

LILIAN FÁTIMA DE MOURA APOITIA

**CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO QUIMISMO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ-MT.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Geologia – Área de Concentração: Geologia Ambiental, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho

Co-orientadores:

Prof. Dr. André Virmond Lima Bittencourt

Prof. Dr. Kurt João Albrecht

CURITIBA

2003

A minha motivação é a busca de me aperfeiçoar e aprender sempre, e vocês são a
minha maior inspiração. Por isso...

A você Joilson,
por seu amor, dedicação, compreensão, paciência

e aos meus pais Orlando e Vera,
pelo exemplo de vida,

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é o resultado da observação durante alguns anos de trabalho na FEMA, visando estudos que viessem subsidiar as tomadas de decisões e contribuir ao processo de gestão integrada das águas. Sua realização só foi possível devido à contribuição de pessoas e entidades que de uma forma ou de outra ajudaram no seu desenvolvimento.

Assim inicialmente agradeço ao Governo do Estado de Mato Grosso em particular a Fundação Estadual de Meio Ambiente, que me deu a oportunidade de realização deste curso de mestrado, junto a Universidade Federal do Paraná, me liberando do horário integral de trabalho no período de Abril/2001 à Abril/2003;

Um agradecimento muito especial ao meu Orientador Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa Filho, pela orientação, pelas palavras de apoio, estímulo e pela credibilidade a mim dispensada.

Ao meu Co-Orientador Prof. Dr. André Virmond Lima Bittencourt pela grande ajuda nas discussões dos dados químicos;

Aos queridos Gyslene e Marco, pela carinhosa acolhida durante quase 5 meses;

Ao meu amigo Nédio que sempre esteve pronto em enviar dados, ajudar no que fosse possível e resolver meus probleminhas burocráticos junto a FEMA;

Aos professores Dr. Renato Migliorini e Dr. Kurt João Albrecht pelos materiais disponibilizados e pelas discussões.

A Cláudio Barreto e Thiago Paiva, pelo acompanhamento em uma das etapas de coleta de água;

Ao pessoal do Laboratório de Monitoramento Ambiental da FEMA;

Aos meus colegas de mestrado em especial a Renata, Rosana, Eloísa e Claudete, pela amizade e companheirismo;

A Sarita Pavin pela sua grande disposição em resolver assuntos burocráticos acadêmicos;

E a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho o meu Muito Obrigada!

“Todo cidadão tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil).

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 ARCABOUÇO INSTITUCIONAL E LEGAL VIGENTES SOBRE A UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	3
2. OBJETIVO.....	6
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	7
3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.....	7
4. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	10
4.1 GEOMORFOLOGIA.....	10
4.2 CLIMA.....	10
4.3 SOLOS.....	11
4.4 VEGETAÇÃO.....	12
4.5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	12
5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA REGIÃO.....	15
5.1 HISTÓRICO DOS ESTUDOS GEOLÓGICOS DO GRUPO CUIABÁ.....	15
5.2 ESTRATIGRAFIA DO GRUPO CUIABÁ.....	17
5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A TECTÔNICA DO GRUPO CUIABÁ.....	22
6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA ÁREA URBANA DE CUIABÁ.....	23
7. RELAÇÃO ENTRE A GEOLOGIA E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ZONA URBANA DE CUIABÁ.....	28
8. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA NA ZONA URBANA DE CUIABÁ.....	31
9. CONSIDERAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	39
9.1 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS.....	39
9.2 RESÍDUOS DE CONTAMINAÇÃO.....	40

9.3 FONTES CONTAMINANTES NO MEIO AMBIENTE.....	42
9.4 QUALIDADE DA ÁGUA.....	45
9.5 PADRÃO DE POTABILIDADE.....	46
10. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ.....	50
10.1 METODOLOGIA.....	50
10.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	52
10.2.1 Qualidade Físico-Química das Águas Subterrâneas em Cuiabá.....	52
10.2.2 Caracterização Química das Águas Subterrâneas em Cuiabá.....	73
11. CONCLUSÕES.....	76
12. RECOMENDAÇÕES.....	78
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICES 1 - MAPA GEOLÓGICO.....	90
APÊNDICE 2 - DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.....	92
APÊNDICE 3 - FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRA.....	99
APÊNDICE 4 - DIAGRAMA DE PIPER.....	101
APÊNDICE 5 - DOCUMENTO FOTOGRÁFICO.....	106
ANEXO 1 - BOLETIM DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ.....	111
ANEXO 2 - METODOLOGIA DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ.....	117
ANEXO 3 – PLANILHA DO BALANÇO IÔNICO.....	119

LISTA DE TABELA

TABELA 1 – RELAÇÃO ENTRE CONTAMINANTES E PRINCIPAIS INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	41
TABELA 2 – FORMARA PREPONDERANTE REPRESENTADA PELOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	48
TABELA 3 – PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA.....	49

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - VALORES MENSIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DOS RIOS CUIABÁ E COXIPÓ EM RELAÇÃO A DESCARGA MÍNIMA DA ESTIAGEM.....	02
QUADRO 2 - ESTRATIGRAFIA DO GRUPO CUIABÁ NA ÁREA DO PROJETO COXIPÓ.....	17
QUADRO 3 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS QUATRO FASES DE DEFORMAÇÃO, DE IDADE BRASILEIRA, IDENTIFICADAS NA FAIXA PARAGUAI.....	22
QUADRO 4 - DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS TUBULARES POR UNIDADE GEOLÓGICA EM CUIABÁ.....	25
QUADRO 5 - PERÍODO DE BOMBAMENTO DOS POÇOS TUBULARES EM FUNÇÃO DO TIPO DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	37
QUADRO 6 - PROJEÇÃO DE VOLUME DE ÁGUAS CONSUMIDAS NA ÁREA URBANA DE CUIABÁ.....	38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE CUIABÁ..	08
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO POPULACIONAL DE CUIABÁ – 1870 A 2000.....	09
FIGURA 3 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DO CINTURÃO PARAGUAI EM MATO GROSSO.....	19
FIGURA 4 - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DA FAIXA PARAGUAI, COM AS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DEFINIDAS POR ALVARENGA (1988, 1990).....	20
FIGURA 5 - GRÁFICO MOSTRANDO A PROFUNDIDADE MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA DOS POÇOS EM CADA UMA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS.....	26
FIGURA 6 - GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO PERCENTUAL DAS PROFUNDIDADES DOS POÇOS PERFURADOS NA ZONA URBANA DE CUIABÁ.....	26
FIGURA 7 - GRÁFICO MOSTRANDO A VAZÃO MÉDIA DOS POÇOS EM CADA UMA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS.....	27
FIGURA 8 - GRÁFICO MOSTRANDO A PROFUNDIDADE DOS POÇOS EM CUIABÁ.....	32
FIGURA 9 - GRÁFICO MOSTRANDO A VAZÃO DOS POÇOS EM CUIABÁ.....	33
FIGURA 10 - EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA ÁREA DE CUIABÁ.....	34
FIGURA 11 - GRÁFICO MOSTRANDO PERCENTUAIS DE POÇOS TUBULARES EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE USUÁRIOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ/MT.....	35
FIGURA 12 - GRÁFICO MOSTRANDO VAZÕES MÉDIAS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS EM CUIABÁ EM FUNÇÃO DOS TIPOS DE USUÁRIOS.....	36
FIGURA 13 - ORGANIZAÇÃO HIERÁRQUICA DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	46
FIGURA 14 - VARIAÇÃO DO POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH) NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	53
FIGURA 15 - VARIAÇÃO DE CONDUTIVIDADE NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	54
FIGURA 16 - VARIAÇÃO DE TURBIDEZ POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	55
FIGURA 17 - VALORES DE ALCALINIDADE NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	57
FIGURA 18 - VALORES DE SÓLIDOS TOTAIS DOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	59

FIGURA 19 - VALORES DE NITRATO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	61
FIGURA 20 - VALORES DE SULFATO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	62
FIGURA 21 - VALORES DE CLORETOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	63
FIGURA 22 - VALORES DE FERRO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	64
FIGURA 23- VALORES DE CÁLCIO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	65
FIGURA 24 - VALORES DE MAGNÉSIO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	66
FIGURA 25 - VALORES DE SÓDIO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	67
FIGURA 26 - VALORES DE POTÁSSIO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	68
FIGURA 27 - VALORES DE DUREZA NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	69
FIGURA 28 - VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.....	71
FIGURA 29 - DIAGRAMA DE PIPER REPRESENTANDO A COMPOSIÇÃO IÔNICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO DE CUIABÁ-MT. OS VALORES ESTÃO REPRESENTADOS EM TERMOS DE PERCENTUAIS DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO.....	74

RESUMO

O presente trabalho teve a finalidade de realizar uma distinção química das águas que circulam através das diferentes litofácies que compõe o Grupo Cuiabá, no município de Cuiabá-MT. Foram selecionados 12 pontos de amostragem os quais foram julgados representativos das características hidrogeoquímica do aquífero da região. O município de Cuiabá está situado sobre litologias deformadas pertencentes ao Grupo Cuiabá, as quais são constituídas por rochas de baixo grau de metamorfismo, tais como filitos, metarenitos e metarcóseos, com xistosidade bem desenvolvida e intensamente dobrada e fraturada. O potencial hídrico subterrâneo apresenta características de meio poroso e fraturado. As coletas foram realizadas nos dias 7, 14, 15 e 31 de Julho/2003. Os parâmetros analisados foram: HCO_3^- (Bicarbonato), CO_3^{2-} (carbonato), SO_4^{2-} (sulfato), Cl^- (cloreto), NO_3^- (nitrato), PO_4^{3-} (fosfato), Ca^{+2} (cálcio), Mg^{+2} (magnésio), Na^+ (sódio), K^+ (potássio), Fe (ferro total), turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais e pH. Os tipos hidroquímicos foram obtidos a partir da relação de miliequivalência entre os elementos principais, na forma de cátions e ânions, utilizando-se o diagrama triangular de Piper. Os resultados apresentados pelo Diagrama de Piper mostraram que as litofácies que compõem o Grupo Cuiabá em Cuiabá, possuem um comportamento semelhante, onde 91,7 % dos pontos analisados se caracterizam por águas bicarbonatadas cálcicas e magnesianas, e 8,3% se caracterizam por águas sulfatadas ou cloretadas sódicas. Uma avaliação analítica preliminar mostrou que em relação aos parâmetros físico-químicos analisados as águas subterrâneas em Cuiabá são de boa qualidade.

ABSTRACT

The present work had as main objective to accomplish a chemical distinction between the waters circling through the different litofacies that compose Cuiabá Group, at the urban zone of Cuiabá city. Twelve sampling points had been selected and judged representing the hidrogeochemical features for this region's aquifer. The city of Cuiabá is located over deformed litologies belonging to Cuiabá Group, witch are constituted of low grade metamorphic rocks like filites, meta sandstone and meta arcoses, with a well developed xistosity and intensely folded and fractured. The underground hydric potential presents porous and fractured environment features. The sampling has happened on the 7, 14, 15 and 31 July, 2003. The analised parameters were: HCO_3^{-} (bicarbonate), CO_3^{-2} (carbonate), SO_4^{-2} (sulfate), Cl^{-} (chlorine), NO_3^{-} (nitrate), PO_4^{-3} (phosphate), Ca^{+2} (calcium), Mg^{+2} (magnesium), Na^{+} (sodium), K^{+} (potassium), Fe (total iron), turbidity, electrical conductivity, total solids and pH. The hydrochemical types were obtained from the miliequivalence relation between the main elements, expressed as cations and anions, using the Piper's triangular diagram. The results presented by the Piper Diagram showed that the litofacies composing the Cuiabá Group, have similar behavior , where 91,7% of the analyzed points were characterized as bicarbonated calcic and magnesian waters, and 8,3% as sulphated or sodic chlorated waters. The physical-chemical parameters analyzed brought in a preliminary analytical evaluation good quality results for Cuiabá city groundwater.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores impactos em uma bacia hidrográfica se deve a ocupação desordenada, onde o desenvolvimento sócio-econômico aliado à expansão urbana e industrial são fatores que podem comprometer a qualidade de vida da população.

A utilização das águas subterrâneas no Brasil é geralmente feita de forma 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, os poços construídos, operados e abandonados sem controle se transformam em verdadeiros focos de poluição das águas subterrâneas, sobretudo, daqueles localizados no meio urbano.

As águas subterrâneas nas últimas décadas tornaram-se uma alternativa barata para a solução de problemas de abastecimento público, industrial e para a irrigação. Desta forma sem um rigoroso controle em prol de seu uso e proteção torna-se cada vez mais preocupante a sua utilização.

Estima-se que cerca de 50% dos atuais 170 milhões de brasileiros, se abastecem de manancial subterrâneo. Portanto, a extração de águas subterrâneas 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 à produção do volume controlado pelo Departamento Nacional de Pesquisa Mineral - DNPM (Revista ABAS, Maio/2002).

O município de Cuiabá, a exemplo de outras capitais brasileiras, apresentou na última década um acelerado crescimento populacional e industrial, o qual tem interferido no ambiente natural de forma expressiva através da redução de áreas de vegetação, da impermeabilização de grandes áreas, da canalização de córregos seguido da retirada da vegetação ciliar que os protegem. Outros fatores impactantes no meio urbano também tem gerado uma série de problemas de uso e ocupação do solo, que por sua vez afetam diretamente os recursos hídricos, seja por atividades poluidoras ou mesmo excesso de exploração desses recursos.

O abastecimento de água para os diversos usos nesse município é feito basicamente nos dois rios importantes que a zona urbana comporta, o Cuiabá, com uma descarga de 344 m³/s, e o Coxipó, com 5,8 m³/s. No quadro 01 verifica-se a vazão média de captação em ambos os rios. As águas subterrâneas extraídas de poços tubulares ainda representam um pequeno volume, embora já ocorram registros de um elevado número de poços perfurados na cidade. As características hidrogeológicas, em termos de vazão produzida por poço, são bastante baixas devido à heterogeneidade dos aquíferos.

QUADRO 01 - VALORES MENSAIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DOS RIOS CUIABÁ E COXIPÓ EM RELAÇÃO A DESCARGA MÍNIMA DE ESTIAGEM

Rios	Captação Mensal (m ³ /mês)	Vazão média de captação (m ³ /s)	Descarga mínima de estiagem (m ³ /s)	Fração de descarga de estiagem (%)
Cuiabá	3.638.064	1,40	51,00	2,75
Coxipó	1.913.334	0,74	4,27	17,29
Cuiabá e Coxipó	5.551.398	2,14	51,00	4,20

FONTE: GIRARD (2000)

Na situação atual, a captação necessária para suprir as necessidades da população de Cuiabá é de apenas 4,2 % da descarga mínima de estiagem. A captação feita no Rio Coxipó corresponde a mais ou menos 17% da descarga mínima, o que restringe um aumento da captação nesse rio para o abastecimento da população.

O uso inadequado dos recursos hídricos na cidade de Cuiabá está relacionado principalmente a má utilização das águas, principalmente as subterrâneas, cuja exploração intensiva tem ocorrido sem nenhum conhecimento técnico do comportamento hidrogeológico.

Essa exploração intensiva, como um recurso estratégico, vem sendo feita sem nenhum planejamento, podendo comprometer assim a qualidade e a quantidade dessas águas. Segundo ALBRECHT (2001) o volume captado de águas subterrâneas atinge 1.576 m³/h, equivalendo a 20,5% das captações de águas superficiais. O consumo médio *per capita* de águas subterrâneas gira em torno de 2,25 L/h/hab (78 L/dia/hab.), o que confere à Cuiabá, uma taxa muito pequena do uso desse recurso, pressupondo

que dentro de 20 anos, o incremento mínimo de captação de águas subterrâneas será de 70% do volume atualmente explorado.

1.1 ARCABOUÇO INSTITUCIONAL E LEGAL VIGENTE SOBRE A UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS.

O marco inicial da utilização das águas subterrâneas para abastecimento público no Brasil foi durante o período Colonial (1500-1822), onde a perfuração só podia ser realizada mediante a autorização central. (revista ABAS, Maio/2002).

Mesmo após a Proclamação da República em 1889, não havia no Brasil nenhum instrumento legal que dispusesse sobre a utilização dos recursos hídricos. Somente em 1907 foi apresentado o projeto de Lei que dispunha sobre o Código das Águas, marco fundamental ao desenvolvimento hídrico, mas este ficou 27 anos tramitando no Congresso Nacional.

Finalmente depois de uma série de alterações e incorporações de novas normas jurídicas, em 10 de julho de 1934 sobre o decreto nº 24.643, foi sancionado o Código das Águas no Brasil. No art. 96 o Código das Águas de 1934 estabelece o seguinte em relação às águas subterrâneas: “O dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas subterrâneas que existam debaixo da superfície de seu prédio, contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas de uso natural, águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares”, ou seja, as águas subterrâneas eram consideradas um bem de domínio privado.

Com as alterações feitas pela Constituição Federal de 1988 ao Código de Águas de 1934, todas as águas do Brasil passaram a ser de domínio dos Estados ou da União, ou seja, de domínio público, extinguindo o conceito de bem natural privado que era conotado no art. 96 do Código da Águas. Nesta abordagem, a Constituição Federal cita em seu art. 26 que são bens do Estado “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da Lei, as decorrentes de obras da união”.

Durante as décadas de 70 e 80, o crescente processo de urbanização no Brasil, requereu uma maior utilização de água e energia. Mesmo com um código de águas, que dispunha sobre o direito de utilização desse recurso, esse código não era passível de combater eficazmente a contaminação das águas e os conflitos de sua utilização, e muito menos promover os meios de uma gestão descentralizada e participativa, uma vez que ele não foi complementado pelas leis e pelos regulamentos nele previstos, em particular ao uso e proteção das águas subterrâneas.

Levando em conta a necessidade de uma legislação mais eficaz no combate ao uso abusivo e descontrolado dos recursos hídricos, é que foi sancionada a Lei Federal 9.433 em 08 de Janeiro de 1997 que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Essa lei organiza o setor de planejamento e gestão de recursos hídricos em âmbito nacional, introduzindo vários instrumentos de política (COSTA, 2001). Este instrumento legal é, sem dúvida, atual e importante. Entretanto por mais que se mencione a gestão integrada, a prática coloca em destaque as águas superficiais. A mesma ênfase foi dada nas Constituições Estaduais de 1989, nos seus Planos de Recursos Hídricos e nas leis correlatas. Sendo assim em 05/11/97 foi sancionada no Estado de Mato Grosso a Lei 6.945, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.

