. 1974(b). **Interés e Importância de La Energia Geotérmica y Mareomotriz y otras fuentes de energia (eólica, associada al mar)**. Jornadas sobre la Energia y su Transformation; actualidad y Futuro. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, CPDA. Barcelona.

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, MR., 1983. **Hidrologia Subterrânea**. Ed. Omega. 2º Ed.; 2V il.

CUTRIM A. O., SHOZO, S., NASCIMENTO A. L. 2001. **Contribuição da sondagem elétrica vertical à hidrogeologia da Bacia do Paraná no município de Juscimeira-MT**. In: SBGf, Cong. Int. Soc. Bras. Geof., CD.

CUTRIM, A. O., SHOZO S., CASARIN J. C., REBOUÇAS A. C. R. 2002. **Locação de poços tubulares profundos na Bacia do Paraná, no município de Rondonópolis - MT, Usando Sondagem Elétrica Vertical**. In: ABS, Cong. Bras. Águas Subterrânea., CD.

CUTRIM A. O., WOLF S. C., REBOUÇAS A. C. 2003. **Avaliação da qualidade das águas do Aquífero Furnas e superficial na cidade de Rondonópolis - MT**. In: ABGE, Simp. Geolo. centro-oeste., Anais p. 159-160.

CUTRIM, A. O. & FACCHIN, S. Jr. S. 2004. **Aplicação integrada de sondagem elétrica vertical e perfil geológico de poço na determinação da profundidade e**

da espessura de unidades hidrogeológicas da Bacia do Paraná no município de Poxoréu-MT. In: ABAS, Cong. Bras. Águas Subterrânea., CD.

CUTRIM A. O. & CASARIN J. C. Inédito. **Estimativa e valoração do desperdício de água do Aquífero Furnas devido aos poços jorrantes no sul e sudeste do estado de Mato Grosso.**

CUTRIM, A. O.; REBOUÇAS, A. C.; 2005. **Uso integrado de recursos hídricos na cidade de Rondonópolis-MT.**

CUTRIM A. O. & REBOUÇAS, A. C. 2005a. **Aplicação de Sondagem Elétrica Vertical na Estimativa do Topo e da Espessura de Unidades Geológicas da Bacia do Paraná na Cidade de Rondonópolis-MT.** Revista Brasileira de Geofísica, 23p. 89-98.

CUTRIM A. O. & REBOUÇAS, A. C. 2005b. **Estimativas das Reservas de Água do Aquífero Furnas na Cidade de Rondonópolis-MT.** In: Anais. ABRH. I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, Santa Maria-RS. 1 CD-ROOM.

CUTRIM A. O. & REBOUÇAS, A. C. 2006. **O Aquífero Furnas no Estado de Mato Grosso.** In: Fernandes, C. J; Rúbia, R.V. Recursos Hídricos de Mato Grosso de Mato Grosso. V.03 p51-62.

DAVIS, S. N. 1969. **Porosity and Permeability of natural materials.** In: Flow through porous media. New York: Academic Press.

de Vries, D.A. 1963. **Thermal properties of soils.** p. 210–235. In W.R. Van Wijk (ed.) Physics of plant environment. North-Holland, Amsterdam.

DOMENICO, P. A. 1997. **Physical and Chemical Hydrogeology.** John Wiley & Sons, N.Y. 2ª Ed. 506p.

Economia e Meio Ambiente. Água no Mundo e no Brasil disponível em: www.uniagua.org.br acesso em 17/09/2009.

ESRI. ARCGIS 9.3.1 – Geographic information system (GIS) software products.

FEMA – Fundação Estadual de Mato Grosso. **Qualidade da Água dos Principais Rios da Bacia do Alto Paraguai, Cuiabá – Mato Grosso**, 1995. 56p. Relatório Preliminar.

FREEZE, R.A; CHERRY, J.A. 1979. **Groundwater**. Prentice-Hall, PP.507-513.

GURR, C. G; MARCHALL, T. J.; HUTTON, J.T.; 1952. **Water Movement in Soil Due to a Temperature Gradient**. Soil Sci., 24pp. 335-334.

GESETT4/AI. **Fontes de Poluição das Águas Subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/infra/g7428.pdf>> acesso em: 05/09/2009.

HOUNSLOW, A. W. 1995. **Water Quality Data Analysis and Interpretation**. Lewis Publishers, New York. 397 p. 88-96.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Censo 2007**, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>> acesso em 25/02/2009.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie en Cinq Tomes**, Gebüder Bornträger. Berlin, 1930.

LEAL, A. S.- **As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e uso**. Brasília: ANEEL, 1999 - CD-ROM.

Levering, T. S. and Goode, H. D., 1963, **Measuring geothermal gradients in drillholes less than 60 feet deep, East Tintic District, Utah**. U. S. Geol. Survey Bull. 1172, p. 1-48.

Lubimova, H.A., L.M. Lusova, F.V. Firsov, G.N. Starkova, and A.P. Shushpanov. 1961. Determination of surface heat flow in Mazesta (USSR). Ann. Geophys. 14:157–167.

MAITELLI, G. T. **Uma Abordagem Tridimensional de Clima Urbano em Área Tropical Continental: O Exemplo de Cuiabá-MT.** São Paulo, 1994. 204 p. Tese de Doutorado/ Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

MAPA de solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE: Embrapa Solos, 2001. 1 Mapa. Escala 1:5.000.000.

MESTRINHO, S. S. P. **Geoquímica e Contaminação de Águas Subterrâneas.** In: Curso de Atualização. Convênio Associação Brasileira de Águas Subterrâneas-ABAS e Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, Recife-Pe, 1997.

MIGLIORINI, R. B., BARROS, M. S., APOITIA, L.F.M., SILVA, J.J.F., 2006. **Diagnóstico Preliminar das Principais Províncias Hidrogeológicas do Estado de Mato Grosso: Uma Proposta de Mapa Hidrogeológico de reconhecimento.** In: Fernandes, C. J. Rúbia, R.V. Recursos Hídricos de Mato Grosso. V.03 p.37-49.

MILANI, E. J. Evolução. 1997. **Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental.** 2 V. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OTA – Office of Technology Assessment USA. **Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas.** Disponível em: <<http://www.subterranea.hpg.ig.com.br/fundamentos.htm>> Acesso em 27/09/2009.