Como já dito acima, os instrumentos legais de controle de recursos hídricos dão uma ênfase maior no que tange as águas superficiais, mesmo a legislação tratando de uma gestão integrada. Com vistas nesse arcabouço e a fim de subsidiar o gerenciamento desses recursos, é que o Estado de Mato Grosso entendeu que esse problema deveria ser repassado à esfera de administração pública estadual, criando assim uma legislação para o controle de exploração das águas subterrâneas, uma vez que, o seu uso indiscriminado e descontrolado já estavam se tornando um agravante, com a construção aleatória de poços sem nenhum planejamento ou controle. Foi então em 14 de abril de 2000 sancionado o Decreto 1.291, que dispõe sobre o licenciamento de poços tubulares no Estado de Mato Grosso. Com essa ferramenta legal todos os poços já construídos até a data da promulgação do decreto teriam um prazo de 180

dias para se cadastrarem junto a Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso (FEMA), órgão responsável pela coordenação e gestão da Política de Recursos Hídricos desse Estado. E todos os poços a serem perfurados a partir daquela data ficaram sujeitos a uma licença prévia. Com isso foi criado o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIDAS), que dará suporte posteriormente a futuras aprovações ou não de licenciamentos de poços tubulares em uma determinada região.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

A má qualidade da água subterrânea pode ser determinada por fatores não somente decorrentes de ações antrópicas mas também de causas naturais como interações água-rocha. Assim numa avaliação da qualidade das águas é importante conhecer inicialmente as condições geofisiográficas do meio e a sua contribuição para o quimismo das águas, para não ocorrer certos erros de atribuição de origem antrópica para determinados constituintes químicos presentes na água.

Em aquíferos fraturados como é o caso de Cuiabá, a porosidade e a permeabilidade das rochas são praticamente nulas, sendo que a potencialidade de armazenamento da água está intimamente ligada à extensão, continuidade e interligação dos fraturamentos, bem como da abertura e densidade destas estruturas geológicas. Assim, a recarga e o transporte dos contaminantes, dependem da interseção das fraturas com as drenagens e das infiltrações através do manto de alteração.

Sendo assim este projeto objetiva a realização de uma caracterização preliminar das águas subterrâneas na zona urbana do município de Cuiabá, levando-se em consideração os aspectos físicos e químicos da água.

2. 1.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar quimicamente as águas subterrâneas em função da geologia, utilizando o Diagrama de Piper;
- Identificar possíveis diferenças hidrogeoquímicas em cada litofácies do Grupo Cuiabá;

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

O Estado de Mato Grosso situa-se na região Centro-Oeste do Brasil, possui uma área de cerca de 907.000km² de extensão territorial, onde se encontra distribuída uma população aproximada de 2.504.353 habitantes (IBGE, 2000). A cidade de Cuiabá, capital do Estado (Figura 01), localiza-se na porção Sul, tendo como principais vias de acesso as rodovias BR 163/364; MT 040 e MT 060.

3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

A maior concentração populacional do Estado de Mato Grosso compreende os municípios de Cuiabá e Várzea Grande, integrando a chamada Grande Cuiabá. Esses dois municípios, de acordo com o IBGE (2000), representam juntos 35% da população de todo o Estado de Mato Grosso, ou seja 698.644 habitantes, e também as áreas de maior adensamento populacional cerca de 121,65 hab/km² em Cuiabá e 211,28 hab/km² em Várzea Grande, compondo o maior núcleo urbano do Oeste Brasileiro, (IPDU, 2000).

A cidade de Cuiabá viveu uma explosão no crescimento demográfico, saltando de 70 mil habitantes registrados no Censo populacional do IBGE em 1970, para uma população de 483.346 habitantes segundo o Censo do IBGE no ano de 2000, (Figura 02). Nas décadas de 70/80 houve um acentuado crescimento populacional superior a 90%. Essa condição permaneceu na década seguinte (80/90), sendo o crescimento em menor proporção, 78% (IPDU, 2000).

O fator explicativo para o desenvolvimento urbano de Cuiabá nos anos 80 foi a expansão descontrolada da periferia urbana, com a multiplicação de bairros marginais e favelas por invasão e ocupação de terrenos não utilizados (COY, 1994).

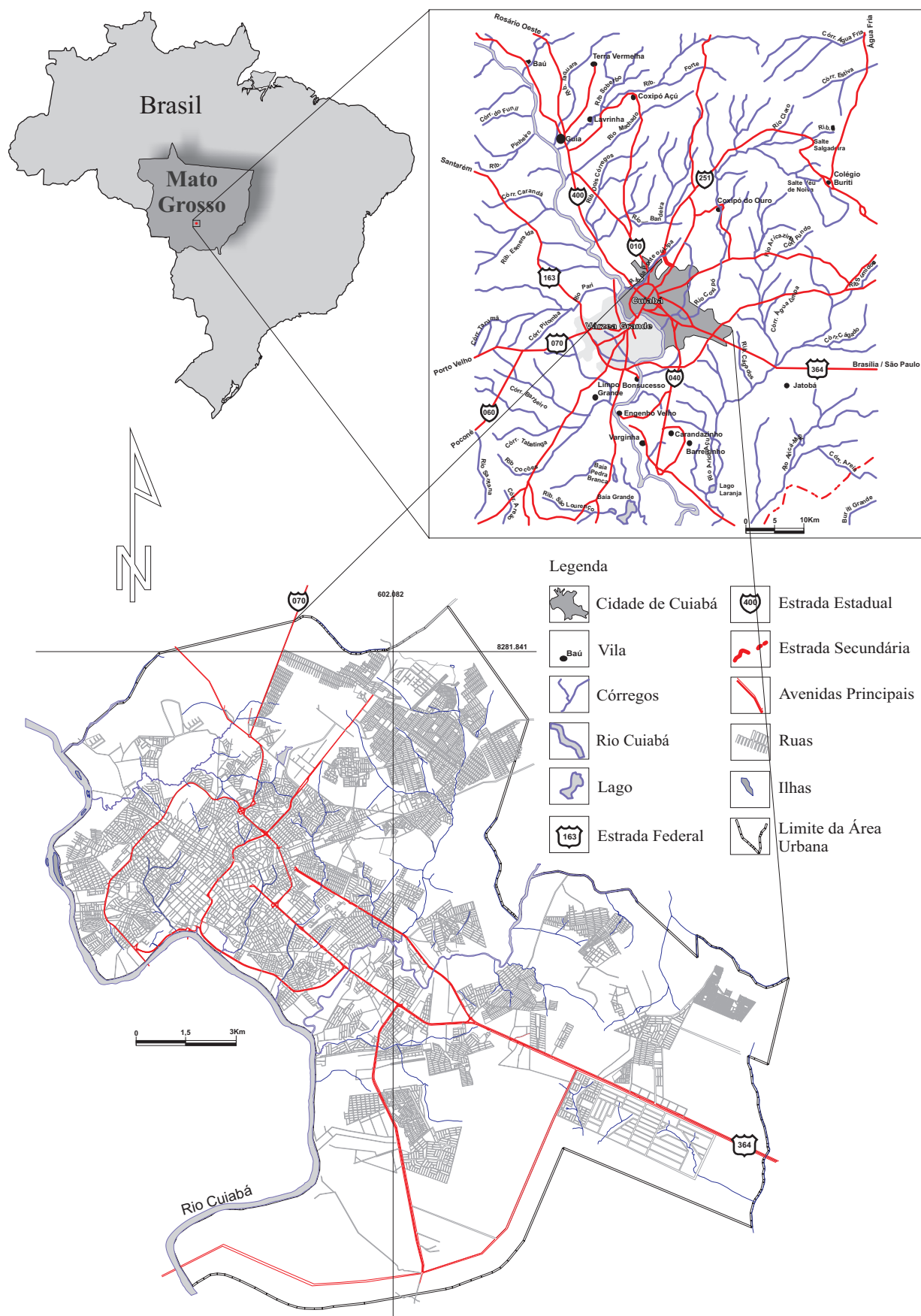
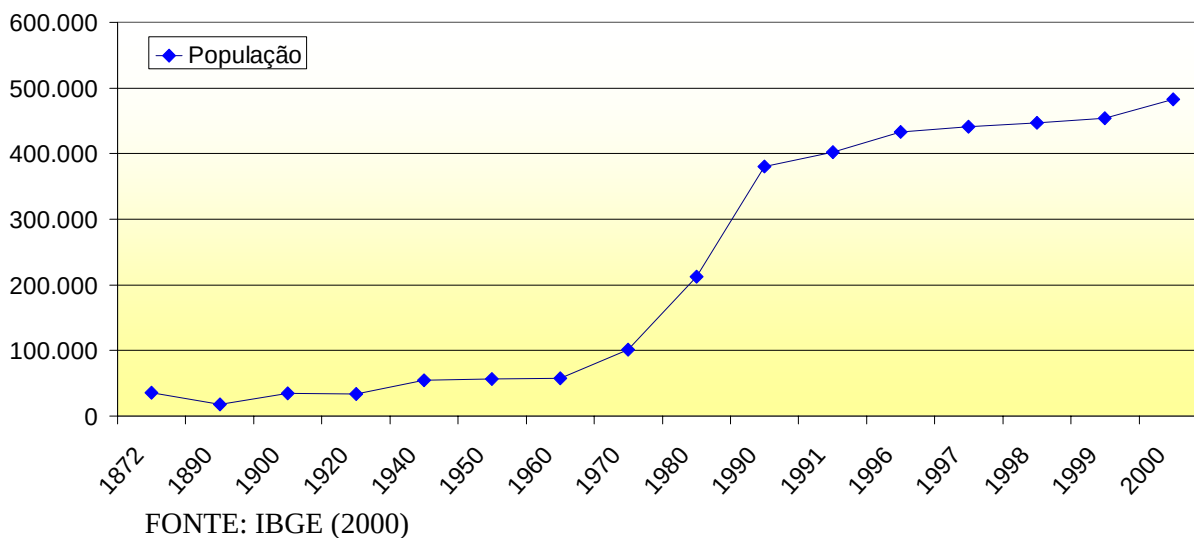


FIGURA 02 - EVOLUÇÃO POPULACIONAL DE CUIABÁ – 1870 a 2000



Trabalho de estimativas populacionais realizados entre a Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Cuiabá e a Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso em 1997, mostrou uma projeção da população urbana de Cuiabá para os períodos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020 de 485.000 hab., 549.623 hab., 599.291 hab., 655.853 hab., 711.581 hab. respectivamente. Vale salientar que com a elaboração do Censo 2000 e comparando os resultados deste com os da Secretaria de Planejamento, essas estimativas apresentaram alta confiabilidade nos dados projetados.

4. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

4.1 GEOMORFOLOGIA

A Região Metropolitana de Cuiabá situa-se na região Centro-Oeste do Brasil, tendo sido denominada pelo Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982) como Depressão Cuiabana, pois compreende uma área rebaixada entre o Planalto dos Guimarães e a Província Serrana.

Do ponto de vista geomorfológico, a região possui uma topografia com inclinação de norte para sul. A altimetria varia entre 150 a 200m no limite sul e atinge até 450m nas partes norte e leste. A Região Metropolitana de Cuiabá, com 165m de altitude e uma área de aproximadamente 3.985 km², é caracterizada por um relevo de planície que foi desenvolvido sobre rochas Pré-Cambrianas fortemente deformadas (MIGLIORINI, 1999).

O relevo mostra-se preferencialmente com formas de topos planos, vertentes curtas e baixa declividade. Os vales são poucos entalhados e os cursos d'água são intermitentes (ROSS, 1991).

O manto de alteração quase sempre não ultrapassa um metro de espessura e, com muita frequência, apresenta horizonte concrecionário de espessura variável, que em muitos pontos aflora em superfície. LEITE SOBRINHO, (1998) considerou que a relação litologia – solo – cobertura vegetal e o regime pluviométrico, são os fatores que definem a morfodinâmica e a esculturação atual deste modelado.

4.2 CLIMA

O clima da região onde se situa a cidade de Cuiabá 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, chegando a temperatura nos meses mais quentes em torno de 45°C. Outra característica marcante desse tipo de clima são as estações bem

definida de chuva e de seca. A estação chuvosa coincide com o verão pois mais de 70% do total das chuvas precipitam entre os meses de novembro a março, período em que a massa equatorial continental está sobre a região. O índice pluviométrico é em torno de 1500 mm/ano.

A evapotranspiração média real oscila em torno de 82 mm/mês com valores mínimos entre 0 e 4mm 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. Estas informações foram obtidas nos Boletins Agroclimatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, relativo ao período entre 1996 e 1997.

Na cidade de Cuiabá, o clima vem sofrendo forte influência da urbanização, sendo que a temperatura mínima média vem sofrendo alterações positivas de $0,073^{\circ}\text{C}$ por ano nos últimos 20 anos (MAITELLI, 1994). O inverno é brando, com ocorrência esporádica de temperaturas baixas em função da inversão polar. A temperatura média do mês mais frio varia entre 15° e 24°C .

A formação de ilha de calor, fenômeno que associa os condicionantes derivados das ações antrópicas sobre o meio ambiente urbano em termos de uso do solo e os condicionantes do meio físico, também foi registrado em Cuiabá com intensidade média de $3,8^{\circ}\text{C}$ e máxima de 5°C no período noturno da estação seca, e com valores máximos de até $2,3^{\circ}\text{C}$ no período noturno da estação chuvosa (MAITELLI, 1994).

4.3 Solos

Mesmo com um substrato rochoso Pré-Cambriano, a área urbana de Cuiabá, apresenta predomínio de solos poucos desenvolvidos em consequência da alta resistência das rochas ao intemperismo. Apresentam características de baixa permeabilidade e granulometria fina do material de origem, dificultando sobremaneira as ações dos fatores e dos processos de formação do solo, originando desse modo, uma

cobertura pedológica relativamente jovem. Assim sendo, tem-se solo das classes dos litólicos e cambissolos (pedologicamente recentes) ocorrendo em relevos de formas mais movimentadas, e às vezes ocorrendo em relevos suaves até planos, com dominância dos solos concrecionários nas superfícies de relevo mais aplainado ou tabular (BRASIL, 1982).

Processos de intemperismo pouco intensos tanto físicos como químicos, originam solos relativamente pouco profundos e rasos, com a presença marcante de horizontes concrecionários lateríticos (LEITE SOBRINHO, 1998).

4.4 VEGETAÇÃO

A vegetação predominante na área é do tipo cerrado e campos cerrados. Esse tipo de vegetação apresenta um aspecto fisionômico de ampla distribuição constituindo mais de 80% da cobertura vegetal na região (LUZ et al., 1980). Ocupa quase sempre as partes mais estáveis da paisagem, ou seja, os interflúvios, enquanto que ao longo das drenagens, ocorrem matas de galeria, uma vegetação mais exuberante. Uma vista parcial da cidade de Cuiabá mostrando a vegetação local pode ser observada nas fotos 01 e 02 do apêndice 5.

4.5 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 do Brasil, a exemplo da Bacia Amazônica que no estado drena uma área de aproximadamente 582.382 km², assim como a Bacia do Araguaia/Tocantins, a qual drena aproximadamente 132.237 km², e a Bacia Platina com 176.800 km² de área drenada .

Com base neste conceito, 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 os 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 médio dos rios; e a Planície, formada por uma região de sedimentos recente sazonalmente inundada pelas cheias dos rios, conhecido como Pantanal Mato-Grossense.

A Bacia do Alto Paraguai representa cerca de 20% do território Mato-Grossense, e é uma das mais impactadas pela ação antrópica. Esses impactos advêm principalmente do acelerado crescimento populacional e econômico que ocorreu 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 sub-bacias, quais sejam: Alto Rio Paraguai, Cuiabá, São Lourenço/Rio Vermelho, Itiquira/Correntes e Pantanal.

A Bacia do Rio Cuiabá é uma das mais importantes formadoras da Bacia do Alto Paraguai. Apresenta uma superfície de aproximadamente 28.000 km². Essa bacia abriga em sua superfície mais de 30% da população do Estado de Mato Grosso. Ela é composta de 13 municípios, incluindo a Região Metropolitana de Cuiabá, e onde estão também localizadas 70% de todas as indústrias do estado. O Rio Cuiabá, principal formador dessa bacia, constitui o principal curso d'água a fluir pela área em estudo, cortando-a na porção Oeste com direção aproximada N-S.

Em função de sua declividade esse rio apresenta duas características diferentes ao longo de seu curso. Inicialmente comporta-se como um rio de planalto, extremamente controlado pela estrutura geológica, o que resulta no aparecimento de diversas corredeiras, até atingir o nível da base regional representado pelo Pantanal.

Sob esta condição, sua velocidade e dinâmica modificam-se apresentando características de rios de planície, onde a declividade passa a variar entre 10 cm/km e 5,6 cm/km (LIMA, 2001).

A área drenada pelo Rio Cuiabá é servida por uma densa rede de drenagem. Os principais afluentes, pela margem direita, são os Rios Chiqueirão, Jangada, e Piraim, e pela margem esquerda, os Rios Marzagão, Manso, Acorizal, Coxipó-Açu, Pari, Coxipó, Aricá-Mirim, Mutum e São Lourenço. Existem também outras drenagens de menor proporção na região que são o Córrego Prainha, o Córrego São Gonçalo, o Córrego Lavrinha, o Córrego Figueirinha, o Córrego Barbado, o Córrego Três Barras, o Córrego Gumitá, o Córrego Mocinha, o Córrego Quarta Feira, o Córrego Ouro Fino, o Córrego Mãe Bonifácia, o Córrego Baú, o Córrego Piçarrão, o Córrego Traíra, o Ribeirão Cocais, o Córrego Formigueiro, o Córrego Barbeiro, o Córrego do Moinho, o Rio Gambá, o Rio Mané Pinto e o Ribeirão do Lipa.

Esses cursos de água vêm sofrendo ações impactantes com o aumento gradativo da expansão do espaço urbano que é uma consequência do crescimento populacional.

A maioria dos córregos localizados na área urbana de Cuiabá teve sua vegetação totalmente eliminada e seu leito transformado em canais para transporte de esgoto *in natura* e de resíduos sólidos. Como consequência destaca-se o baixo nível da qualidade das águas e a diminuição e mesmo a ausência de vida aquática.

5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA REGIÃO

Os temas abordados a seguir serão tratados de maneira a ilustrar as características geológicas do Grupo Cuiabá. Será apresentado um breve histórico da evolução da geotectônica da Faixa Paraguai e uma síntese sobre a geologia do Grupo Cuiabá, levando-se em consideração as suas relações de contatos, sua divisão em unidades estratigráficas e sua evolução tectônica e metamórfica. A caracterização deste Grupo será restrita ao domínio da Baixada Cuiabana.

5.1 HISTÓRICO DOS ESTUDOS GEOLÓGICOS DO GRUPO CUIABÁ

A Baixada Cuiabana pertence à Faixa de dobramento Paraguai que por sua vez é formada por rochas de idade Neoproterozóica e Paleozóica.

Os primeiros trabalhos que descreveram os aspectos geológicos das rochas do Grupo Cuiabá e a constatação da existência de estruturas dobradas nas regiões da Província Serrana e Baixada Cuiabana são de EVANS (1894). A individualização do Grupo Cuiabá, como unidade litoestratigráfica, foi feita por ALMEIDA (1964). Este autor, foi o primeiro a reconhecer essa faixa de dobramentos marginal ao Cráton, propondo a designação Geossinclíneo Paraguai para agrupar as três zonas estruturais que a compõe, as quais sejam: a Zona da Baixada do Alto Paraguai, da Província Serrana e Baixada Cuiabana. Ainda ALMEIDA (1965), ao estudar a geotectônica do Centro-Oeste Mato-Grossense, denominou como uma entidade tectônica brasileira, que se estende em direção ao Baixo Tocantins e Araguaia, Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia.

É importante ressaltar que na década de setenta, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a Companhia Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) realizaram inúmeros trabalhos de mapeamentos geológicos sistemáticos em regiões onde ocorre o Grupo Cuiabá. LUZ et al (1980) e SOUZA (1981), baseados nos resultados dos mapeamentos geológicos nas escalas 1:50.000 e 1:250.000 do Projeto Coxipó, individualizaram oito sub-unidades litoestratigráficas para o Grupo Cuiabá.

Este trabalho foi realizado com base nas suas características litológicas. HASUI (1981), sugeriu a individualização de duas faixas móveis marginais ao Cráton Amazônico; a leste, a Faixa de Dobramentos Araguaia e a sudeste, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e no Paraguai, a Faixa de Dobramentos Paraguai. Este trabalho teve como base os discordantes padrões geocronológicos e as fortes diferenças estruturais e de composição litológica apresentadas pelos segmentos Paraguai e Araguaia.

ALMEIDA (1984), após fazer uma síntese completa sobre essa unidade geotectônica, mesmo que abordando apenas o segmento Paraguai, utilizou a denominação Faixa Paraguai-Araguaia. Neste trabalho, que foi a mais importante síntese sobre a geologia do Cinturão Paraguai, o autor referido identificou três zonas estruturais adjacentes: as Brasilides Metamórficas, as Brasilides Não-metamórficas e as Coberturas Brazilianas, a quais retratam uma clara polaridade metamórfica e estrutural em direção ao Cráton Amazônico. DEL'REY SILVA (1990), ao considerar os dados estruturais obtidos em uma análise detalhada, os quais foram realizados em algumas áreas da região de Cuiabá, propôs para a Faixa Paraguai uma evolução tectônica controlada por cinturões de cavalgamento do tipo película delgada (*thin-skinned*).

ALVARENGA (1990) e ALVARENGA & TROMPETTE (1993) ao estudarem o Cinturão Paraguai nas regiões de Cuiabá, Mirassol D'Oeste e Província Serrana, confirmaram o zoneamento estrutural definido por ALMEIDA (1984), e definiram as seguintes designações: Zona Interna, Zona Externa e Coberturas Sedimentares de Plataforma.

MIGLIORINI (1999), realizou um mapeamento sistemático abrangendo a área urbana de Várzea Grande e Cuiabá e definiu como novas unidades estratigráficas às formações Miguel Sutil e Coxipó, ambas baseadas nos domínios estruturais, litológicos e estratigráficos.

5.2 ESTRATIGRAFIA DO GRUPO CUIABÁ

Com relação à do Grupo Cuiabá, existem duas contribuições consideradas mais importantes, sendo que a primeira foi proposta por LUZ et al (1980) e a segunda por ALVARENGA (1990).

O resultado da cartografia geológica sistemática realizada pela equipe conduzida por LUZ et al (1980), é a mais detalhada subdivisão estratigráfica definida para o Grupo Cuiabá. Estes autores conseguiram identificar oito sub-unidades passíveis de serem mapeadas na escala 1:50.000, e que apresentam feições geológicas bastante distintas. No quadro 02 é apresentada a coluna estratigráfica consequente deste estudo.

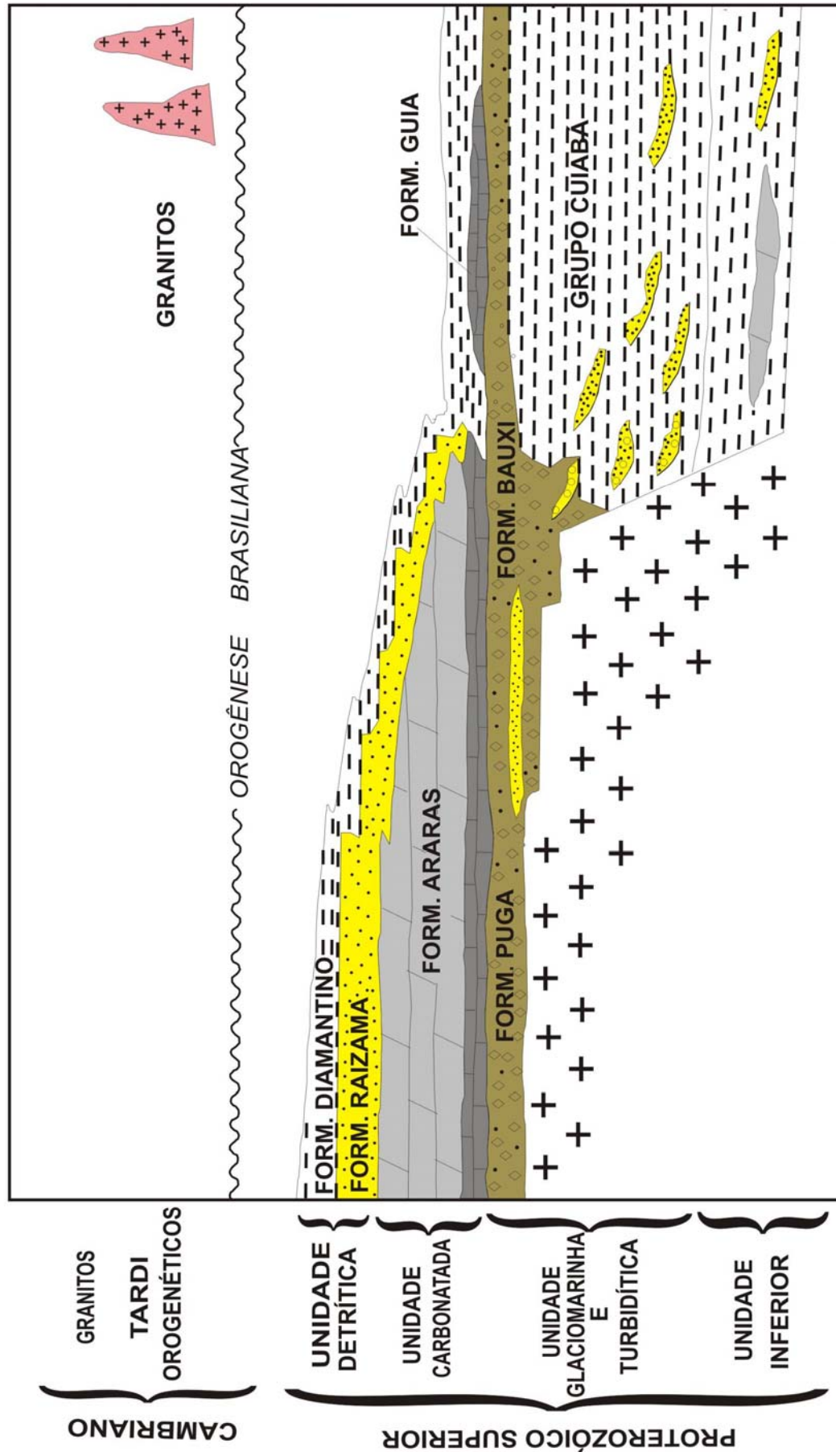
QUADRO 02 - ESTRATIGRAFIA DO GRUPO CUIABÁ NA ÁREA DO PROJETO COXIPÓ

ESTRATIGRAFIA PARA O GRUPO CUIABÁ, NA ÁREA DO PROJETO COXIPÓ				
P R É C A M B R I A N O	G R U P O C U I A B Á	Sub Unidades	Litologias	Espessura (m)
		8	Mármore calcíticos e dolomíticos, margas e filitos sericíticos	60
		7	Metaparaconglomerados petromíticos, com matriz areno-argilosa e clastos de quartzo, quartzitos, feldspato, calcário, rochas graníticas e básicas com raras intercalações de filitos.	600
		6	Filitos conglomeráticos com matriz areno-argilosa e clastos de quartzitos e filitos, com intercalações subordinadas de metarenitos.	800
		5	Filitos e filitos sericíticos com intercalações subordinadas e lentes de metarenito, metarcósios, quartzitos e metaconglomerados.	350
		4	Metaparaconglomerados petromíticos com matriz silte-arenosa e clastos de quartzo, feldspato, quartzito, rochas graníticas e básicas com raras intercalações de filitos e metarenitos.	150
		3	Filitos, filitos conglomeráticos, metaconglomerados, metarcósios, metarenitos, lentes de metacalcário, além de níveis de hematita no topo	550
		2	Metarenitos arcossianos, metarenitos calcíferos, metarcósios, filitos grafitosos e lentes de mármore calcíferos.	350
		1	Filitos sericíticos cinza-claro com intercalações de metarenitos grafitosos.	300

FONTE: LUZ et al, (1980)

ALVARENGA (1990), reuniu as rochas da Faixa Paraguai em quatro grandes grupos, formados por diferentes fácies: a) a Unidade inferior, de caráter local e situada no núcleo da Anticlinal de Bento Gomes; b) a Unidade glácio-marinha turbidítica, formada durante a última glaciação brasileira; e a c) Unidade carbonatada e unidade superior detrítica. A figura 03 ilustra as relações estratigráficas entre essas unidades, e o mapa geológico na Figura 04 mostra as áreas de exposição das mesmas.

FIGURA 03 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA ESQUEMÁTICA DO CONTURÃO PARAGUAI EM MATO GROSSO



Modificado de ALVARENGA (1990)

FIGURA 04 - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DA FAIXA PARAGUAI COM AS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DEFINIDAS POR ALVARENGA (1988)



Modificado de ALVARENGA (1988;1990)

O Grupo Cuiabá, nesta proposta de divisão estratigráfica, é composto apenas pela Unidade inferior e pela Unidade glácio-marinha/turbidítica, as quais são descritas a seguir:

- **Unidade Inferior.** Esta unidade está representada apenas por parte do Grupo Cuiabá, situada no núcleo da Anticlinal de Bento Gomes, a noroeste de Poconé. A constituição litológica dessa unidade é dominada por filitos, filitos grafitosos, quartzitos e dolomitos. Esta associação corresponde às sub-unidades 1 e 2 do Projeto Coxipó.
- **Unidade glácio-marinha-turbidítica.** Inclui as rochas formadas durante o período glacial do Proterozóico Superior, inclusive as rochas formadas pela influência direta de uma sedimentação glácio-marinha e também as formadas em ambiente marinho mais distal, pelo retrabalhamento de materiais glaciogênicos por correntes de turbidez.

Três grandes grupos de fácies sedimentares, com base nas características de sedimentação turbidítica proximal, intermediária e distal, configuram a sedimentação no talude da bacia. Na parte superior do talude, fácies proximal, são mapeados diamictitos intercalados a conglomerados e arenitos. Este conjunto corresponde às subunidades 4, 5 e 7 descritas no Projeto Coxipó.

Em direção às partes mais externas do talude (fácies intermediária), podem ser observados filitos com espessas intercalações quartzitos, quartzitos conglomeráticos e metaconglomerados, organizados em ciclos de granodecrescência para o topo. Essa associação foi interpretada por ALVARENGA (1985) como leques submarinos de uma fácies turbidítica grossa e equivalem a subunidade 3 e parte da 5. Em direção ao extremo leste da bacia, encontra-se a fácies distal da unidade, composta quase exclusivamente por filitos com intercalações de quartzitos e metassiltitos. Essa fácies é correlacionada ao que o Projeto Coxipó denomina Grupo Cuiabá indiviso.

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A TECTÔNICA DO GRUPO CUIABÁ

LUZ et al (1980) e ALVARENGA; TROMPETTE (1993) definiram a evolução deformacional do Grupo Cuiabá na região da Baixada Cuiabana. No quadro abaixo, estão evidenciadas as principais características de cada fase de dobramentos que afetou a Faixa Paraguai na Baixada Cuiabana.

QUADRO 03 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS QUATRO FASES DE DEFORMAÇÃO, DE IDADE BRASILIANA, IDENTIFICADAS NA FAIXA PARAGUAI

FASES DE DEFORMAÇÃO	D1		D2	D3	D4	
Domínio Estrutural	Zona externa	Zona interna	Zona interna	Zona interna	Zona externa	Zona interna
Dobra	Dobras abertas simétricas a assimétricas.	Dobras abertas, assimétrica, fechadas, inversas ou isoclinais.	Ausência de dobras claramente associada.	Dobras abertas e assimétricas.	Dobras de amplo comprimento de onda, visíveis na escala de mapa..	
Clivagem	Clivagem incipiente de caráter local.	Clivagem de fluxo penetrativa	Clivagem de crenulação penetrativa e localizada.	Clivagem de crenulação pouco marcada ou kinks e localizada	Ausência de clivagem, mas ocorre um forte fraturamento de plano axial D4.	
Metamorfismo	Anquizonal de caráter local.	Cristalização sintectônica de filossilicatos.	Recristalização sintectônica de filossilicatos.	Recristalização sintectônica e incipiente.	Ausência de recristalização sintectônica de filossilicatos.	

FONTE: ALVARENGA, (1990).

6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA ÁREA URBANA DE CUIABÁ

A cidade de Cuiabá está situada sobre litologias deformadas pertencentes ao Grupo Cuiabá, as quais são constituídas por rochas de baixo grau de metamorfismo, tais como filitos, metarenitos e metarcóseos, com xistosidade bem desenvolvida e intensamente dobrada e fraturada durante vários ciclos tectônicos de idade pré-cambriana.

Através de trabalhos de campo e interpretação dos dados a partir da caracterização litológica e arranjo estrutural do substrato metamórfico de baixo grau que compõe o Grupo Cuiabá, MIGLIORINI (1999), propôs para esse Grupo, em termos de litofácies ou conjuntos litológicos, as denominações descritas abaixo as quais podem também ser observadas no mapa geológico no apêndice 1.

Formação Miguel Sutil

Esta unidade corresponde à subunidade 5 do projeto Coxipó (LUZ et al, 1980) que aflora praticamente em toda a porção central e norte da cidade de Cuiabá. No apêndice 05 nas fotos de 03 a 09 podem ser observadas as ocorrências dessa formação. Com base nas estruturas sedimentares e na constituição litológica dominante, foram individualizados dois conjuntos litológicos principais descritos a seguir:

- **Unidade IV - Litofácies pelítica com laminação plano-paralela**

Corresponde a metargilitos ou filitos de cor cinza esverdeada a marrom avermelhada, normalmente sericíticos com frequência de laminação plano-paralela centimétrica a milimétrica, indicadora de mudança na granulometria ou composição dos sedimentos. São comuns intercalações de camadas de arenitos finos a médios, principalmente quartzosos, em contatos abruptos com os pelitos laminados ou maciços.

- **Unidade V - Litofácies argilo-areno-conglomerática**

Corresponde às seqüências cíclicas granodecrescentes (Conglomerado-Arenito-Argilito) compostas na base, por metaconglomerados oligomíticos quartzosos, com

seixos e grânulos dominados por quartzo leitoso em uma matriz de areia grossa a microconglomerática, também quartzosa.

Formação Rio Coxipó

Está unidade, que corresponde à Subunidade 06 de LUZ et al (1980), sobrepõe-se à Formação Miguel Sutil através de contatos transicionais e tectônicos e aflora principalmente na porção sul da cidade de Cuiabá. A ocorrência dessa formação pode ser observada nas fotos 09, 10 e 11 no apêndice 05.

A constituição litológica dominante, com base no mapeamento sistemático, permitiu visualizar a individualização de duas associações litológicas principais, a saber:

- **Unidade I - Litofácies dos metadiamicritos com matriz argilosa**

Corresponde a metadiamicritos maciços, cinza esverdeados a amarelados, com matriz argilo-siltosa micacea, em parte feldspática. Camadas tabulares e lentes de metarenito quartzosos de granulação fina a média, de cor esbranquiçada, com estratificações plano-paralela e maciços, ocorrem intercaladas aos metadiamicritos.

- **Unidade II - Litofácies dos metadiamicritos com matriz arenosa**

Esta associação litológica ocorre principalmente na região do Parque Industrial e no bairro Pascoal Ramos, em Cuiabá. Correspondem as porções de topo da Formação Rio Coxipó. A sua composição é dominada pelos metadiamicritos maciços, de matriz arenosa e mais raramente silto-argilosa, com clastos em maior quantidade do que observado nos metadiamicritos de matriz argilosa, e com dimensão e composição mais variadas. A matriz caracteriza-se como uma areia grossa à média, principalmente, de composição quartzosa.

CARVALHO (2002) cadastrou 451 poços tubulares na zona urbana de Cuiabá e os organizou de acordo com as unidades geológicas definidas por MIGLIORINI (1999) conforme é mostrado no quadro 04.

QUADRO 04 - DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS TUBULARES POR UNIDADE GEOLÓGICA EM CUIABÁ

Unidade	FORMAÇÃO RIO COXIPÓ	Nº de Poços
I	Litofácies Metadiamicititos de Matriz Argilosa	149
II	Litofácies Metadiamicititos de Matriz Arenosa	92
Unidade	FORMAÇÃO MIGUEL SUTIL	Nº de Poços
IV	Litofácies Pelítico - Laminada	102
V	Litofácies Areno – Conglomerática	108
TOTAL		451

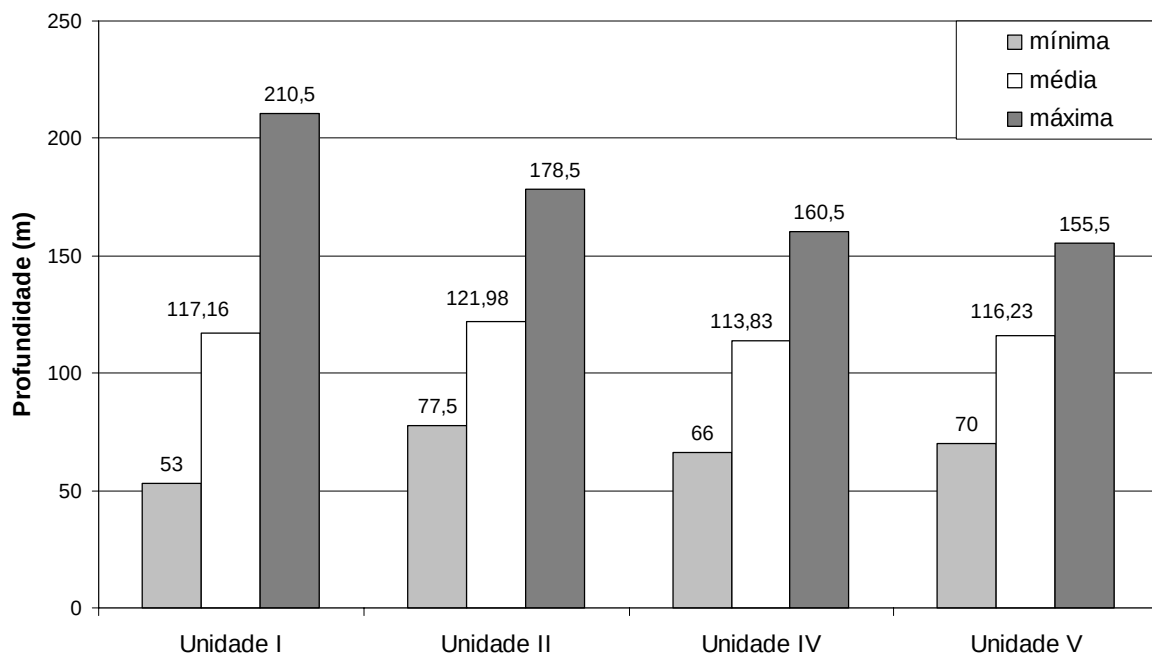
FONTE: MIGLIORINI (1999) *apud* CARVALHO (2002)

A partir do cruzamento do mapa de localização de poços com o mapa geológico se obteve a relação dos poços por unidade geológica permitindo calcular os percentuais de ocorrência em cada unidade.