PEIXOTO FILHO, S. 2000. **Contribuição a gestão do aquífero termal de Caldas Novas/Rio Quente – GO.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – CTG – Geociências. 183p.

PIPER, A.M. **A Graphic procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses.** Ts. Amer. Geophysical Union, 1944. 25: 914-928.

PRÓ-ÁGUA, **Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/poluicao.htm>> Acesso em 27/09/2009.

PROASNE – Programa Água Subterrânea no Nordeste do Brasil. Disponível em <http://proasne.net/PROASNE_Closing_Report.pdf>. Acesso em 27/09/2009.

PRODEAGRO, **Zoneamento sócio-econômico-ecológico: diagnóstico sócio-econômico-ecológico do estado de Mato Grosso e assistência técnica na formulação da 2ª aproximação**. Disponível em: <http://www.zsee.seplan.mt.gov.br/servidordemapas/downloads/Arquivos%20Tem%C3%A1ticos/1_1_500_Geologia/>

REBOUÇAS, A.C. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org), **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo-SP, 1999. Editora Escrituras.

REBOUÇAS, A.C. A Política Nacional de Recursos Hídricos e as Águas Subterrâneas Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – **Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS**. Maio/2002. N^o16. pp. 83-95.

REBOUÇAS, A. da C. (2002). **Água Doce no Mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. (orgs.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed. São Paulo: Escrituras Editora. p. 01-37.

ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C. GIUSTI, D.A.; NADAL, C.A. Utilização das águas subterrâneas no abastecimento público das cidades paranaenses. **Boletim Paranaense de Geociências**, 46; Curitiba, p. 13-23. 1998.

RUIZ, A.S.; CUTRIM, A.O.; CASARIN, J.C.; VECCHIATO, A.B.; SALOMÃO, F.X.T. **Mapeamento Geológico da Bacia do Paraná na cidade de Rondonópolis-MT**. (inédito).

SANTOS JR. W. A., SALINA A. S. R., CASARIN J. C., CUTRIM A. O., SALOMÃO F. X. T. 1997. **Caracterização geológica preliminar da área urbana de Rondonópolis (MT) e seu entorno**. In: SBG, Simp. Geol. Centro-Oeste, Anais, p.128-130.

SHARP, J. M; KYLE, J. R. 1988. The role of groundwater processes in the formation of ore deposits. Em Back W; Rosenshein J; Seaber P. The geology of North America, hydrogeology. Geol. Soc. Am., v 0-2, p.461-483.

SCHNEIDER R. L. 1974. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. In: SBG, Cong. Bras.Geol.,Anais. 1:41-65.

SCHOELLER, H., 1962. **Les Eaux Souterraines**. Ed. Masson, Paris.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE; G. R. & ASMUS, H. E. (1.984). **Geologia do Brasil. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente incluindo Depósitos Minerais**. DNPM, Brasília. 501 p.

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso – **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em www.sema.mt.gov.br. Acesso em 18/10/2009.

SERFATY S. Planos diretores de abastecimento d'água: contribuição à sua implantação. **Revista técnica e informativa da CPRM – A Água em Revista**, 1995. Ano III. Número 4.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4.

STIFF, H. A. Jr. 1951. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. J. Petrol. Technol., v. 3, n° 10, p 15-17.

SURFER. Surfer 7.0. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. User's Guide. New York: Golden Software, 1999. 619 p.

TERZAGHL, K. & PECK, R.B., 1967. **Soil Mechanics in Engineering Practice**, 2ª ed. John Wiley & Sons. New York.

TOLEDO, M. C. M. **A Terra: um planeta heterogêneo e dinâmico**. Disponível em: http://www.igc.usp.br/geologia/a_terra.php Acesso em 01/12/2009.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Wellhead Protection: A Guide for Small Communities**. Seminar Publication. USEPA, Office of Research and Development. Office Water Washington, USA, 1993. EPA-625/R-93/002. 144p.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Guidelines for Delineation of Wellhead Protection Areas**. USEPA, Office of Water Washington, USA, 1997. EPA-440/5-93-001. 204p.

USGS – United States Geological Survey. **Ground Water Quality**. <http://pubs.usgs.gov/wri/wri024045/htms/report2.htm>. Acesso em 14/10/2009.

VIEIRA, A. J. 1965. **Geologia do Centro-Oeste de Mato Grosso**. Ponta Grossa. PETROBRÁS-DEBSP, 79p. (Relatório Técnico Interno, 379).

VIEIRA, A. J. **Estratigrafia e estrutura da região de Rondonópolis**, MT. Ponta Grossa. PETROBRÁS-DEBSP, 1985 (Relatório Técnico Interno, 302).

VITORELLO, I; HAMZA, V. M.; POLLACK, H. N. & ARAUJO, H. I. C. 1978. Geothermal Investigation in Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. 8 (2): 71-89.

WHITE, I.C. (1908). **Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro : DNPM , 1988. Parte I, p.1-300 ; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar)

WHITE, D. E., 1970. **Geochemistry of the Groundwater to the Discovery Evaluation and Explotation of Geothermal Energy Resources**. Informe de la Sección y del Simpósio dobre el Desarrollo y Utilización de Recursos Geotérmicos de Pisa. Organizado por las Naciones Unidas.

WREGGE, M. 1997. Termos Hidrogeológicos Básicos. **Caderno Técnico da Associação Brasileira Águas Subterrâneas**, Nº 4.

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 1 - Balneário Chuveirão

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari-dade (mmol/l)	Molari-dade (mol/l)	Valen-cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	0,6	40,08	0,01	1,5E-05	2	4	0,03	6	-0,0209	0,953
Mg ⁺²	0,2	24,31	0,01	8,2E-06	2	4	0,02	8	-0,0207	0,953
Na ⁺	0,2	23,00	0,01	8,7E-06	1	1	0,01	4	-0,0053	0,988
K ⁺	0,8	39,10	0,02	2,0E-05	1	1	0,02	3	-0,0053	0,988
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0209	0,953
Cl ⁻	1,4	35,50	0,04	3,9E-05	1	1	0,04	3	-0,0053	0,988
SO ₄ ⁻²	1,4	96,00	0,01	1,5E-05	2	4	0,03	4,5	-0,0210	0,953
HCO ₃ ⁻	0	61,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	4	-0,0053	0,988
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	4,5	-0,0210	0,953
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0053	0,988
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0053	0,988

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico				
pH	7,9	<input type="checkbox"/>	Σ Cations	0,08	
Alkalinity	0	<input type="checkbox"/>	Σ Anions	0,07	
HCO ₃ ⁻ teor	0,0	922.2mg/l	Error %	4,82	%
CO ₃ ⁻² teor	0,0	mg/l	cation/anion	1,10	
Temp °C	42	mg/l	I-ionic strength	0,00	mol/L
A	0,5085				
B x 10 ⁸	0,3281				

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 2 - DAE Juscimeira PT 1

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari-dade (mmol/l)	Molari-dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	2,2	40,08	0,05	5,5E-05	2	4	0,11	6	-0,0446	0,902
Mg ⁺²	1	24,31	0,04	4,1E-05	2	4	0,08	8	-0,0440	0,904
Na ⁺	3	23,00	0,13	1,3E-04	1	1	0,13	4	-0,0113	0,974
K ⁺	3,2	39,10	0,08	8,2E-05	1	1	0,08	3	-0,0114	0,974
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0446	0,902
Cl ⁻	0	35,50	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0114	0,974
SO ₄ ⁻²	1,9	96,00	0,02	2,0E-05	2	4	0,04	4,5	-0,0451	0,901
HCO ₃ ⁻	19,5	61,00	0,32	3,2E-04	1	1	0,32	4	-0,0113	0,974
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	4,5	-0,0451	0,901
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0114	0,974
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0114	0,974

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico			
pH	6	<input type="checkbox"/>	Σ Cations	0,40
Alkalinity	0	<input type="checkbox"/>	Σ Anions	0,36
HCO ₃ ⁻ teor	0,0	922,2mg/l	Error %	5,90
CO ₃ ⁻² teor	0,0	mg/l	catio/anion	1,13
Temp °C	41	mg/l	I-ionic strength	0,00
A	0,5221			
B x 10 ⁸	0,3305			

Apêndice 1

Balanco iônico - Poço 3 - DAE Jusmeira PT 6

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari-dade (mmol/l)	Molari-dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	4,8	40,08	0,12	1,2E-04	2	4	0,24	6	-0,0608	0,869
Mg ⁺²	1,8	24,31	0,07	7,4E-05	2	4	0,15	8	-0,0597	0,872
Na ⁺	5,4	23,00	0,23	2,3E-04	1	1	0,23	4	-0,0155	0,965
K ⁺	5,5	39,10	0,14	1,4E-04	1	1	0,14	3	-0,0157	0,965
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0608	0,869
Cl ⁻	2,8	35,50	0,08	7,9E-05	1	1	0,08	3	-0,0157	0,965
SO ₄ ⁻²	3,8	96,00	0,04	4,0E-05	2	4	0,08	4,5	-0,0617	0,867
HCO ₃ ⁻	32	61,00	0,52	5,2E-04	1	1	0,52	4	-0,0155	0,965
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	4,5	-0,0617	0,867
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0157	0,965
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0156	0,965

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico	
pH	6,7	<input type="checkbox"/>
Alkalinity	0	<input type="checkbox"/>
HCO ₃ ⁻ teor	922.2mg/l	Σ Cations
CO ₃ ⁻² teor	mg/l	Σ Anions
Temp °C	36	Error %
A	0,5221	catio/anion
B x 10 ⁸	0,3305	I-ionic strength
		mol/L
		0,76
		0,68
		5,56
		1,12
		0,00

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 4 - Assentamento Geraldo Andrade - Jusciemeira

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari- dade (mmol/l)	Molari- dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	3,4	40,08	0,08	8,5E-05	2	4	0,17	6	-0,0606	0,870
Mg ⁺²	1,6	24,31	0,07	6,6E-05	2	4	0,13	8	-0,0595	0,872
Na ⁺	4,3	23,00	0,19	1,9E-04	1	1	0,19	4	-0,0154	0,965
K ⁺	6,8	39,10	0,17	1,7E-04	1	1	0,17	3	-0,0156	0,965
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0606	0,870
Cl ⁻	4,2	35,50	0,12	1,2E-04	1	1	0,12	3	-0,0156	0,965
SO ₄ ⁻²	2,8	96,00	0,03	2,9E-05	2	4	0,06	4,5	-0,0614	0,868
HCO ₃ ⁻	38	61,00	0,62	6,2E-04	1	1	0,62	4	-0,0154	0,965
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	2,0E-07	2	4	0,00	4,5	-0,0614	0,868
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0156	0,965
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0155	0,965

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico		
pH	6,8	<input type="checkbox"/>	Σ Cations
Alkalinity	31,2	<input type="checkbox"/>	Σ Anions
HCO ₃ ⁻ teor	38,0	mg/l	Error %
CO ₃ ⁻² teor	0,0	mg/l	catio/anion
Temp °C	47		I-ionic strength
A	0,5319		
B x 10 ⁸	0,3321		

0,66
0,80
9,43
0,83
0,00

mol/L

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 5 - Distrito de Irenópolis

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari-dade (mmol/l)	Molari-dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	5	40,08	0,12	1,2E-04	2	4	0,25	6	-0,0657	0,860
Mg ⁺²	2,2	24,31	0,09	9,0E-05	2	4	0,18	8	-0,0644	0,862
Na ⁺	6	23,00	0,26	2,6E-04	1	1	0,26	4	-0,0168	0,962
K ⁺	7	39,10	0,18	1,8E-04	1	1	0,18	3	-0,0170	0,962
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0657	0,860
Cl ⁻	2,8	35,50	0,08	7,9E-05	1	1	0,08	3	-0,0170	0,962
SO ₄ ⁻²	5,5	96,00	0,06	5,7E-05	2	4	0,11	4,5	-0,0667	0,858
HCO ₃ ⁻	34	61,00	0,56	5,6E-04	1	1	0,56	4	-0,0168	0,962
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	4,4E-08	2	4	0,00	4,5	-0,0667	0,858
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0170	0,962
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0169	0,962

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico			
pH	6,2	<input type="checkbox"/>	Σ Cations	0,87
Alkalinity	27,9	922.2mg/l	Σ Anions	0,75
HCO ₃ ⁻ teor	34,0	mg/l	Error %	7,37 %
CO ₃ ⁻² teor	0,0	mg/l	catio/anion	1,16
Temp °C	50		I-ionic strength	0,00
A	0,5319			
B x 10 ⁸	0,3321			