Os resultados mostraram que 53,44% dos poços estão perfurados na Formação Rio Coxipó, sendo 33,04% na Unidade Geológica I – Litofácies Metadiamicititos de Matriz Argilosa, e 20,40% na Unidade Geológica II – Litofácies Metadiamicititos de Matriz Arenosa.

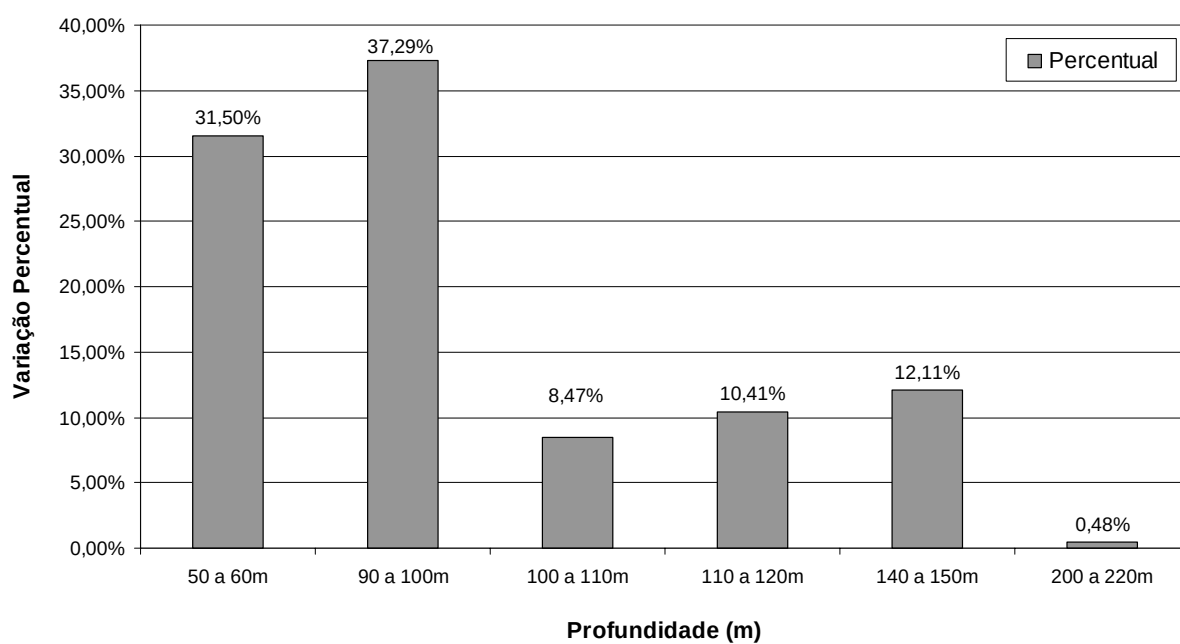
Na Formação Miguel Sutil os resultados mostraram um total de 46,56% sendo que 22,62% estão na Unidade Geológica IV – Litofácies Pelítico – Laminada, e 23,94% na Unidade Geológica V – Litofácies Argilo-Areno Conglomerática.

FIGURA 05 - PROFUNDIDADE MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA DOS POÇOS EM CADA UMA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS EM CUIABÁ



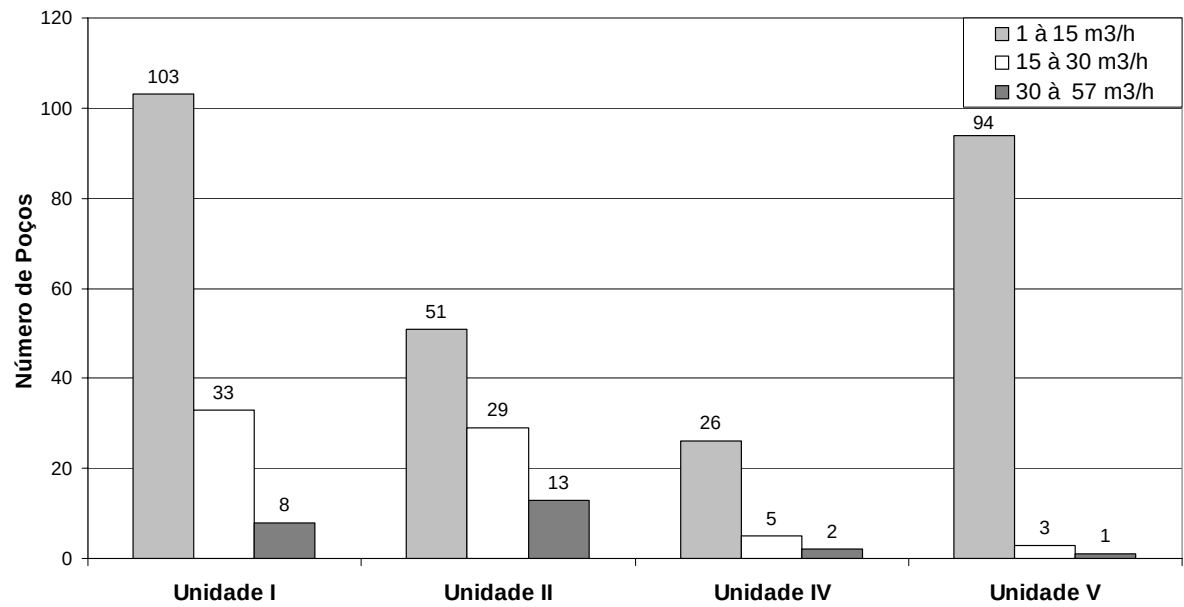
Modificado de MIGLIORINI (1999)

FIGURA 06- VARIAÇÃO PERCENTUAL DAS PROFUNDIDADES DOS POÇOS PERFURADOS NA ZONA URBANA DE CUIABÁ.



Modificado de MIGLIORINI (1999)

FIGURA 07 - VAZÃO MÉDIA DOS POÇOS EM CADA UMA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS EM CUIABÁ



Modificado de MIGLIORINI (1999)

7 RELAÇÃO ENTRE A GEOLOGIA E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ZONA URBANA DE CUIABÁ

MIGLIORINI (1999), observou que existe uma diferença marcante na instalação de fraturas e veios de quartzo nas litofácies pelítica (com laminação plano paralela) e na litofácies argilo-areno-conglomerática, nas áreas urbanas de Cuiabá e Várzea Grande. Enquanto o primeiro apresenta uma baixa intensidade de fraturas e veios de quartzo, o segundo mostra-se extremamente diaclasado, com diferentes famílias de juntas e ricos veios de quartzo de várias gerações. Este quadro é resultado, principalmente, da diferença de comportamento mecânico das duas litofácies quando submetidos à ação dos esforços. Por um lado, enquanto a litofácies pelítica tende a apresentar um comportamento mais dúctil (foliação e dobras), por outro, a litofácies argilo-areno-conglomerática comporta-se de forma rúptil, ou seja, sofrem rupturas e deslocamentos das falhas. Como resultado, as melhores condições de armazenamento e circulação de água subterrânea são encontradas na litofácies argilo-areno-conglomerática.

Um outro parâmetro que influencia a condutividade hidráulica refere-se à textura das rochas. A litofácies pelítica é rica em micas orientadas que definem sua foliação. Estas, por sua vez, dificultam a infiltração de água subterrânea. No entanto, a litofácies argilo-areno-conglomerática, especialmente as mais grosseiras, apresentam uma textura granular, o que resulta em uma maior porosidade e permeabilidade. Ainda MIGLIORINI (1999) cita que a alteração da litofácies argilo-areno-conglomerática forma um solo arenoso muito propício à infiltração de águas pluviais, formando, desta maneira, excelentes áreas de recarga. Por outro lado, a alteração da litofácies pelítica forma um solo argiloso, laterizado e de pequena profundidade, que retém a infiltração das águas pluviais.

Os veios de quartzo desenvolvem-se principalmente nas litologias arenosas e conglomeráticas da Formação Miguel Sutil. São sub-verticais, perpendiculares às clivagens (S1 e S2) e auxiliam o processo de infiltração das águas subterrâneas nessas litologias. Por estas razões MIGLIORINI (1999), concluiu que a Litofácies Pelito-

Areno-Conglomerática é a unidade que apresenta as melhores condições de armazenamento e circulação de águas subterrâneas dos metassedimentos da Formação Miguel Sutil.

De acordo com MIGLIORINI (1999), a Formação Rio Coxipó está representada na área por duas associações litológicas, os metadiamicritos de matriz argilosa com raras intercalações de areia fina a média e os metadiamicritos de matriz arenosa intercalados a arenitos médios a grossos. Pela análise litológica dessa formação, observa-se que as melhores condições aquíferas estão localizadas na segunda associação, isto é, nos metadiamicritos de matriz arenosa.

As principais superfícies de descontinuidades rochosas e os veios de quartzo do Grupo Cuiabá, na região estudada, relacionam-se às fases de dobramentos que afetaram a região. Associado a primeira fase de dobramento, foi gerada a superfície de foliação, afetando todas as unidades com direção preferencial N40°–50°E e mergulho para 50° – 60°, principalmente para NW. Essas superfícies embora penetrativas, são fechadas e não facilitam a infiltração de água subterrânea. Por outro lado as foliações S1 e S2 (clivagens de crenulação e disjuntivas), a primeira com direção N40°-50°E e mergulhos variáveis para SE e a outra é ortogonal a S1 e preferencialmente perpendiculares, são originadas por esforços cisalhantes, formando superfícies de descontinuidades ligeiramente abertas, o que facilita a percolação de água subterrânea.

Essas superfícies de descontinuidades (clivagens) são melhores desenvolvidas nos metadiamicritos e metargilitos, sendo provavelmente responsáveis pelas águas subterrâneas encontradas nestas litologias. É interessante observar que as intersecções dessas clivagens constituem setores mais propícios à infiltração e armazenamento da água subterrânea (MIGLIORINI,1999).

Os esforços trativos associados ao primeiro evento de dobramento (D1) são responsáveis pela implantação de fraturas distensionais, conjugadas ou não, e veios de quartzo perpendiculares ao *trend* regional. Tal assembléia de fraturas e veios com atitude média N 40-50 W e mergulhos elevados (70-90), são concordantes a S3 e respondem pelo principal fraturamento regional. As diáclases ocorrem mais intensamente nos metadiamicritos da Formação Rio Coxipó e nos metapelitos da

Formação Miguel Sutil, enquanto os veios de quartzo são predominantes nos litofácies pelito-areno-conglomeráticos da Formação Miguel Sutil, (MIGLIORINI,1999).

8 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA NA ZONA URBANA DE CUIABÁ

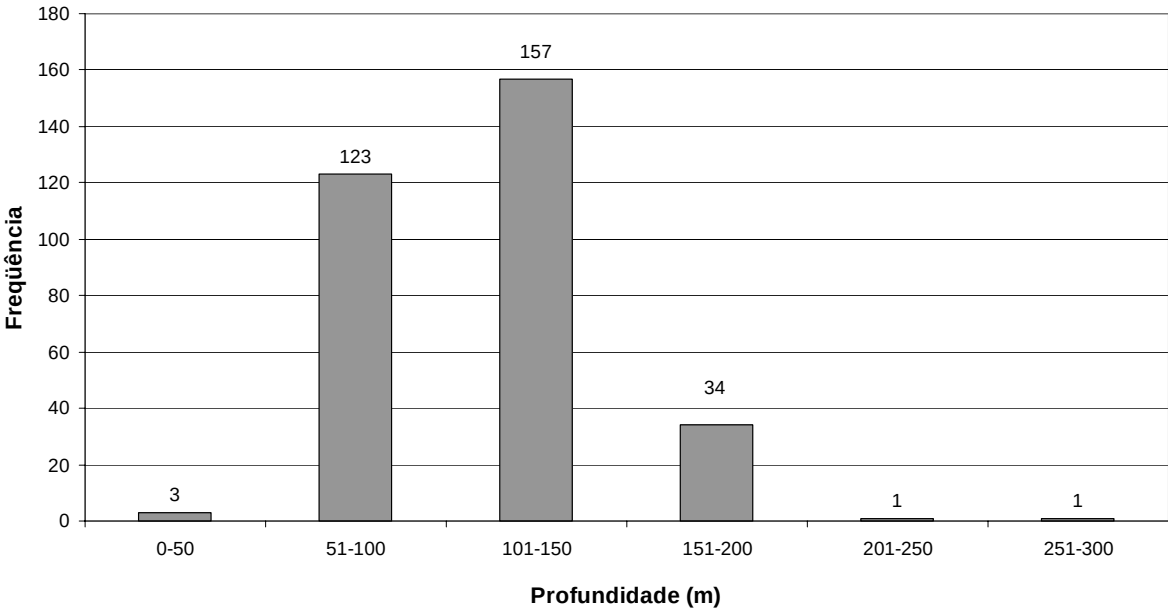
A região de Cuiabá é caracterizada por litologias deformadas do Grupo Cuiabá, constituída por rochas de baixo grau metamórfico, representadas por metapelitos com potencial hídrico subterrâneo de meio poroso e fraturado. Hoje o volume captado de águas subterrâneas atinge 1.576 m³/h, equivalendo a 20,5% em relação ao aproveitamento das águas superficiais.

No meio fraturado, as condições de armazenamento e circulação de água são extremamente heterogêneas e as vazões obtidas são muito variadas dependendo do arcabouço geológico estrutural e da localização dos poços em relação a essas estruturas. A potencialidade de armazenamento da água está intimamente ligada à extensão, continuidade e interligação dos fraturamentos e a presença de veios de quartzo.

O meio poroso está associado ao manto de alteração das rochas e aos depósitos detríticos - lateríticos de cobertura terciário-quaternária, constituindo uma importante fonte de recarga e transportes de contaminantes.

Uma análise estatística de poços tubulares perfurados em Cuiabá, realizada por MIGLIORINI, (1999) indicou profundidades que variam de 50m a 300m. A média ficou em torno de 121m, mediana de 115m e valor modal de 100m. O autor também definiu que 59% dos poços tem uma profundidade menor que a média e ressalta que 81% dos poços tem uma profundidade variando de 50 a 150m.

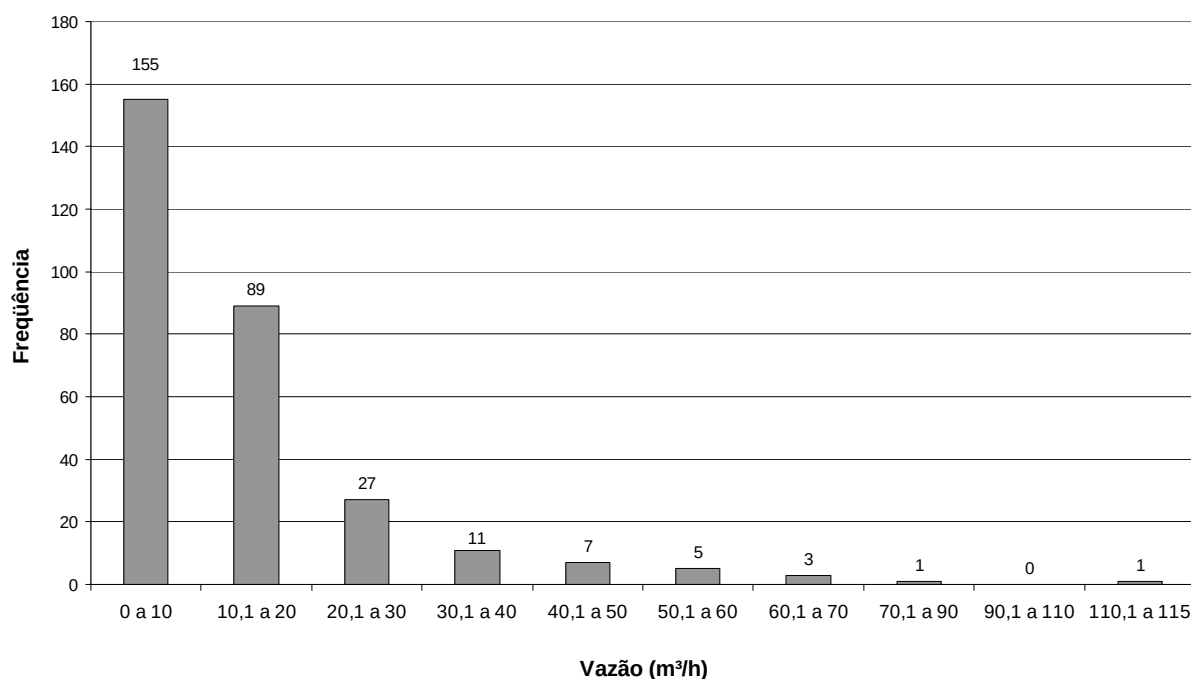
FIGURA 08 - PROFUNDIDADE DOS POÇOS EM CUIABÁ



Modificado de MIGLIORINI, (1999)

A vazão comporta-se de forma muito heterogênea, com média de $13,7 \text{ m}^3/\text{h}$ e mediana de $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Os valores observados oscilam de poço seco a um poço com vazão excepcional de $113 \text{ m}^3/\text{h}$. No entanto a maioria dos poços (70%) apresenta vazões inferiores ou iguais a $15 \text{ m}^3/\text{h}$ e 69% possuem vazão menor que a média. (MIGLIORINI, 1999).

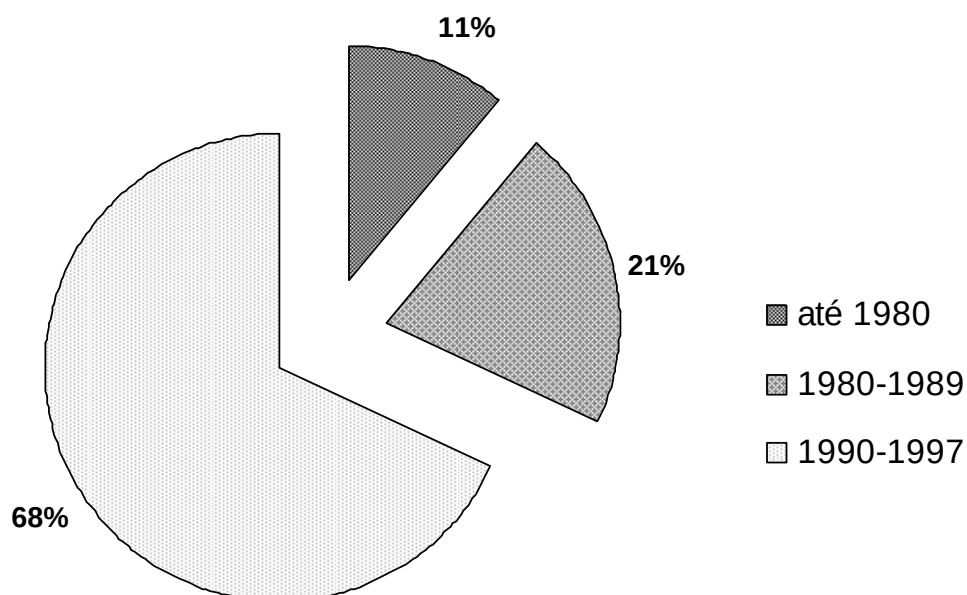
FIGURA 09 - VAZÃO DOS POÇOS EM CUIABÁ



Modificado de MIGLIORINI, (1999)

Dados do inventário de poços tubulares profundos na área urbana de Cuiabá mostraram que na década de 90 houve um aumento considerável no uso das águas subterrâneas para diversos fins. Esse aumento deu-se em função do menor custo destas águas em relação aos custos do abastecimento feito com as águas superficiais. Essa tendência vem aumentando gradativamente, principalmente por parte dos condomínios e indústrias. A evolução da perfuração de poços é mostrada na figura 10.