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 6 - Termas Marihá Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari-dade (mmol/l)	Molari-dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	4,8	40,08	0,12	1,2E-04	2	4	0,24	6	-0,0690	0,853
Mg ⁺²	2,2	24,31	0,09	9,0E-05	2	4	0,18	8	-0,0675	0,856
Na ⁺	11,3	23,00	0,49	4,9E-04	1	1	0,49	4	-0,0176	0,960
K ⁺	6,7	39,10	0,17	1,7E-04	1	1	0,17	3	-0,0178	0,960
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0690	0,853
Cl ⁻	1,4	35,50	0,04	3,9E-05	1	1	0,04	3	-0,0178	0,960
SO ₄ ⁻²	2,8	96,00	0,03	2,9E-05	2	4	0,06	4,5	-0,0702	0,851
HCO ₃ ⁻	51,2	61,00	0,84	8,4E-04	1	1	0,84	4	-0,0176	0,960
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	6,7E-07	2	4	0,00	4,5	-0,0702	0,851
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0178	0,960
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0177	0,960

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico			
pH	7,2	<input type="checkbox"/>	Σ Cations	1,08
Alkalinity	42	<input type="checkbox"/>	Σ Anions	0,94
HCO ₃ ⁻ teor	51,2	mg/l	Error %	7,16 %
CO ₃ ⁻² teor	0,0	mg/l	cation/anion	1,15
Temp °C	38		I-ionic strength	0,00
A	0,5221			
B x 10 ⁸	0,3305			

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 7 - Água Mineral Clarinha do Vale

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari- dade (mmol/l)	Molari- dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	1	40,08	0,02	2,5E-05	2	4	0,05	6	-0,0271	0,940
Mg ⁺²	0,5	24,31	0,02	2,1E-05	2	4	0,04	8	-0,0268	0,940
Na ⁺	0,4	23,00	0,02	1,7E-05	1	1	0,02	4	-0,0068	0,984
K ⁺	0,3	39,10	0,01	7,7E-06	1	1	0,01	3	-0,0069	0,984
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0271	0,940
Cl ⁻	2,8	35,50	0,08	7,9E-05	1	1	0,08	3	-0,0069	0,984
SO ₄ ⁻²	2,1	96,00	0,02	2,2E-05	2	4	0,04	4,5	-0,0272	0,939
HCO ₃ ⁻	0	61,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	4	-0,0068	0,984
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	4,5	-0,0272	0,939
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0069	0,984
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0068	0,984

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico	
pH	5,2	<input type="checkbox"/>
Alkalinity	0	<input type="checkbox"/>
HCO ₃ ⁻ teor	922,2mg/l	Σ Cations
CO ₃ ⁻² teor	mg/l	Σ Anions
Temp °C	27	Error %
A	0,5085	catio/anion
B x 10 ⁸	0,3281	I-ionic strength
		mol/L

0,12
0,12
2,73
0,95
0,00

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 8 - BH Acqua Club

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso em Atômico (mg)	Molari- dade (mmol/l)	Molari- dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	1,2	40,08	0,03	3,0E-05	2	4	0,06	6	-0,0292	0,935
Mg ⁺²	0,6	24,31	0,02	2,5E-05	2	4	0,05	8	-0,0289	0,936
Na ⁺	0,4	23,00	0,02	1,7E-05	1	1	0,02	4	-0,0074	0,983
K ⁺	1,1	39,10	0,03	2,8E-05	1	1	0,03	3	-0,0074	0,983
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0292	0,935
Cl ⁻	4,2	35,50	0,12	1,2E-04	1	1	0,12	3	-0,0074	0,983
SO ₄ ⁻²	1,1	96,00	0,01	1,1E-05	2	4	0,02	4,5	-0,0294	0,935
HCO ₃ ⁻	0	61,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	4	-0,0074	0,983
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	4,5	-0,0294	0,935
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0074	0,983
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0074	0,983

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico	
pH	5,2	Σ Cations
Alkalinity	0	Σ Anions
HCO ₃ ⁻ teor	922,2mg/l	Error %
CO ₃ ⁻² teor	mg/l	catio/anion
Temp °C	30	I-ionic strength
A	0,513	
B x 10 ⁸	0,329	

0,15
0,14
4,57 %
1,10
0,00

mol/L

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 9 - Assentamento Zumbi

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari- dade (mmol/l)	Molari-dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	11,1	40,08	0,28	2,8E-04	2	4	0,55	6	-0,1688	0,678
Mg ⁺²	3	24,31	0,12	1,2E-04	2	4	0,25	8	-0,1602	0,691
Na ⁺	184	23,00	8,00	8,0E-03	1	1	8,00	4	-0,0446	0,902
K ⁺	6	39,10	0,15	1,5E-04	1	1	0,15	3	-0,0459	0,900
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,1688	0,678
Cl ⁻	8,8	35,50	0,25	2,5E-04	1	1	0,25	3	-0,0459	0,900
SO ₄ ⁻²	82,9	96,00	0,86	8,6E-04	2	4	1,73	4,5	-0,1759	0,667
HCO ₃ ⁻	328	61,00	5,38	5,4E-03	1	1	5,38	4	-0,0446	0,902
CO ₃ ⁻²	1,3	60,00	0,02	2,2E-05	2	4	0,04	4,5	-0,1759	0,667
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0459	0,900
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0453	0,901

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico	
pH	7,9	Σ Cations
Alkalinity	271	Σ Anions
HCO ₃ ⁻ teor	328,0	Error %
CO ₃ ⁻² teor	1,3	catio/anion
Temp °C	36	I-ionic strength
A	0,5175	
B x 10 ⁸	0,3297	

8,95
7,40
9,54
1,21
0,01

%

mol/L

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 10 - DAE D. Aquino - Dist. Entre Rios

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari- dade (mmol/l)	Molari-dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	2,8	40,08	0,07	7,0E-05	2	4	0,14	6	-0,0468	0,898
Mg ⁺²	1,2	24,31	0,05	4,9E-05	2	4	0,10	8	-0,0461	0,899
Na ⁺	1,8	23,00	0,08	7,8E-05	1	1	0,08	4	-0,0119	0,973
K ⁺	4	39,10	0,10	1,0E-04	1	1	0,10	3	-0,0120	0,973
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0468	0,898
Cl ⁻	1,4	35,50	0,04	3,9E-05	1	1	0,04	3	-0,0120	0,973
SO ₄ ⁻²	3,4	96,00	0,04	3,5E-05	2	4	0,07	4,5	-0,0473	0,897
HCO ₃ ⁻	16	61,00	0,26	2,6E-04	1	1	0,26	4	-0,0119	0,973
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	2,1E-08	2	4	0,00	4,5	-0,0473	0,897
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0120	0,973
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0119	0,973