FIGURA 10 - EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA ÁREA DE CUIABÁ



Modificado de ALBRECHT, (2001)

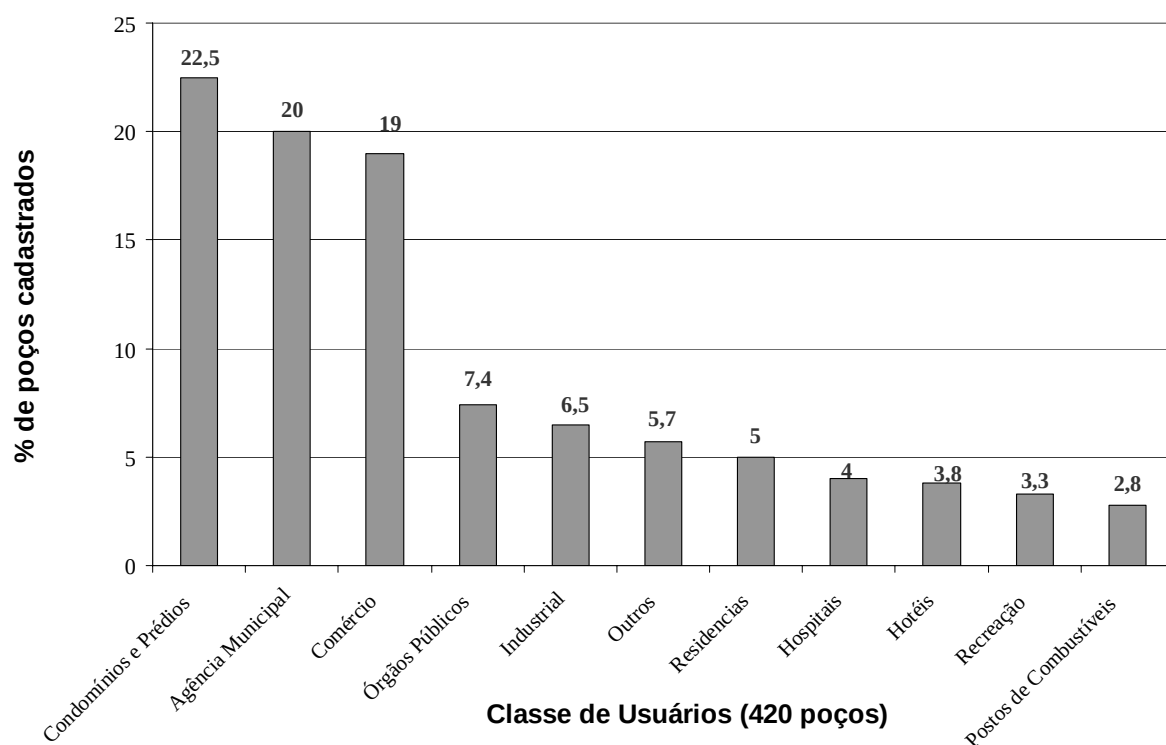
ALBRECHT (2001) organizou categorias de classes de usuários das águas subterrâneas na zona urbana de Cuiabá, caracterizando-as em onze classes, a saber:

- Agência Municipal de Saneamento (abastecimento público);
- Condomínios (prédios residenciais);
- Comércio em Geral;
- Órgãos Públicos (prédios de atendimento para abastecimento geral);
- Indústria (água para atender processos industriais);

- Residências Particulares;
- Hospitais;
- Hotéis;
- Recreação (clubes para lazer);
- Postos de Combustíveis (lavagem de veículos);
- Outros não enquadrados nas categorias anteriores

Essas classes de uso, as quais podem ser visualizadas na figura 11, foram estipuladas com base em 451 poços cadastrados. A estimativa de poços existentes na cidade é de 800 unidades. Segundo os percentuais relativos de usuários ou classes, é nos condomínios que existem o maior número de poços, embora não representem os maiores volumes de exploração das águas subterrâneas. A relação percentual referida é mostrada na figura 11.

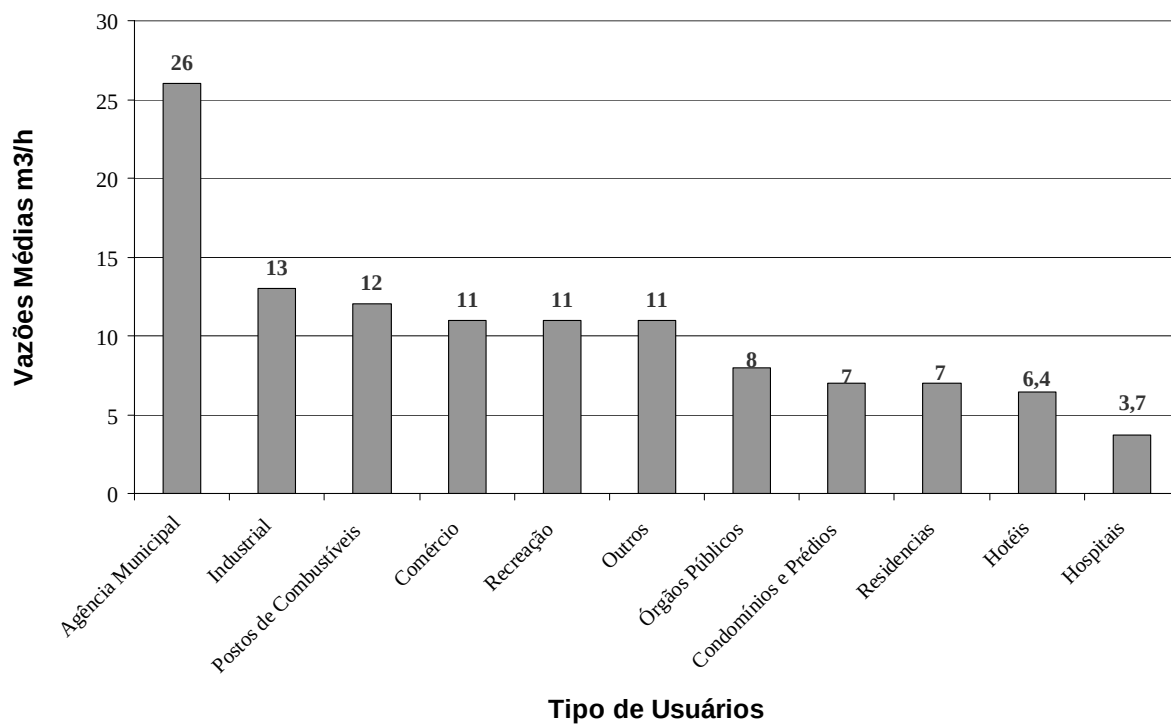
FIGURA 11 - PERCENTUAIS DE POÇOS TUBULARES EM RELAÇÃO ÀS CLASSES DE USUÁRIOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ



Modificado de ALBRECHT, (2001)

A estimativa dos volumes captados dos mananciais subterrâneos na zona urbana de Cuiabá, foram baseados nas vazões médias dos poços (figura 12) e nas taxas médias diárias de bombeamento correspondentes às classes de usuários.

FIGURA 12 - VAZÕES MÉDIAS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS EM CUIABÁ EM FUNÇÃO DOS TIPOS DE USUÁRIOS



Modificado de ALBRECHT, (2001)

O quadro 5 relaciona as classes de usuários e as taxas de bombeamento equivalentes com as vazões médias dos poços tubulares, demonstrando que atualmente a exploração das águas subterrâneas atinge 1.576 m³/h.

QUADRO 5 - PERÍODO DE BOMBEAMENTO DOS POÇOS TUBULARES EM FUNÇÃO DO TIPO DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.

Classes de usuários	Taxas de Bombeamento (horas/dia)	Vazões médias (m³/h)	Captação Média (m³/h)
Agência municipal	24	26	624
Industrial	24	13	312
Postos de combustível	8	12	96
Comércio	8	11	88
Recreação	6	11	66
Outros	8	11	88
Órgãos públicos	8	8	64
Condomínios	8	7	56
Residências	6	7	42
Hotéis	12	6.4	51,2
Hospitais	24	3.7	88,8
TOTAL			1.576

FONTE: ALBRECHT (2001)

O volume captado de água subterrânea é de 20,5% em relação às águas captadas em rios, sendo que a agência municipal de saneamento é a classe de usuário que mais faz uso dos recursos superficiais. ALBRECHT (2001) apresentou uma projeção de captação das águas em Cuiabá utilizando o cálculo das estimativas populacionais, associados às diferentes classes de uso das águas em função dos tipos de usuários. Essa projeção permitiu avaliar e quantificar o volume das águas consumidas na área urbana de Cuiabá. Esses dados são mostrados no quadro 6.

QUADRO 6 - PROJEÇÃO DE VOLUME DE ÁGUAS CONSUMIDAS NA ÁREA URBANA DE CUIABÁ

Ano	População	Captação Superficial (m ³ /mês)	Captação Subterrânea (m ³ /mês)
2000	486.176	5.551.398	1.138.036
2005	549.623	6.275.867	1.286.552
2010	599.291	6.843.003	1.402.281
2015	655.853	7.488.851	1.535.214
2020	711.851	8.250.599	1.691.373

FONTE: ALBRECHT (2001)

O consumo médio *per capita* das águas subterrâneas, gira em torno de 2,25 L/h/hab (78 L/dia/hab.), o que confere a Cuiabá uma taxa muito pequena do uso desse recurso. Também foi demonstrando que dentro de 20 anos, o incremento mínimo de captação de águas subterrâneas será de 70% do volume atualmente explotado, ALBRECHT (2001). Esses valores, entretanto, deverão sofrer alterações com o desenvolvimento sócio-econômico e industrial dos próximos anos. Também é relevante ressaltar que a captação de águas por poços tubulares localiza-se, na maioria dos casos, bastante próxima da área de consumo, o que permite perdas muito pequenas na sua rede de distribuição, ao contrário das águas superficiais, aonde segundo ALBRECHT (2001), a perda chega a atingir até 50% do volume captado.

9 CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

9.1 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Em se tratando do meio físico, o manto de alteração das rochas, incluindo os horizontes dos solos, principalmente em regiões de clima tropical, constitui-se no material receptor de todo e qualquer tipo de despejo, seja natural ou antropogênico. Além disso, é nesse perfil de terreno que é implantada a grande maioria das obras de engenharia, seja no meio urbano ou rural.

Portanto, pode-se afirmar que o manto de alteração caracteriza-se como o principal meio de armazenamento e transmissor dos resíduos líquidos, naturais ou antrópicos, estes, derivados de todas as atividades do uso e ocupação do meio físico.

Apesar de existirem diferentes tipos de água no subsolo, a exemplo de águas congênicas que encontram-se preservadas nos interstícios da rocha desde a sua formação e as águas juvenis originadas nas profundezas da crosta que ascendem à superfície por processos magmáticos são as águas das chuvas que se infiltram no solo, as principais formadoras dos reservatórios de águas subterrâneas. Assim, nasce a grande preocupação atual em relação ao uso e disposição inadequada de qualquer tipo de resíduo lançado no solo, pois a chuva, tende a lixiviar esses materiais levando consigo os contaminantes, que se infiltram atingindo as águas subsuperficiais, freáticas ou mais profundas.

Quando o manto de intemperismo atinge grandes espessuras, boa parte dos contaminantes poderá ficar retido na zona de aeração, que apresenta comportamento hidráulico de meio poroso. Entretanto, quando esse meio apresentar boa permeabilidade e o substrato rochoso subjacente constituir-se por rochas de comportamento hidráulico de meio fraturado, os fluidos podem dispersar-se por grandes distâncias, contaminando e/ou poluindo, de maneira irreversível as águas subsuperficiais.

Em aquíferos fissurados, como é o caso de Cuiabá, a porosidade e permeabilidade das rochas são praticamente nulas, sendo que a potencialidade de

armazenamento da água está intimamente associada à extensão, continuidade e interligação dos fraturamentos, bem como da abertura e densidade destas estruturas geológicas. Assim, a recarga e/ou o transporte dos contaminantes, depende da interseção das fraturas com as drenagens e das infiltrações através do manto de alteração.

9.2 RESÍDUOS E CONTAMINAÇÃO

Poluição e contaminação, são dois conceitos que normalmente se confundem, BRANCO (1991) Fez uma distinção entre os dois conceitos: *Poluição* representa um conjunto de ações e interferências diretas (naturais) e indiretas (antrópicas) sobre a qualidade da água. Então uma água subterrânea é dita poluída quando apresenta uma alteração qualquer na sua qualidade, decorrente de influências antrópicas, mas os teores não atingem os valores máximos definidos pelos padrões de potabilidade. A *Contaminação* se caracteriza por elementos na água que possam prejudicar a saúde. Uma água subterrânea é dita contaminada quando os teores das substâncias introduzidas ficam acima dos valores máximos permitidos pelos padrões de qualidade para consumo humano.

As características naturais das águas associadas a um tipo de rocha e/ou solo podem ser modificadas em função do tipo de ocupação do meio físico, o qual pode levar a contaminação dos recursos hídricos. A degradação da qualidade das águas tem sido verificada principalmente nas proximidades dos grandes centros urbanos onde a prática inadequada de disposição de resíduos domésticos e industriais, uso de fertilizantes e pesticidas entre outros são os fatores que mais contribuem para essa degradação.

A presença de alguns íons pode estar associada a causas naturais, como no caso dos cloretos, sulfatos, sódio, ferro e manganês. Elementos como Cálcio, Magnésio, Sódio, alguns como Carbono e enxofre ou outras espécies como Cloro e Flúor são responsáveis pela salinidade das águas subterrâneas e comprometem o uso dessa água tanto doméstico como nas indústrias.

Os principais contaminantes e seus indicadores são apresentados na tabela 1, destacando-se os cloretos, nitratos e metais pesados por estarem presentes em grande parte das fontes de contaminação, e metais pesados específicos por indicarem fontes de contaminação específica.

A origem desses resíduos pode estar diretamente relacionada às atividades industriais, agrícolas e domésticas. Nas atividades industriais são em função das águas usadas, contendo compostos químicos, metais, elementos radioativos, chorumes e vazamentos de fossas sépticas, enquanto que aquelas oriundas das atividades agrícolas envolvem solutos dissolvidos por chuvas ou irrigação, fertilizantes, sais, herbicidas, pesticidas, etc.

TABELA 1 - RELAÇÃO ENTRE CONTAMINANTES E PRINCIPAIS INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

CONTAMINANTES	PRINCIPAIS INDICADORES
Partículas sólidas	Sólidos em suspensão (SS), sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez e cor.
Orgânicos sintéticos	Carbono orgânico total (COT), halogenados orgânicos totais, benzeno, tolueno, xileno, tricloroetileno, aldrin, DDT, fenóis, entre outros.
Inorgânicos	Dureza, pH, SS, STD, condutividade elétrica, turbidez, cor, cloretos, sulfatos, nitritos, nitrato, cianeto, fluoreto, fosfato, amônia, nitrogênio
Metais	Hg, Cd, Cr, Zn, Ni, Pb, Cu, Fe, Mn, entre outros
Radionucleicos	Curie tipo alfa, beta e gama
Biológicos	Coliformes fecais e totais
Orgânicos	Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), SS, STD, cor, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO).

FONTE: ALBRECHT, (2000).

9.3 FONTES CONTAMINANTES NO MEIO AMBIENTE

Existem diversas classificações para as fontes de contaminação e/ou poluição. De acordo com a classificação estabelecida pelo Office of Technology Assessment do Congresso dos Estados Unidos (OTA,1993) é possível distinguir as seguintes:

- Fontes projetadas para a recepção de substâncias: fossas sépticas (águas residuárias, esgoto doméstico); poços de injeção (resíduos perigosos, esgotos municipais); aplicações no solo como fertilizantes (esterco de animais, lodos de estação de tratamento); nitrogênio, fósforo e metais pesados podem originar-se dessas fontes e contaminar as águas subterrâneas.
- Fontes projetadas para armazenar, tratar ou receber substâncias: aterros sanitários (lixões, resto de demolições, lodo de estações de tratamento de esgoto, materiais tóxicos e resíduos perigosos de fundição ou industriais); valas clandestinas abertas, resíduos de mineração, vazamento de tanques de armazenamento.
- Fontes produtoras de substâncias em virtude de outras atividades: irrigação (percolação do excesso de água de irrigação até o nível freático levando pesticidas e fertilizantes dissolvidos); aplicação de pesticidas para controle de pragas; aplicação de fertilizantes; percolação de poluentes atmosféricos; cemitérios.
- Fontes que podem atuar como condutores de água contaminada: poços produtores nos quais os contaminantes podem ser introduzidos durante a perfuração; poços mal construídos.
- Fontes naturais cuja descarga é criada pela atividade humana: interação entre água superficial e subterrânea (indução de um rio contaminado em um aquífero); lixiviação natural (minerais dissolvidos de rochas e solos em níveis

que podem atingir de 10 à 100g/l de sólidos totais dissolvidos; intrusão de água do mar em aquíferos costeiros).

Segundo trabalhos publicados em São Paulo pelo GSET4/AI no ano de 2000, a poluição das águas subterrâneas pode ser de origem superficial ou profunda.

- Fontes de origem superficial: fossas sépticas, disposição de lixo que infiltram chorume no terreno, infiltração de esgoto doméstico ou industrial, cursos d'água poluída, infiltração de fertilizantes e pesticidas.
- Fontes de origem profunda: poços mal construídos ou abandonados, que se transformam em vetores de contaminação entre diferentes aquíferos, transmissão de poluição de um aquífero para outro.

O projeto Pró-Água utiliza como fontes de poluição a seguinte nomenclatura:

- Fontes pontuais: as que atingem o aquífero através de um ponto. Ex: sumidouros de esgoto doméstico, aterros sanitários, vazamentos de depósitos de produtos químicos, vazamentos de dutos transportadores de esgoto doméstico ou produtos químicos. Estas fontes são responsáveis por poluição altamente concentradas na forma de plumas.
- Fontes lineares: provocadas pela infiltração de águas superficiais de rios e canais contaminados. A possibilidade desta poluição ocorrer dependerá do sentido do fluxo hidráulico existente entre o curso d'água e o aquífero subjacente. É necessário enfatizar que ao longo de um mesmo curso, há lugares onde o fluxo se dá do aquífero para o talvegue e outros onde se passa o inverso, isto é, águas do rio se infiltram em direção ao aquífero. A existência de poços profundos em funcionamento nas proximidades do curso d'água poderá forçar a infiltração de água contaminada no aquífero invertendo o seu fluxo ou aumentando a sua velocidade.