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico	
pH	6,2	Σ Cations
Alkalinity	13,1	Σ Anions
HCO ₃ ⁻ teor	922,2mg/l	Error %
CO ₃ ⁻² teor	mg/l	catio/anion
Temp °C	43	I-ionic strength
A	0,5221	
B x 10 ⁸	0,3305	

0,42
0,37
5,86
1,12
0,00

%

mol/L

Apêndice 1

Balanço Iônico - Poço 11 - DAE Dom Aquino - Pt 2

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações em (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari- dade (mmol/l)	Molari- dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	1,8	40,08	0,04	4,5E-05	2	4	0,09	6	-0,0445	0,903
Mg ⁺²	1	24,31	0,04	4,1E-05	2	4	0,08	8	-0,0438	0,904
Na ⁺	2	23,00	0,09	8,7E-05	1	1	0,09	4	-0,0113	0,974
K ⁺	4,7	39,10	0,12	1,2E-04	1	1	0,12	3	-0,0114	0,974
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0445	0,903
Cl ⁻	2,8	35,50	0,08	7,9E-05	1	1	0,08	3	-0,0114	0,974
SO ₄ ⁻²	1,5	96,00	0,02	1,6E-05	2	4	0,03	4,5	-0,0449	0,902
HCO ₃ ⁻	18	61,00	0,30	3,0E-04	1	1	0,30	4	-0,0113	0,974
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	2,9E-08	2	4	0,00	4,5	-0,0449	0,902
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0114	0,974
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0113	0,974

Alcalinidade e Carbonato teórico Balanço iônico

pH	6,3									
Alkalinity	14,75	922.2mg/l								
HCO ₃ ⁻ teor	18,0	mg/l								
CO ₃ ⁻² teor	0,0	mg/l								
Temp °C	40									
A	0,5221									
B x 10 ⁸	0,3305									
										mol/L
							0,38			
							0,41			
							3,32			%
							0,94			
							0,00			

Apêndice 1

Balanco Iônico - Poço 12 - Assentamento 14 de Agosto

Concentrações iônicas e atividade teórica

	Concen- trações (mg/l)	Peso Atômico (mg)	Molari- dade (mmol/l)	Molari- dade (mol/l)	Valen- cia (z)	Z ²	meq/l	$\alpha_i \times 10^{-8}$	log γ	γ - coef. de ativid.
Ca ⁺²	1,4	40,08	0,03	3,5E-05	2	4	0,07	6	-0,0337	0,925
Mg ⁺²	0,66	24,31	0,03	2,7E-05	2	4	0,05	8	-0,0334	0,926
Na ⁺	0	23,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	4	-0,0085	0,981
K ⁺	0,6	39,10	0,02	1,5E-05	1	1	0,02	3	-0,0086	0,980
Fe ⁺²	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6	-0,0337	0,925
Cl ⁻	1,4	35,50	0,04	3,9E-05	1	1	0,04	3	-0,0086	0,980
SO ₄ ⁻²	6,1	96,00	0,06	6,4E-05	2	4	0,13	4,5	-0,0340	0,925
HCO ₃ ⁻	0	61,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	4	-0,0085	0,981
CO ₃ ⁻²	0,0	60,00	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	4,5	-0,0340	0,925
NO ₃ ⁻	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3	-0,0086	0,980
F ⁻	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5	-0,0085	0,981

Alcalinidade e Carbonato teórico

	Balanco iônico	
pH	5,6	Σ Cations
Alkalinity	0	Σ Anions
HCO ₃ ⁻ teor	922,2mg/l	Error %
CO ₃ ⁻² teor	mg/l	catio/anion
Temp °C	28	I-ionic strength
A	0,5221	
B x 10 ⁸	0,3305	

0,14
0,17
8,83
0,84
0,00

mol/L

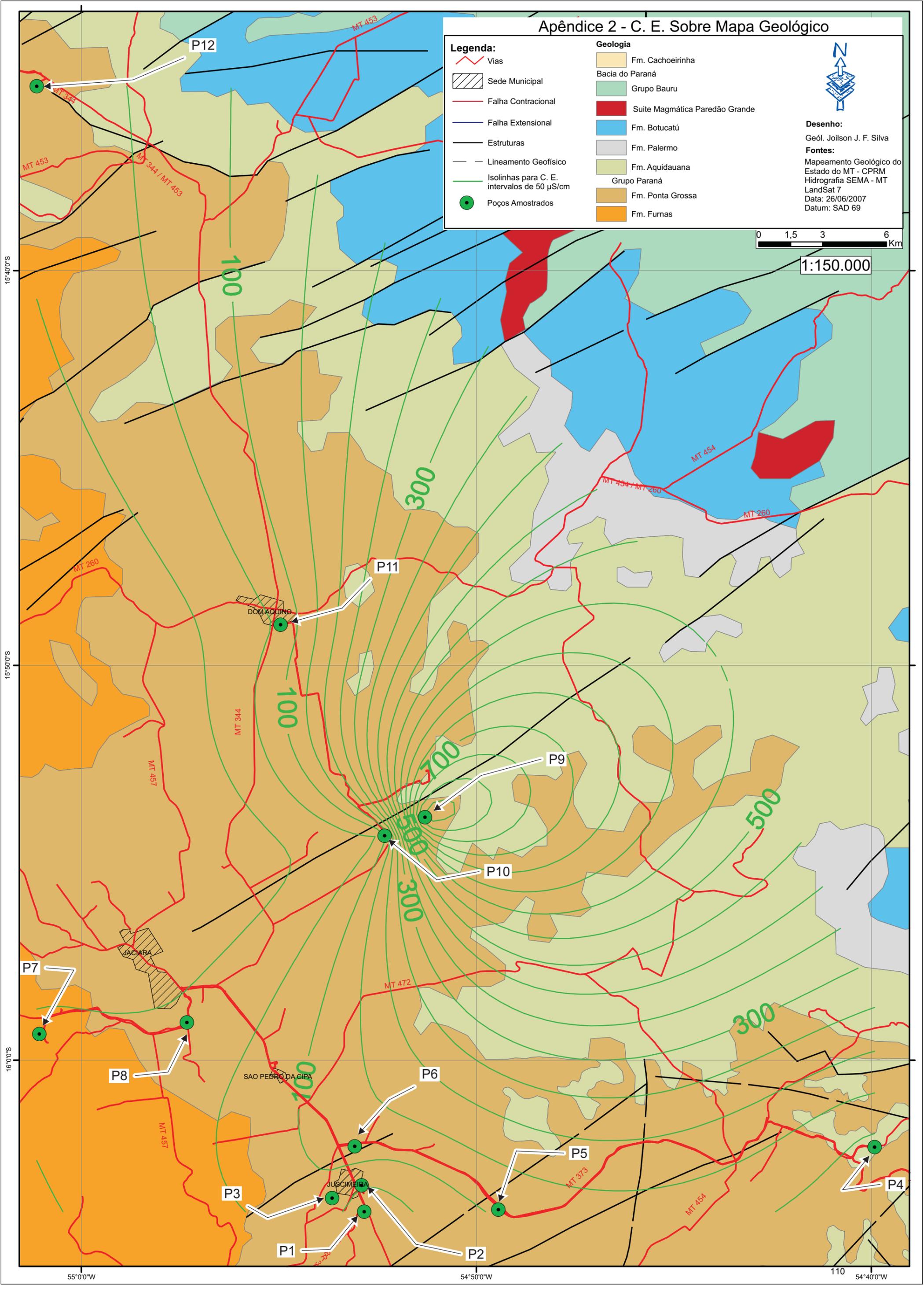
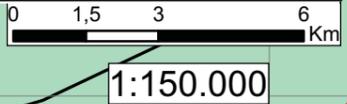
Apêndice 2 - C. E. Sobre Mapa Geológico