- Fontes difusas: são as que contaminam áreas extensas. Normalmente são devidas a poluentes transportados por correntes aéreas, chuvas e pela atividade agrícola. Em aglomerados urbanos, onde não haja rede de esgoto, as fossas sépticas e sumidouros estão de tal forma regularmente espaçadas que o conjunto acaba por ser uma fonte difusa. A poluição difusa se caracteriza por ser de baixa concentração e atingir grandes áreas.

ALBRECHT (2000) classifica como fontes de poluição, as pontuais e não pontuais. As primeiras podem ser representadas em um mapa como um ponto, tais como: um depósito de lixo municipal; lançamento de esgoto de uma pequena cidade ou de uma fábrica; a ocorrência de um acidente ao transportar ou manusear produtos perigosos e postos de distribuição de combustíveis. As fontes não pontuais, abrangem grandes áreas, por exemplo, contaminação por produtos químicos utilizados na agricultura e por massas de ar carregadas com mercúrio, chumbo e produtos.

Dessa forma, pode-se dizer que um contaminante pode penetrar no meio ambiente por um vasto número de fontes e por diversos caminhos. Uma vez descarregados no ambiente, os contaminantes causarão efeitos danosos, sendo sua toxicidade diretamente proporcional ao transporte e da interação com outros contaminantes e com o próprio meio.

Assim, a presença de um contaminante na água subterrânea é potencialmente grave se ele possuir quatro características básicas: ser solúvel na água, ser resistente a biodegradação, ser usado em grandes quantidades e ser tóxico ou nocivo ao homem.

Os principais agentes de degradação ambiental relacionam-se direta ou indiretamente com diversos tipos de atividades humanas. Neste contexto importa avaliar os impactos sobre os sistemas naturais e propor medidas mitigadoras e de monitoramento que garantem um efetivo controle de qualidade dos parâmetros considerados críticos para a saúde pública e ecossistemas naturais.

A complexidade e interatividade dos problemas de poluição das águas subterrâneas exigem uma rigorosa inventariação e caracterização das fontes potenciais de contaminação antrópica e natural com identificação do volume e grau de

periculosidade dos efluentes e resíduos de natureza doméstica, agrícola e industrial, com origem em locais de acumulação de resíduos sólidos ou líquidos como lixeiras, aterros e estações de tratamento de resíduos.

9.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS

A qualidade da água refere-se à composição de uma amostra, cuja classificação, a depender do objetivo a ser alcançado, pode ser feita utilizando-se vários parâmetros. A interpretação pode ser prejudicada, se a coleta, preservação e análise da amostra não forem realizadas de forma adequada e precisa.

Na avaliação da qualidade de uma água, as impurezas presentes que alteram sua qualidade são retratadas por suas características físicas, químicas e biológicas, que podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. Essas características, segundo BRANCO et al, (1991) expressam-se da seguinte maneira:

- Características físicas: associadas principalmente aos sólidos presentes na água;
- Características químicas: podem ser interpretadas como matéria orgânica ou inorgânica;
- Características biológicas: associadas a presença de seres vivos ou mortos na água pertencentes ao reino animal ou vegetal.

As inter-relações entre estas características são mostradas na Figura 13, na forma de uma organização hierárquica da qualidade da água. A qualidade total é subdividida em grupos de qualidade específica, conforme a caracterização dos diversos componentes presentes.

FIGURA 13 – ORGANIZAÇÃO HIERÁRQUICA DA QUALIDADE DA ÁGUA



FONTE: MESTRINHO (1997).

Uma simples classificação da água com relação a alguns constituintes presentes, apesar de fornecer informações pouco específicas, pode ser suficiente para avaliar a qualidade da água para um determinado uso. É importante também a interação geoquímica naturais, para um bom entendimento dos processos que controlam o quimismo da água.

9.5 PADRÕES DE POTABILIDADE DE ÁGUA

O padrão de potabilidade de água é o conjunto das características de qualidade da água para consumo humano, devidamente quantificado através de números ou classificados por meio de atributos específicos, cujos valores lhe conferem a condição de ser adequada oficialmente para esse uso. SERFATY (1995).

Dessa forma pode-se dizer que as águas têm sua qualidade definida em função do tipo de uso, que segundo SPERLING *et al* (1996) são os seguintes:

- Abastecimento doméstico;
- Abastecimento industrial;

- Irrigação;
- Dessedentação de animais;
- Aqüicultura;
- Preservação da fauna e da flora;
- Recreação e lazer;
- Harmonia paisagística;
- Geração de energia elétrica;
- Navegação;
- Diluição de despejos.

A composição *in natura* das águas subterrâneas está relacionada às composições litológicas do aquífero, em virtude do tempo de exposição da água com a rocha transmissora e armazenadora, diferente da composição das águas superficiais onde o tempo de permanência é muito curto em relação as águas subterrâneas.

A água infiltrada no solo e que não retorna à superfície através da evapotranspiração, circula até o aquífero. Este movimento de infiltração da água no solo é bastante lento, possibilitando a ocorrência de reações de solução, precipitação, adsorção e troca iônica.

Sendo assim, os critérios que definem os padrões de potabilidade podem ser essenciais e complementares. Os primeiros dizem respeito à proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas. Os critérios complementares visam o controle da qualidade no que diz respeito ao aperfeiçoamento da água em aspectos estéticos, organolépticos e econômicos, os quais embora desejáveis, não são essenciais à proteção da saúde pública (cor, odor, sabor, turbidez, dureza e corrosividade), FEITOSA & MANOEL FILHO (1997).

As águas são geralmente consideradas potáveis quando podem ser consumidas pelo homem sem ocasionar prejuízos à saúde. Os órgãos responsáveis apresentam padrões de potabilidade que variam de uma região para outra, em função da realidade

local. Entretanto, há uma tendência mundial de padronização das normas existentes da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Os critérios utilizados para estabelecer a qualidade da água são representados através de diversos parâmetros, que traduzem as suas características físicas, químicas e biológicas, conforme é mostrada na tabela 2.

TABELA 2 - FORMA PREPONDERANTE REPRESENTADA PELOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.

Características	Parâmetros	Sólidos em Suspensão	Sólidos Dissolvidos	Gases Dissolvidos
Físicas	Cor		X	
	Turbidez	X		
	Sabor e Odor	X	X	X
	PH		X	X
	Alcalinidade		X	
	Acidez		X	X
	Dureza		X	
Químicas	Ferro e Manganês	X	X	
	Cloretos		X	
	Nitrogênio	X	X	
	Fósforo	X	X	
	Oxigênio Dissolvido			X
	Matéria Orgânica	X	X	
	Metais Pesados	X	X	
	Micropoluentes Orgânicos		X	
Biológicas	Organismos Indicadores	X		
	Algas	X		
	Bactérias	X		

Padrão de potabilidade é utilizado para definição do padrão de qualidade da água para o consumo humano, sendo seus parâmetros definidos pela Portaria, N^o 1469 de 29-12-00, do Ministério da Saúde, conforme tabela 3.

TABELA 3 - PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA

Características	Portaria Ministério da Saúde (*VMP)
I. Físicas e Organolépticas	
Cor aparente (UH)	5
Odor	inobjetável
Sabor	inobjetável
Turbidez (UT)	1
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	1000
II. Químicas	
Alumínio (mg/L)	0,2
Cloretos (mg/L Cl)	250
Cobre (mg/L)	1,0
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	500
Ferro (mg/L)	0,3
Manganês (mg/L)	0,1
Sulfatos (mg/L)	400
Arsênio (mg/L)	0,05
Bário (mg/L)	1,0
Selênio (mg/L)	0,01
Cromo (mg/L)	0,01
Cádmio (mg/L)	0,005
Chumbo (mg/L)	0,05
Cianetos (mg/L)	0,1
Fenol (µg/L)	0,1
Mercúrio (mg/L)	0,001
Prata (mg/L)	0,05
Zinco (mg/L)	5,0
III. Bacteriológicas	
Coliformes fecais	Ausentes
Coliformes totais	Ausentes

***VMP: Valores Máximos Permissíveis**

10 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ

A água é um constituinte fundamental da vida e também um fator delineador de grande parte dos fenômenos geológicos que tem lugar na crosta terrestre. Para sua utilização pelos organismos vivos, dentre eles o homem, deve além de estar disponível em quantidade suficiente, possuir uma boa qualidade. Seu uso racional deve ser prioritário dentro de qualquer planejamento de ocupação territorial, especialmente em áreas de intensa atividade antrópica, sendo um critério de uso, sua qualidade química.

A avaliação química das águas subterrâneas na área deste trabalho teve como finalidade a distinção química das águas que circulam através das diferentes litofácies que compõe o Grupo Cuiabá na zona urbana do município de Cuiabá.

10.1 METODOLOGIA

A partir da caracterização litológica do substrato metamórfico que compõe o Grupo Cuiabá, foram selecionados os pontos de amostragem para coleta de água subterrânea na zona urbana de Cuiabá. A descrição desses pontos pode ser observada no apêndice 2.

Através de um levantamento dos poços tubulares cadastrados no Sistema de Informações de Águas subterrâneas (SIDAS) da FEMA, (vistos cerca de 150 processos de poços) e levando-se em consideração à profundidade ($>100\text{m}$), e a localização dos mesmos, foram selecionados 12 pontos de amostragem. A princípio foram selecionados 3 pontos em cada litofácia que compõe o Grupo Cuiabá, as quais foram descritas por MIGLIORINI (1999) contudo, devido o número de poços na litofácia I e II, optou-se por amostrar 4 pontos na litofácia I e 2 pontos na litofácia II, tal como mostrado no mapa geológico no apêndice 1. As coletas foram realizadas nos dias 07, 14, 15 e 31 de Julho/2003. As análises foram processadas seguindo metodologia padrão *Standard Methods* 20^a ed.

Durante a coleta de água foram utilizados frascos de polietileno de 2 litros, os quais estavam cheios ao máximo para evitar a retenção de ar que poderia alterar o quimismo da água.

A coleta foi realizada cerca de 20 minutos após o início do bombeamento do poço, evitando com isso amostras não representativas ou contaminadas, conforme mostra a foto 12 no apêndice 05. Todos os poços amostrados eram equipados com torneira para coleta de água o que facilitou o trabalho, um exemplo pode ser visto na foto 13 no apêndice 05. Cada frasco antes da coleta foi lavado várias vezes com a água do poço a ser amostrado, para evitar contaminações oriundas dos próprios frascos. Cada amostra foi devidamente identificada e acompanhada de uma ficha de coleta, que pode ser observada no apêndice 3, contendo informações que a caracterizou tal como: data, condições climáticas, nome do coletor, nome do interessado, e observações que se necessárias pudessem auxiliar na análise e na interpretação dos resultados. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em uma caixa térmica com temperatura média de 4°C, transportada ao Laboratório em menos de 3hs após a coleta e manipulada de maneira a manter suas características inalteradas preservando seus constituintes e propriedades.

Dentre um grande número de parâmetros que podem ser determinados para caracterizar uma amostra de água, alguns são usualmente empregados e tomados como indicadores. Para este trabalho os parâmetros analisados tiveram a finalidade de avaliar a composição físico-química das águas subterrâneas em Cuiabá, são eles: Turbidez, Resíduos Sólidos, Dureza, HCO_3^{-3} (Bicarbonato), CO_3^{-2} (carbonato), SO_4^{-2} (sulfato), Cl^- (cloreto) NO_3^- (nitrato), PO_4^{-3} (fosfato) e os metais Ca^{+2} (cálcio), Mg^{+2} (magnésio), Na^+ (sódio), K^+ (potássio) e Fe (ferro total).

Os métodos para a determinação analítica desses parâmetros estão descritos no anexo 2.

Para apresentação dos dados foram utilizadas representações gráficas.

10.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

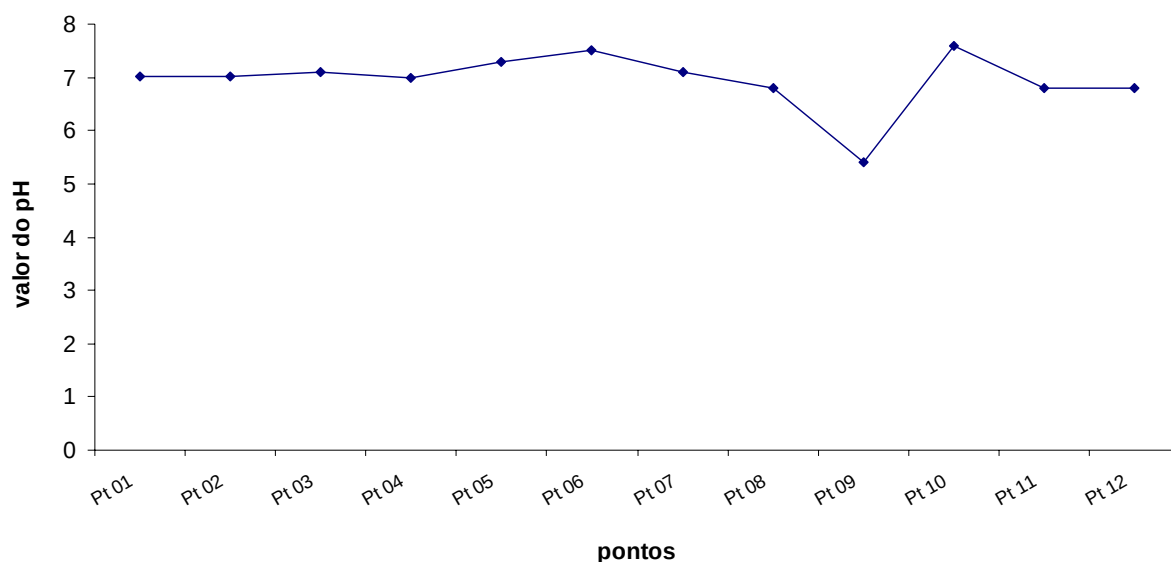
10.2.1 Análise da Qualidade Físico-Química das Águas Subterrâneas em Cuiabá

A avaliação da qualidade físico-química das águas subterrâneas em Cuiabá foi baseada em uma única bateria de análise em 12 poços tubulares profundos da região, cujo boletim analítico encontra-se no anexo 1. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade, turbidez, resíduos totais, alcalinidade, nitrato, sulfato, cloreto, ferro, cálcio, magnésio, sódio e potássio.

Os resultados são apresentados em forma de gráficos para melhor visualização e compreensão dos resultados.

pH

FIGURA 14 – VARIAÇÃO DO POTENCIAL DE HIDROGÊNIO NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos do pH:

Média = 6,95

Máximo = 7,6

Mínimo = 5,4

Desvio Padrão = 0,55

Mediana = 7,01

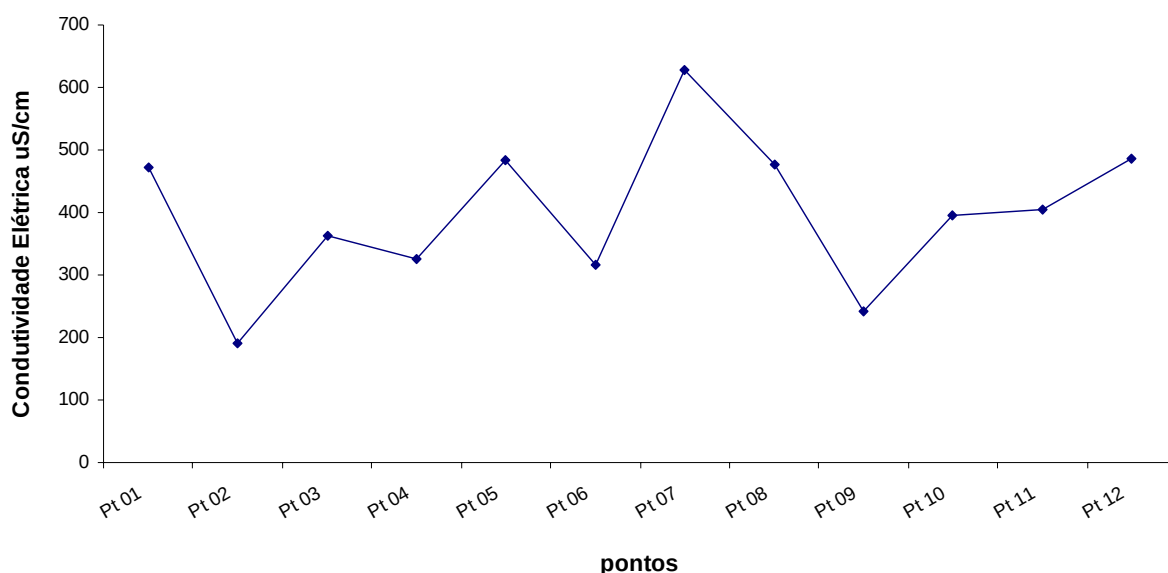
VMP¹ = 5,5 a 8,5

Os valores de pH variaram de 5,4 a 7,6 com média de 6,95. Estes valores indicam águas subterrâneas variando de ácidas até aproximadamente neutras, mostrando-se dentro dos padrões aceitáveis pela legislação. Os valores extremos foram notados nos pontos 09 (5,4) e 10 (7,6).

¹ Valores Máximos Permitidos para Consumo, segundo a Portaria nº 1469/2002 do Ministério da Saúde.

CONDUTIVIDADE

FIGURA 15 – VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos da Condutividade:

Média = 398,45
 Máximo = 627
 Mínimo = 191,4

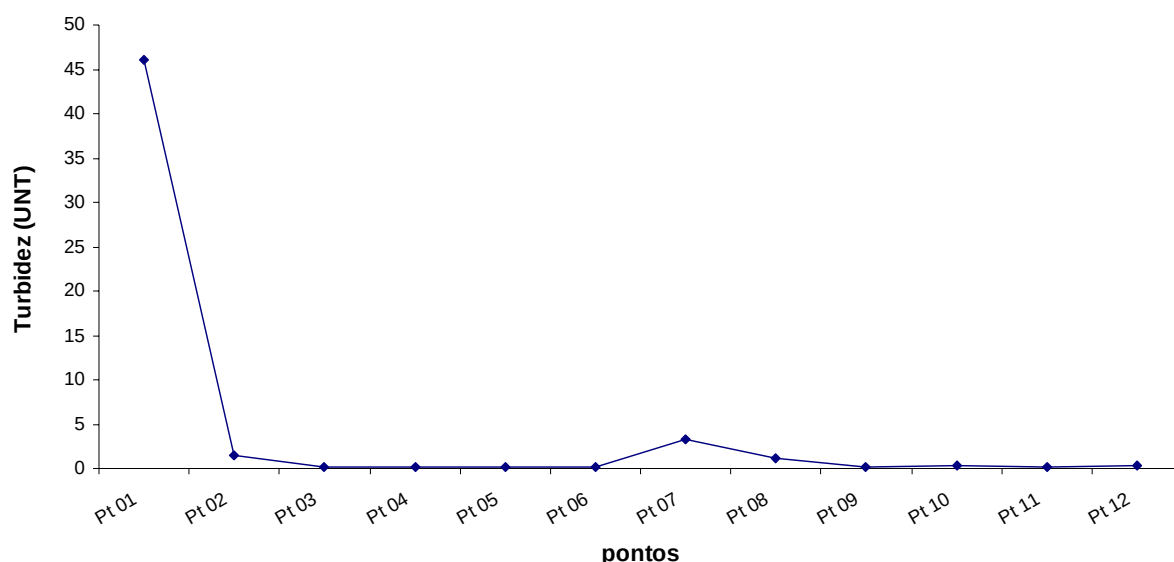
Desvio Padrão = 120,24
 Mediana = 400,5

VMP = A portaria não limita valores.

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior for a quantidade de íons, maior será a condutividade elétrica. Isso pode ser observado nas análises de água feitas para este trabalho. Na medida em que tivemos uma concentração iônica maior a condutividade também se mostrou elevada.

TURBIDEZ

FIGURA 16 – VALORES DE TURBIDEZ ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos da Turbidez

Média = 4,475

Máximo = 46

Mínimo = 0,2

Desvio Padrão = 13,10

Mediana = 0,25

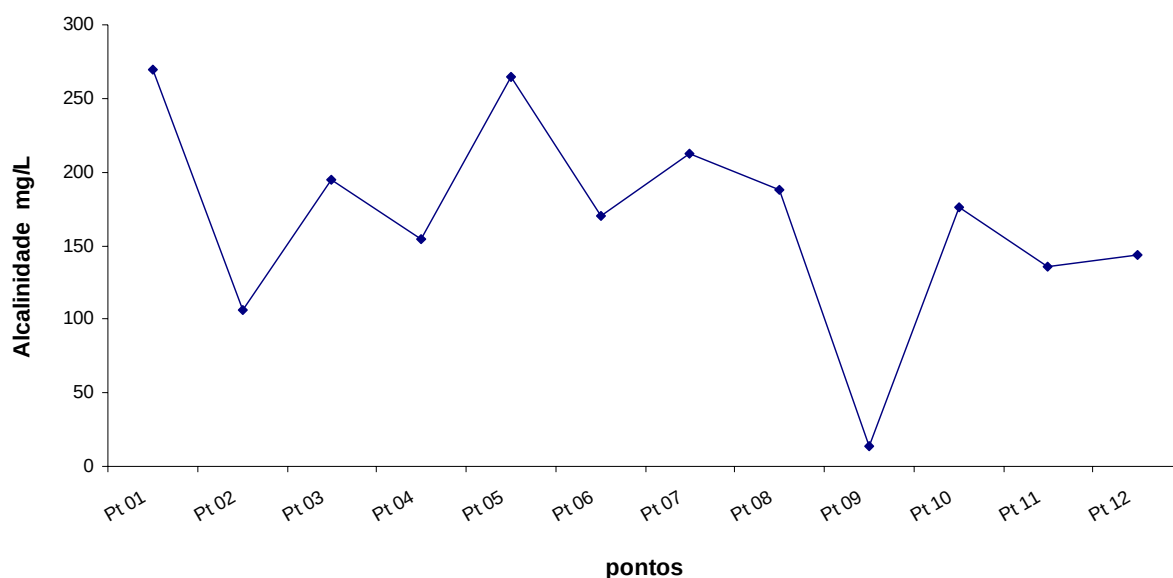
VMP = 5,0 mg/L

Turbidez em termos práticos é a redução da transparência da água devido à presença de matéria em suspensão, seja ela sob a forma de algas ou partículas de rochas na fração silte e argila. No caso dos 12 poços amostrados em Cuiabá somente em 1 ponto a turbidez mostrou-se acima dos valores limitados pela legislação. Nesse mesmo ponto, o valor de ferro também apresentou um teor muito elevado em relação aos outros pontos analisados. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando estes entram em contato com o oxigênio do ar, isso pode vir a explicar esse aumento considerável da turbidez neste

caso, por outro lado pode ser decorrente de uma má construção e manutenção do poço, haja visto que em outras amostras os valores mostraram-se baixos.

ALCALINIDADE

FIGURA 17 – VALORES DE ALCALINIDADE DE BICARBONATO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Alcalinidade Total

Média = 169,16

Desvio Padrão = 68,94

Máximo = 270

Mediana = 173

Mínimo = 14

VMP¹ = A portaria não limita valores.

Para amostras com:

pH > 9,4 = A alcalinidade se expressa na forma de hidróxido e carbonatos;

pH entre 8,3 e 9,4 = carbonatos e bicarbonatos;

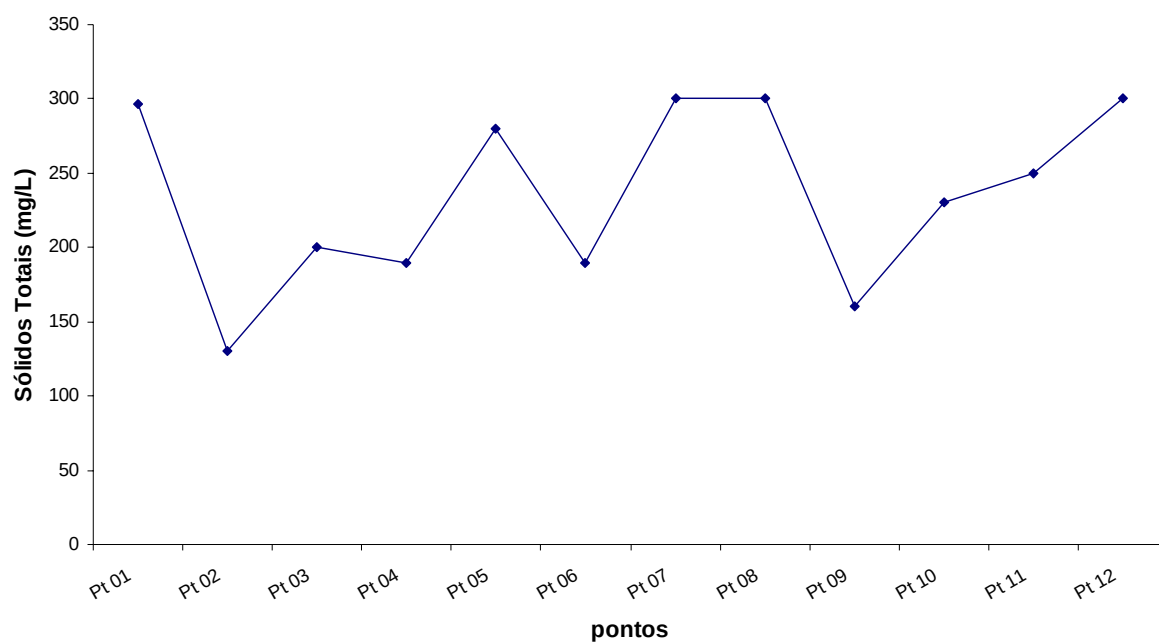
pH entre 4,4 e 8,3 = somente bicarbonato.

No caso das águas analisadas para Cuiabá a alcalinidade é essencialmente bicarbonatada uma vez que os valores de pH se mantiveram entre 5,0 e 8,0. Esse parâmetro é comumente analisado para caracterização de águas para abastecimento,

pois em elevadas concentrações confere a água um gosto amargo, por isso apesar da legislação não limitar valores, são aceitáveis teores até 350 mg/L.

SÓLIDOS TOTAIS

FIGURA 18 – VALORES DE SÓLIDOS TOTAIS ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Sólidos Totais

Média = 235,58

Máximo = 300

Mínimo = 130

Desvio Padrão = 68,838

Mediana = 240

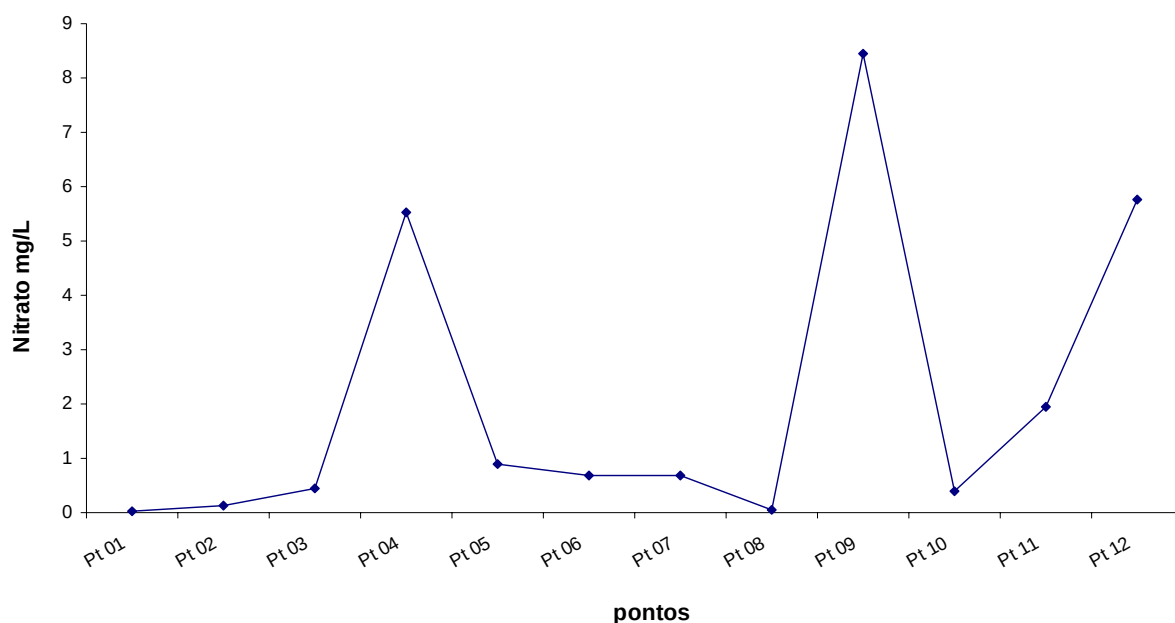
VMP = 1000 mg/L

Sólidos totais é o somatório dos sólidos dissolvidos e dos sólidos em suspensão. Os sólidos em suspensão compreendem argila, silte, areia, ou seja, substâncias que não conduzem eletricidade, enquanto os sólidos dissolvidos são compostos iônicos ou moleculares, ou seja, conduzem eletricidade. Em casos de águas subterrâneas, geralmente os sólidos totais correspondem aos sólidos dissolvidos, desta maneira pode-se fazer uma correlação deste parâmetro com a condutividade elétrica. Nas águas subterrâneas em Cuiabá observou-se uma boa correlação entre esses dois parâmetros,

à medida que há uma concentração maior de sólidos totais, há também um aumento nos valores da condutividade elétrica.

NITRATO

FIGURA 19 – VALORES DE NITRATO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Nitrato

Média = 2,083
 Máximo = 8,44
 Mínimo = 0,03

Desvio Padrão = 2,839
 Mediana = 0,69

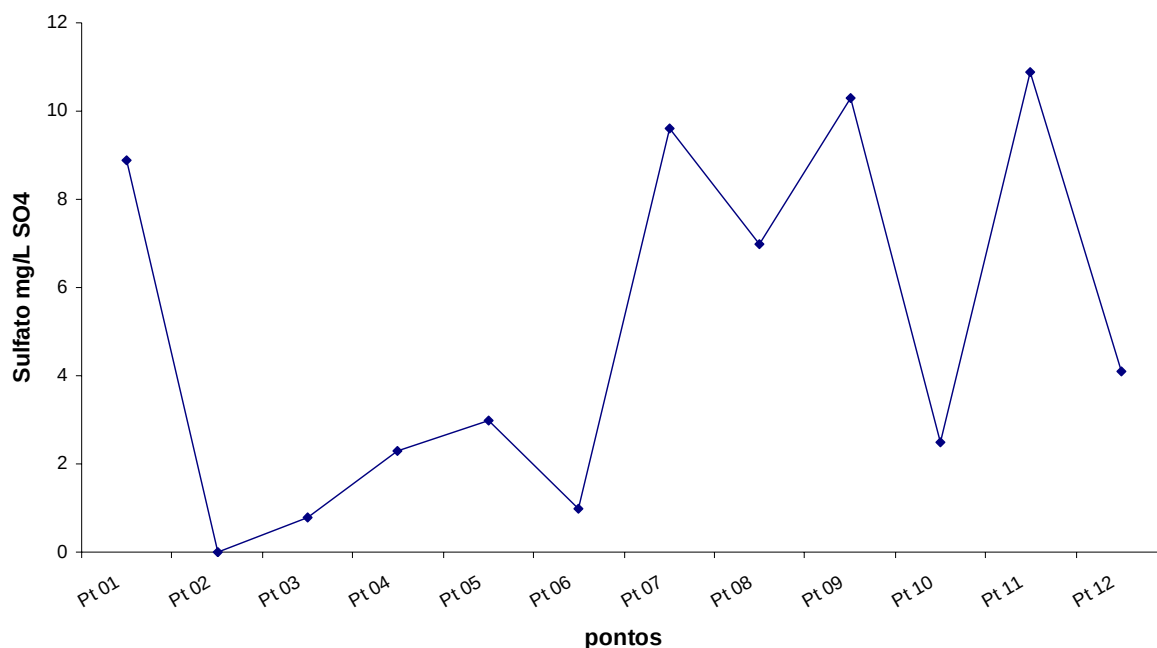
VMP¹ = 10 mg/L N

O Nitrato ocorre no geral em pequenos teores. É muito móvel e pode ser removido das camadas superiores do solo para a água. Representa o estágio final da oxidação de matéria orgânica. Teores acima de 5mg/L NO₃ podem indicar a contaminação da água por atividade humana (esgoto, depósito de lixo, cemitério ou fertilizante).

Neste trabalho os resultados mostraram valores muito baixos nos pontos 01,02 e 03, com um pico no ponto 04 seguido de um decréscimo até o ponto 08 e um acréscimo considerável nos pontos 09 e 12. Estes aspectos discrepantes provavelmente se relacionam com a influência de águas ricas neste íon em face de relevantes ações orgânicas, oriundas talvez de condições sanitárias inadequadas.

SULFATO

FIGURA 20 – VALORES DE SULFATO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Sulfato

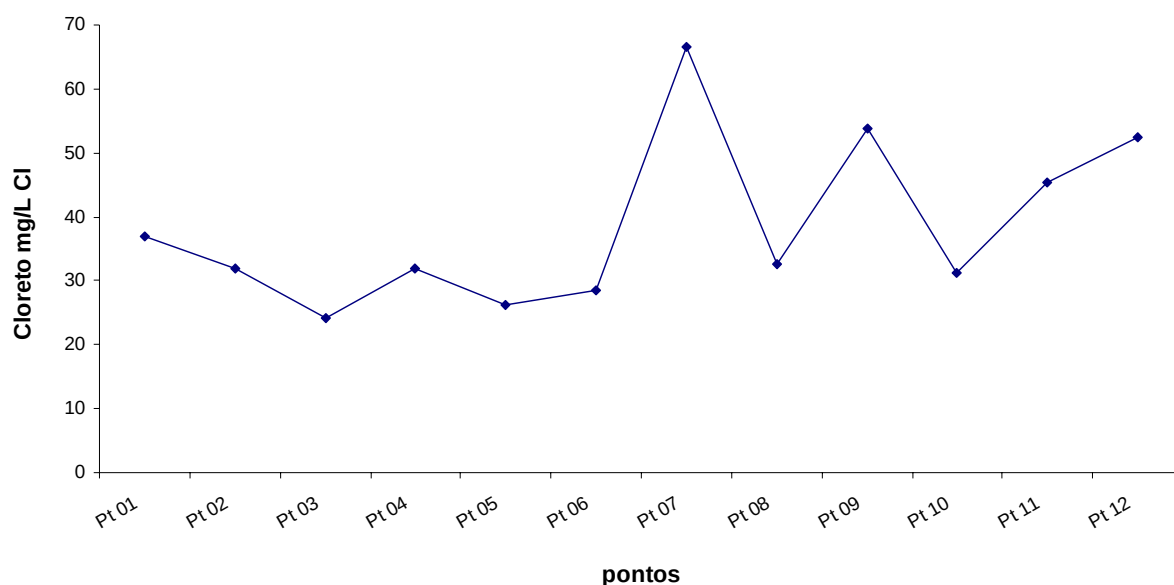
Média = 5,033 Desvio Padrão = 4,04
 Máximo = 10,9 Mediana = 3,55
 Mínimo = 0

VMP = 250 mg/L SO₄

O sulfato em águas com teores muito altos podem indicar a contaminação por esgoto doméstico, industrial, drenagem agrícola ou processo químicos de tratamento de águas, além de processos naturais, como presença de rochas sulfetadas intemperizadas em condições oxidantes. A avaliação do resultado da análise das águas dos poços em Cuiabá mostrou que os sulfatos, apesar de se comportarem de forma instável, apresentaram valores máximos de 10,9 mg/L, muito abaixo dos permitidos pela legislação, não indicando assim problemas de contaminação por esse íon.

CLORETO

FIGURA 21 – VALORES DE CLORETO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Cloreto

Média = 38,46

Máximo = 66,6

Mínimo = 24,1

Desvio Padrão = 13,173

Mediana = 32,25

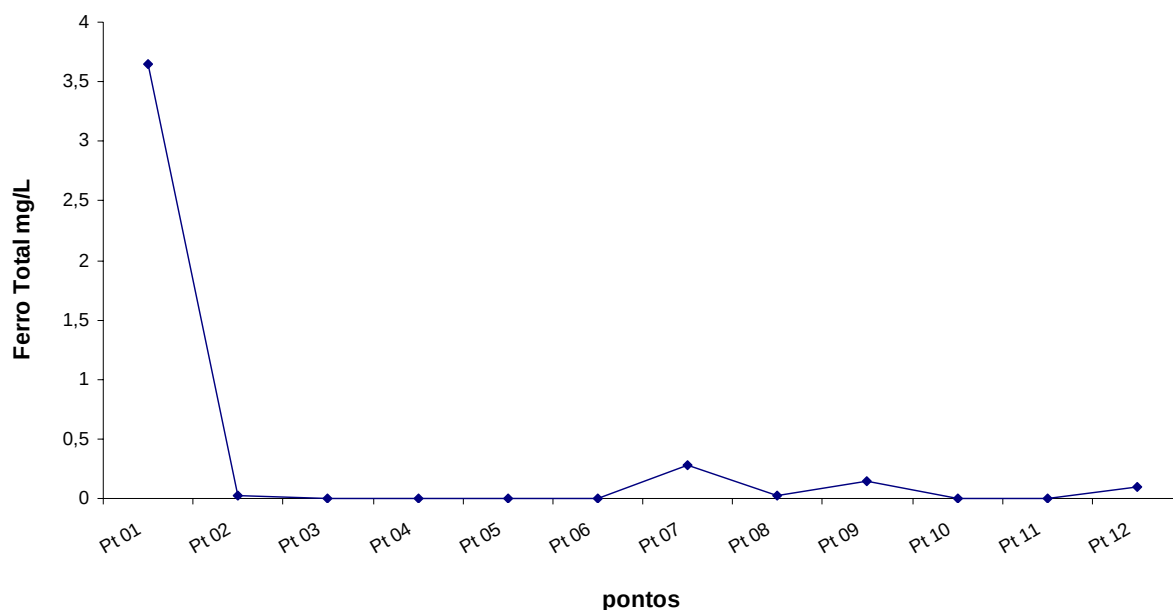
VMP¹ = 250 mg/L Cl

O cloreto geralmente é muito solúvel e estável, dificilmente se precipita, não se oxida e nem se reduz. Pode ser proveniente da lixiviação de minerais ferromagnesianos, no entanto muitas vezes se origina em rochas sedimentares e sedimentos de ambiente marinho. É um bom indicador de poluição por aterro sanitário, efluentes domésticos e industriais.