Legenda:	
	Vias
	Sede Municipal
	Falha Contracional
	Falha Extensional
	Estruturas
	Lineamento Geofísico
	Isolinhas para C. E. intervalos de 50 µS/cm
	Poços Amostrados

Geologia	
	Fm. Cachoeirinha
Bacia do Paraná	
	Grupo Bauru
	Suite Magmática Paredão Grande
	Fm. Botucatu
	Fm. Palermo
	Fm. Aquidauana
Grupo Paraná	
	Fm. Ponta Grossa
	Fm. Furnas

Desenho:
Geól. Joilson J. F. Silva

Fontes:
Mapeamento Geológico do Estado do MT - CPRM
Hidrografia SEMA - MT
LandSat 7
Data: 26/06/2007
Datum: SAD 69



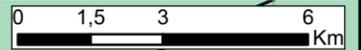
Apêndice 3 - Temperatura Sobre Mapa Geológico

Legenda:		Geologia	
	Vias		Fm. Cachoeirinha
	Sede Municipal		Bacia do Paraná
	Falha Contraccional		Grupo Bauru
	Falha Extensional		Suite Magmática Paredão Grande
	Estruturas		Fm. Botucatu
	Lineamento Geofísico		Fm. Palermo
	Isolinhas para temperatura intervalos de 1°C		Fm. Aquidauana
	Poços Amostrados		Grupo Paraná
			Fm. Ponta Grossa
			Fm. Furnas

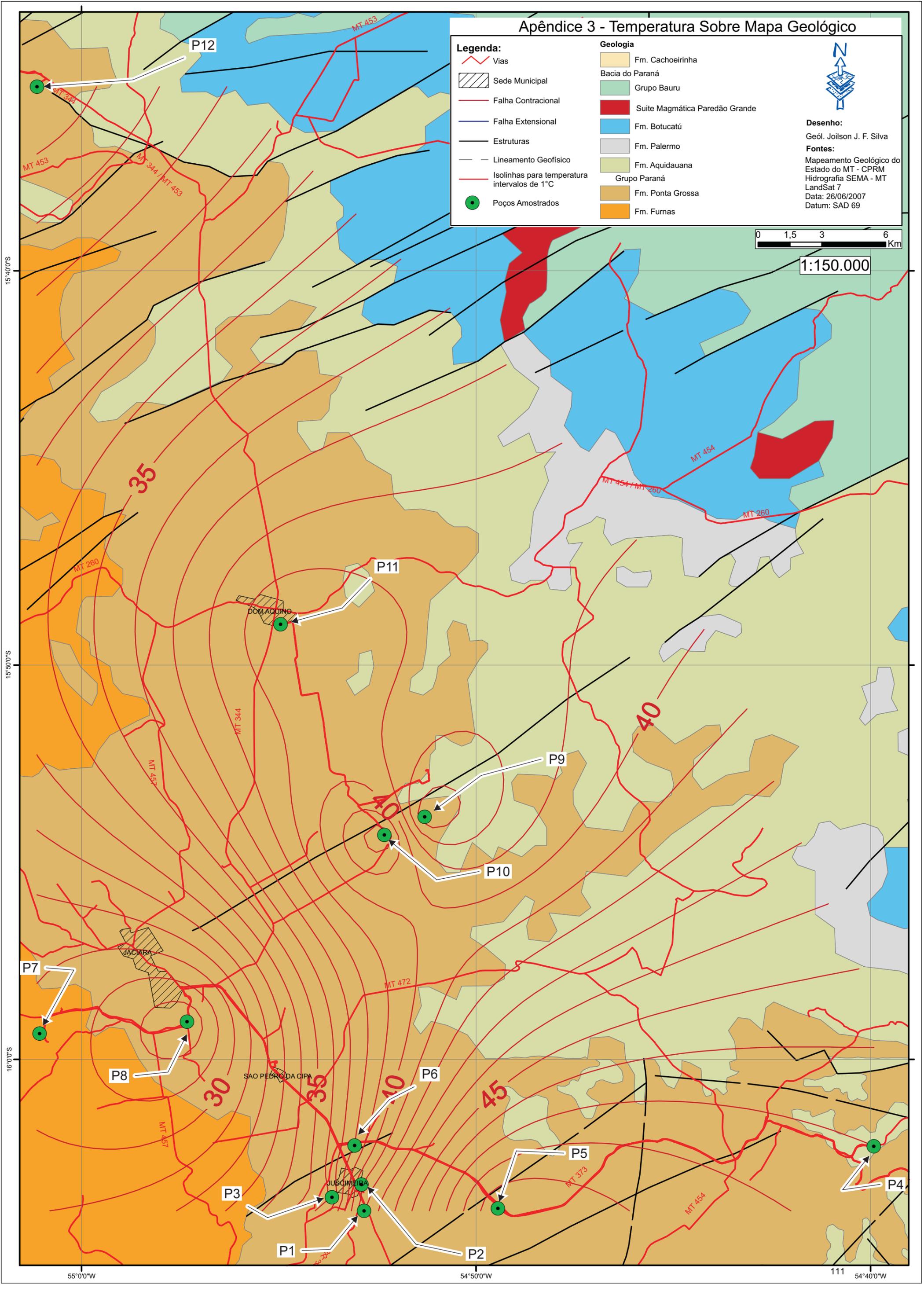


Desenho:
Geól. Joilson J. F. Silva

Fontes:
Mapeamento Geológico do Estado do MT - CPRM
Hidrografia SEMA - MT
LandSat 7
Data: 26/06/2007
Datum: SAD 69



1:150.000



15°40'0"S

15°50'0"S

16°0'0"S

55°0'0"W

54°50'0"W

111 54°40'0"W

Apêndice 4 - Mapa Geológico e Hidroquímico

Legenda:

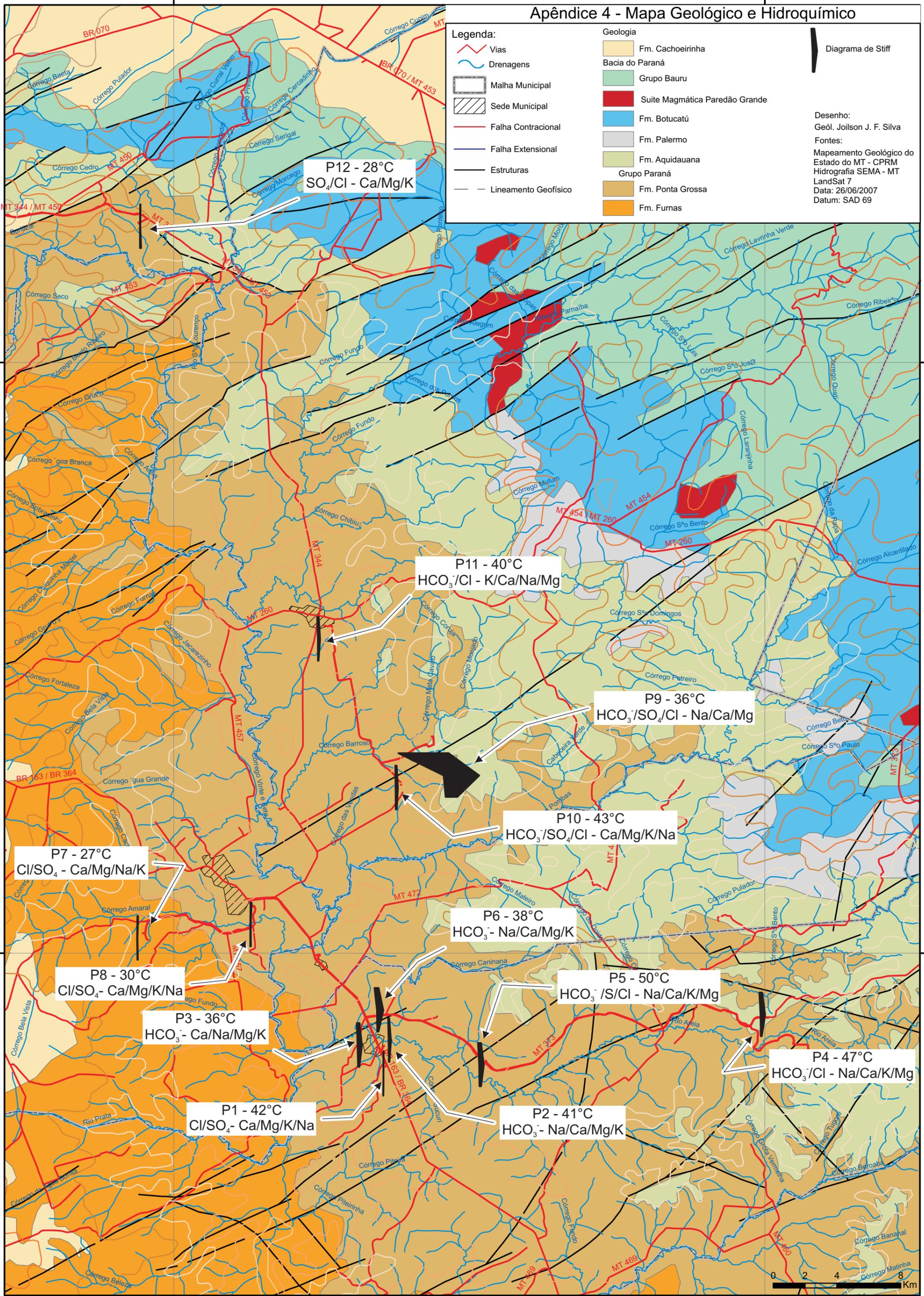
- Vias
- Drenagens
- Malha Municipal
- Sede Municipal
- Falha Contraccional
- Falha Extensional
- Estruturas
- Lineamento Geofísico

Geologia

- Fm. Cachoeirinha
- Bacia do Paraná
- Grupo Bauru
- Suite Magmática Paredão Grande
- Fm. Botucatu
- Fm. Palermo
- Fm. Aquidauana
- Grupo Paraná
- Fm. Ponta Grossa
- Fm. Furnas

Diagrama de Stiff

Desenho:
Geól. Joilson J. F. Silva
Fontes:
Mapeamento Geológico do Estado do MT - CPRM
Hidrografia SEMA - MT
LandSat 7
Data: 26/06/2007
Datum: SAD 69



55°00'W

54°40'W

ANEXO 1 – BOLETINS ANALITICOS

**AGRO ANÁLISE****SOUZA NETO & SOUZA LTDA.**Análise de Solo, Calcário, Adubo, Sementes,
Ração, Água, Bebida e Minério.

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LOGICA CONSULTORIA

DATA : 23/10/09

PROTOCOLO : 7898

LAB: 839 e 840

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	01	02
PH a 25° C	--	5,1	6,0
Condutividade Elétrica	µS/cm	9,8	50,8
Alcalinidade total	mg/L	0,0	16,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	0,0	0,0
Bicarbonatos	mg/L CO ₃	0,0	16,0
Cálcio	mg/L	0,6	2,2
Magnésio	mg/L	0,2	1,0
Potássio	mg/L	0,8	3,2
Sódio	mg/L	0,2	3,0
Ferro	mg/L	0,00	0,00
Cloretos	mg/L	4,2	0,0
Sulfatos	mg/L SO ₄	1,0	1,9
Nitratos	mg/L NO ₃	0,0	0,0

OBS: Este laudo tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).

Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.

Responsável Técnico.



José Joaquim de Souza Neto
Químico
CRQ XV 16100078-MT



RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LOGICA CONSULTORIA

DATA : 23/10/09

PROTOCOLO : 7898

LAB: 841 e 842

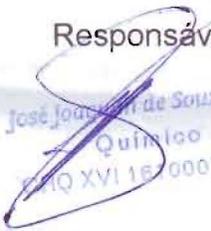
CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	03	04
PH a 25° C	--	6,7	6,8
Condutividade Elétrica	µS/cm	90,8	82,9
Alcalinidade total	mg/L	32,0	38,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	0,0	0,0
Bicarbonatos	mg/L CO ₃	32,0	38,0
Cálcio	mg/L	4,8	3,4
Magnésio	mg/L	1,8	1,4
Potássio	mg/L	5,5	6,8
Sódio	mg/L	5,4	4,3
Ferro	mg/L	0,00	0,00
Cloretos	mg/L	2,8	4,2
Sulfatos	mg/L SO ₄	3,8	2,8
Nitratos	mg/L NO ₃	0,0	0,0

OBS: Este laudo tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).

Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.

Responsável Técnico.


José Joaquim de Souza Neto
Químico
CUIABÁ XVI 16 00078-MT



AGRO ANÁLISE

SOUZA NETO & SOUZA LTDA.

Análise de Solo, Calcário, Adubo, Sementes,
Ração, Água, Bebida e Minério.

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LOGICA CONSULTORIA

DATA : 23/10/09

PROTOCOLO : 7898

LAB: 843 e 844

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	05	06
PH a 25° C	--	6,2	7,2
Condutividade Elétrica	µS/cm	108,9	130,0
Alcalinidade total	mg/L	34,0	42,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	0,0	0,0
Bicarbonatos	mg/L CO ₃	34,0	42,0
Cálcio	mg/L	5,0	5,2
Magnésio	mg/L	2,2	2,2
Potássio	mg/L	7,0	7,0
Sódio	mg/L	6,0	11,3
Ferro	mg/L	0,00	0,00
Cloretos	mg/L	2,8	1,4
Sulfatos	mg/L SO ₄	5,5	2,8
Nitratos	mg/L NO ₃	0,0	0,0

OBS: Este laudo tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.

Responsável Técnico.

José Antônio de Souza Neto
Químico
CRQ MT 16100078-MT



AGRO ANÁLISE

SOUZA NETO & SOUZA LTDA.

Análise de Solo, Calcário, Adubo, Sementes,
Ração, Água, Bebida e Minério.

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LOGICA CONSULTORIA
DATA : 23/10/09
PROTOCOLO : 7898

LAB: 845 e 846

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	07	08
PH a 25° C	--	5,2	5,2
Condutividade Elétrica	μS/cm	8,1	11,0
Alcalinidade total	mg/L	0,0	0,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	0,0	0,0
Bicarbonatos	mg/L CO ₃	0,0	0,0
Cálcio	mg/L	0,8	1,2
Magnésio	mg/L	0,2	0,6
Potássio	mg/L	0,3	1,1
Sódio	mg/L	0,4	0,4
Ferro	mg/L	0,00	0,00
Cloretos	mg/L	2,8	4,2
Sulfatos	mg/L SO ₄	2,1	1,1
Nitratos	mg/L NO ₃	0,0	0,0

OBS: Este laudo tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.

Responsável Técnico.

José ... de Souza Neto
Químico
CPF XVI 16100078 MT

**AGRO ANÁLISE****SOUZA NETO & SOUZA LTDA.**Análise de Solo, Calcário, Adubo, Sementes,
Ração, Água, Bebida e Minério.

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LOGICA CONSULTORIA
DATA : 23/10/09
PROTOCOLO : 7898 LAB: 847 e 848

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	09	10
PH a 25° C	--	7,9	6,2
Condutividade Elétrica	µS/cm	900,0	54,0
Alcalinidade total	mg/L	266,0	16,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	0,0	0,0
Bicarbonatos	mg/L CO ₃	266,0	16,0
Cálcio	mg/L	11,4	2,8
Magnésio	mg/L	3,2	1,2
Potássio	mg/L	6,0	4,0
Sódio	mg/L	188,0	1,8
Ferro	mg/L	0,00	0,00
Cloretos	mg/L	8,5	1,4
Sulfatos	mg/L SO ₄	82,9	3,4
Nitratos	mg/L NO ₃	0,0	0,0

OBS: Este laudo tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.

Responsável Técnico.

**AGRO ANÁLISE**

SOUZA NETO & SOUZA LTDA.

Análise de Solo, Calcário, Adubo, Sementes,
Ração, Água, Bebida e Minério.

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LOGICA CONSULTORIA

DATA : 23/10/09

PROTOCOLO : 7898

LAB:849 e 850

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	11	12
PH a 25° C	--	6,3	5,6
Condutividade Elétrica	μS/cm	57,4	10,4
Alcalinidade total	mg/L	18,0	0,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	0,0	0,0
Bicarbonatos	mg/L CO ₃	18,0	0,0
Cálcio	mg/L	1,8	0,6
Magnésio	mg/L	1,0	0,2
Potássio	mg/L	4,7	0,6
Sódio	mg/L	2,0	0,0
Ferro	mg/L	0,00	0,00
Cloretos	mg/L	2,8	1,4
Sulfatos	mg/L SO ₄	1,5	6,2
Nitratos	mg/L NO ₃	0,0	0,0

OBS: Este laudo tem significado restrito à(s) amostra(s) analisada(s).
Amostra(s) coletada(s) pelo interessado.

Responsável Técnico.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)