O teor de cloreto nas águas analisadas mostrou-se no geral bem abaixo dos valores limites recomendados, mesmo apresentando um valor discrepante no ponto 07 de 66,6 mg/L, não apresenta nesta análise um indicador de poluição.

FERRO TOTAL

FIGURA – 22 VALORES DE FERRO TOTAL ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Ferro

Média = 0,35
 Máximo = 3,65
 Mínimo = 0

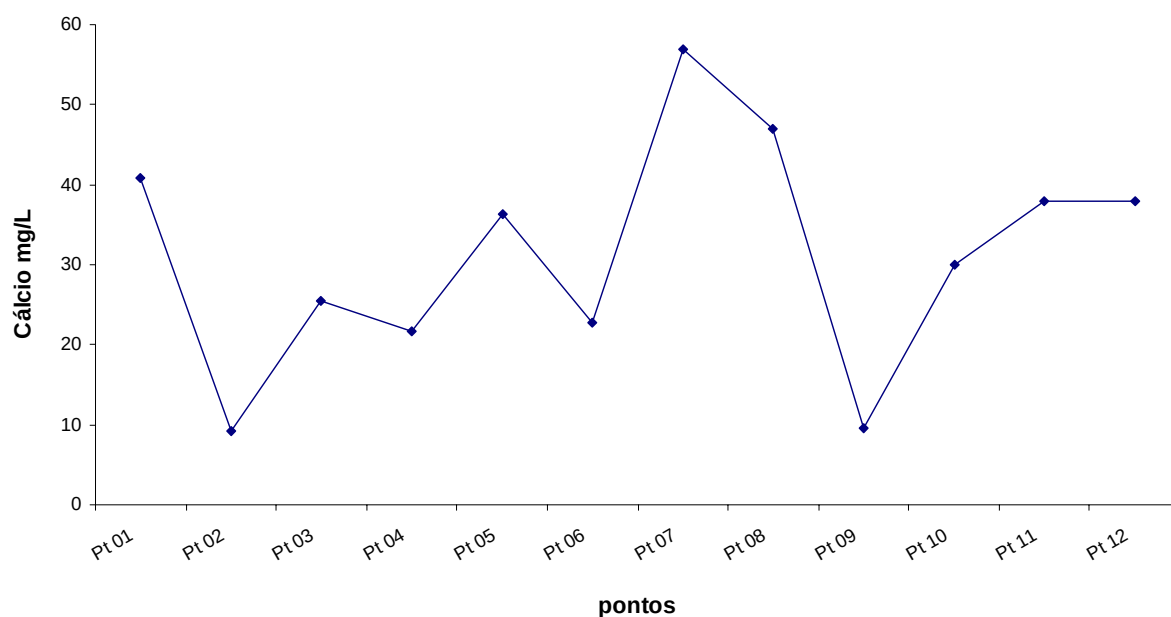
Desvio Padrão = 1,042
 Mediana = 0,01

VMP¹ = 0,3 mg/L Fe

Teores de ferro analisados em água ocorrem principalmente sob a forma de Fe^{3+} (férico), pois o Fe^{+2} (ferroso) é instável na presença do oxigênio do ar. Quando a água que contém Fe^{+2} é exposta ao oxigênio os íons ferrosos oxidam-se se tornando férricos. Os resultados das análises de ferro nas águas subterrâneas em Cuiabá foram expressas sob a forma de ferro total e não mostraram problemas de contaminação por este elemento, a não ser no ponto 01 que manteve o valor acima do limite estipulado pela portaria. Esse valor pode estar associado ao solo laterítico e a ocorrência de piritas disseminadas do Grupo Cuiabá.

CÁLCIO

FIGURA 23 – VALORES DE CÁLCIO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Cálcio

Média = 31,31

Desvio Padrão = 14,38

Máximo = 57

Mediana = 33,2

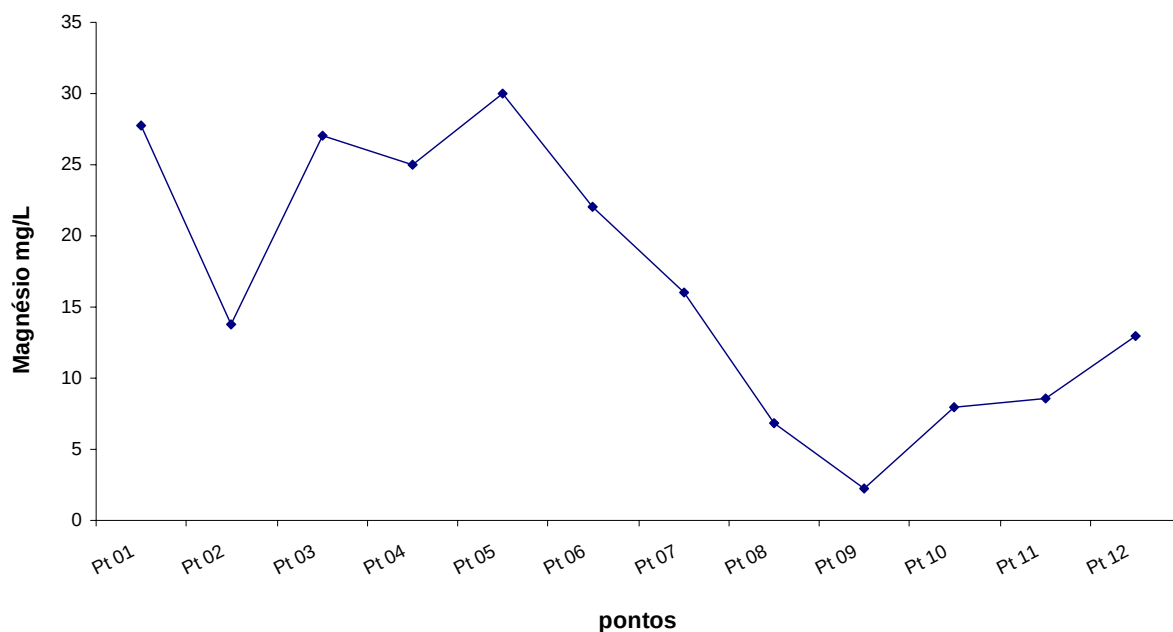
Mínimo = 9,2

VMP¹ = A portaria não limita valores

O cálcio é um elemento de grande mobilidade em águas naturais, sendo precipitado como CaCO_3 quando na presença do íon carbonato em pH alcalino. É um dos principais responsáveis pela dureza da água. Quando seu teor aparece superior a 70mg/L seu uso é muito restrito, pois a água é considerada salobra. Nas águas em Cuiabá, analisadas para este trabalho, esse íon mostrou teores relativamente baixos sendo o valor máximo 57 mg/L não inibindo com isso o seu consumo.

MAGNÉSIO

FIGURA 24– VALORES DE MAGNÉSIO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Magnésio

Média = 16,68

Máximo = 30

Mínimo = 2,2

Desvio Padrão = 13,90

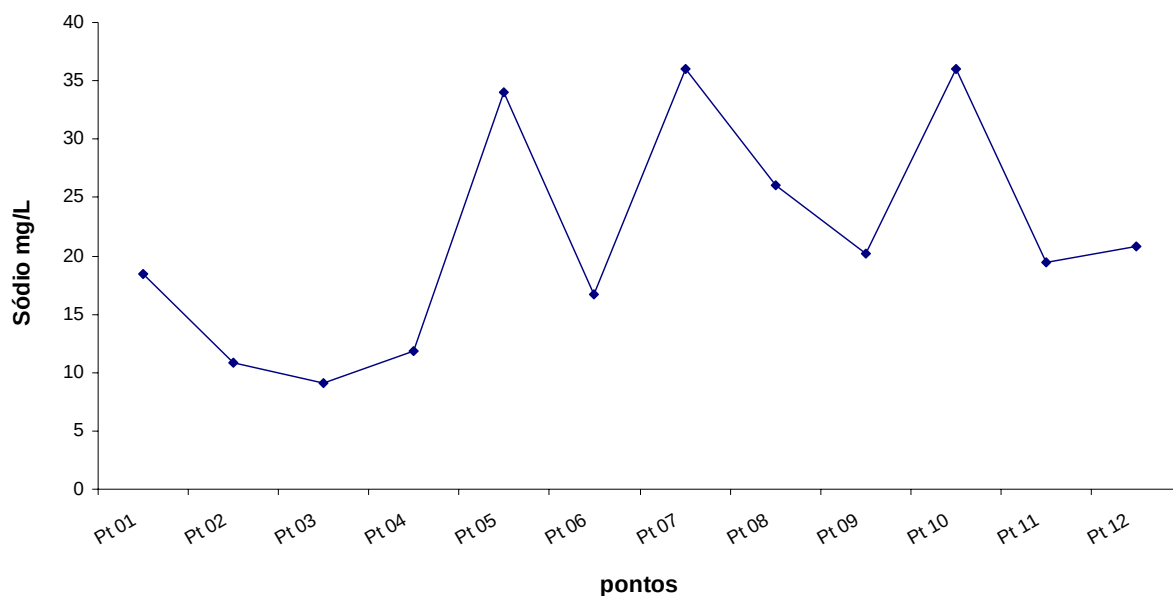
Mediana = 14,9

VMP¹ = A portaria não limita valores

É mais solúvel e mais difícil de precipitar em relação ao cálcio. Depois do cálcio é o principal responsável pela dureza das águas, geralmente aparece em águas subterrâneas com teores que variam entre 1 a 40mg/L. Neste trabalho o magnésio, apresentou valor máximo de 30 mg/L não contribuindo assim para a inviabilização do uso da água.

SÓDIO

FIGURA 25 – VALORES DE SÓDIO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Sódio

Média = 21,6
 Máximo = 36
 Mínimo = 9,1

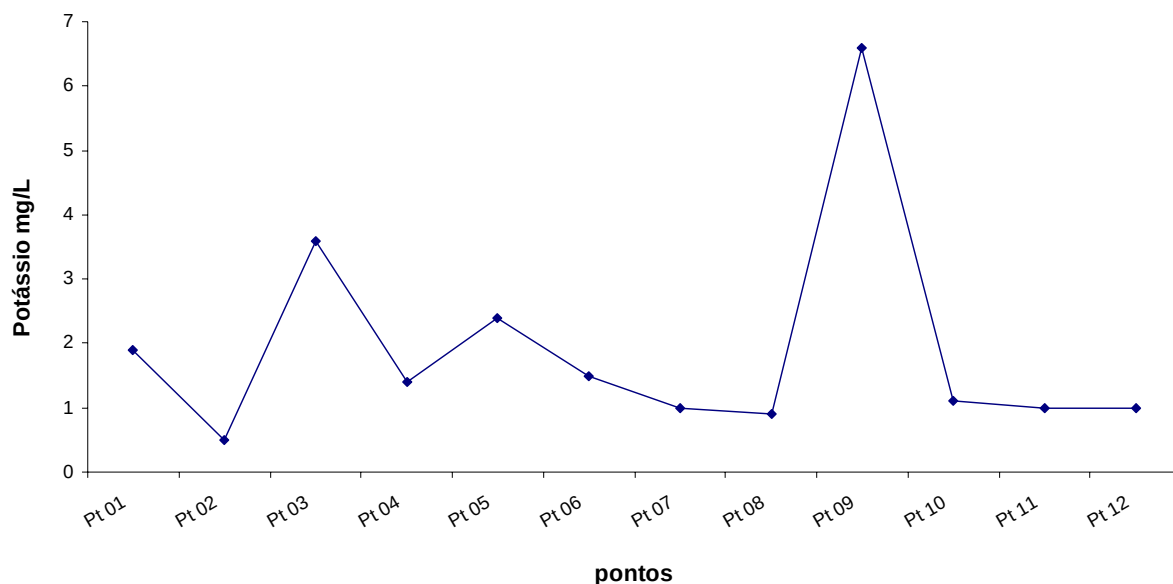
Desvio Padrão = 9,52
 Mediana = 19,8

VMP¹ = A portaria não limita valores

O sódio é um dos alcalinos mais abundantes nas águas subterrâneas. É o responsável pelo aumento constante da salinidade das águas, sua concentração em águas subterrâneas varia de 0,1 a 100mg/L. Para as águas analisadas em Cuiabá, este parâmetro também não mostrou ser um problema para o consumo uma vez que o seu teor máximo ficou em 36 mg/L.

POTÁSSIO

FIGURA 26 – VALORES DE POTÁSSIO ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Potássio

Média = 1,90
 Máximo = 6,6
 Mínimo = 0,5

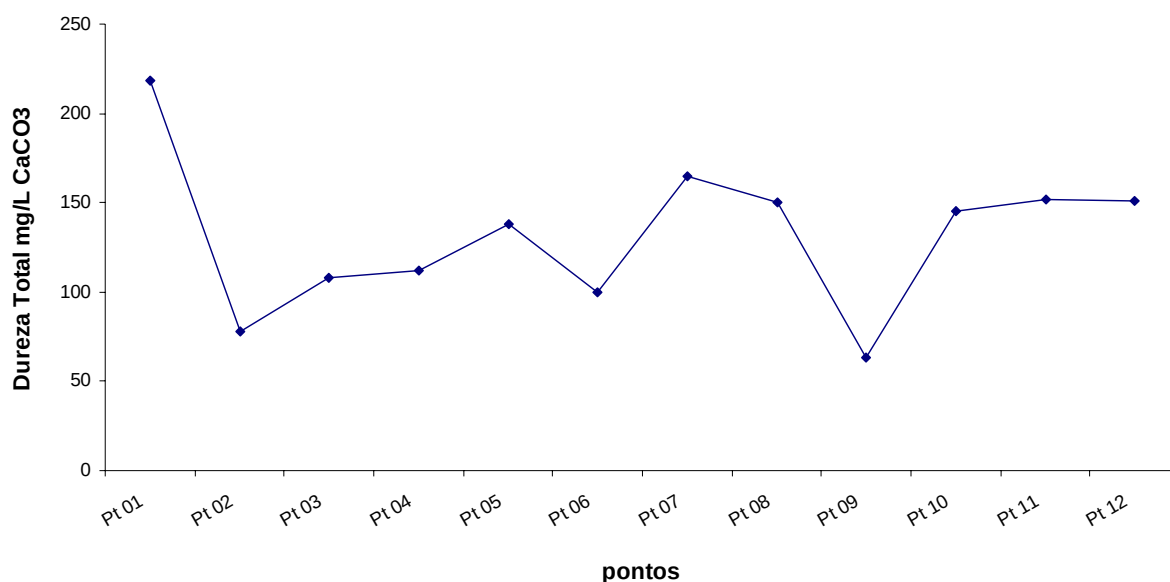
Desvio Padrão = 1,69
 Mediana = 1,25

VMP¹ = A portaria não limita valores

O potássio é um elemento químico abundante na crosta terrestre, mas ocorre em pequena quantidade nas águas subterrâneas, seu teor médio é inferior a 10mg/L. Também não se mostra como um problema para as águas em Cuiabá. Apesar da portaria não apresentar limites para este íon, seu valor máximo chega à 6,6 mg/L, ou seja, dentro dos padrões normais registrados para águas subterrâneas.

DUREZA

FIGURA 27 – VALORES DE DUREZA TOTAL ANOTADOS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Dureza Total

Média = 131,66

Desvio Padrão = 42,05

Máximo = 218

Mediana = 14,9

Mínimo = 63

VMP¹ = 500 mg/L CaCO₃

A Dureza é definida como a dificuldade de uma água em dissolver sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como Fe, Mn etc. A dureza total é o soma da dureza temporária, (íons de cálcio e magnésio que sob aquecimento combinam com carbonato e bicarbonato que ao se precipitarem formam crostas), com a dureza permanente, (íons de cálcio e magnésio que se combinam com sulfato, cloretos, nitratos e outros, dando origem a compostos solúveis).

A dureza é expressa em mg/L CaCO₃, independente dos íons que a estejam causando. Para amostras com:

Dureza < 50mg/L CaCO₃ → água considerada mole;

Dureza entre 50 e 150 mg/L CaCO₃ → água com dureza moderada;

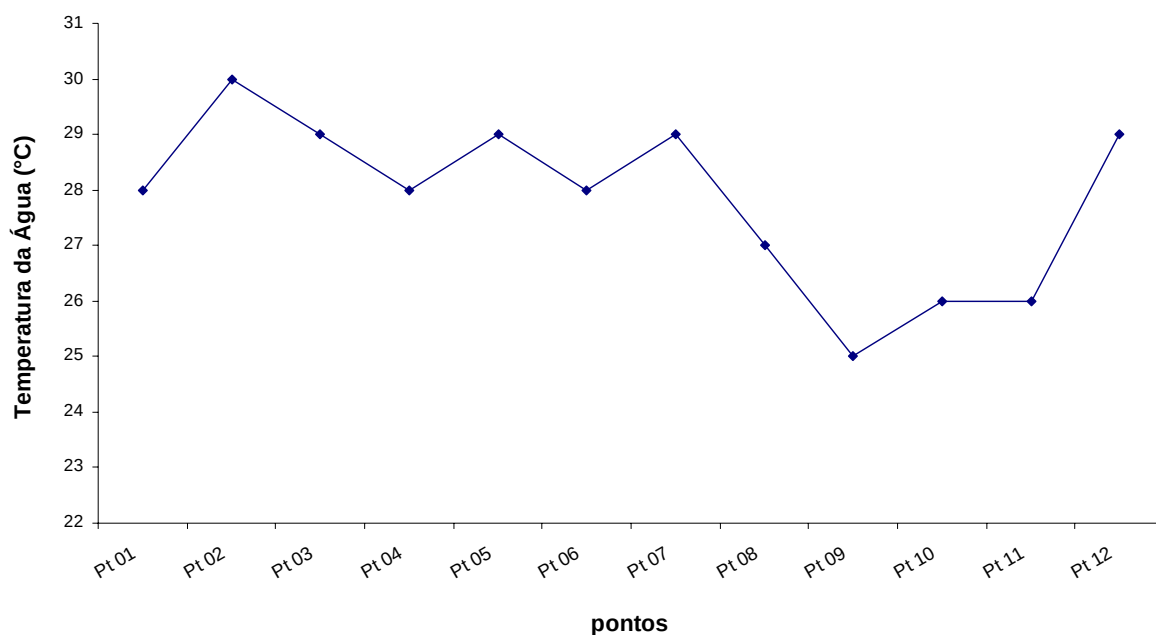
Dureza entre 150 e 300 mg/L CaCO₃ → água considerada dura;

Dureza > 300mg/L $\text{CaCO}_3 \rightarrow$ água considerada muito dura;

Levando em consideração essa classificação, temos uma água subterrânea de dureza moderada a dura para a Cidade de Cuiabá, uma vez que a média dos valores desse parâmetro é de 131 mg/L CaCO_3

TEMPERATURA DA ÁGUA

FIGURA 28– VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDAS NOS POÇOS ESTUDADOS NA REGIÃO DE CUIABÁ-MT.



Valores Estatísticos de Temperatura

Média = 27,83

Desvio Padrão = 1,527

Máximo = 30

Mediana = 28

Mínimo = 25

VMP¹ = A portaria não limita valores

A temperatura da água é um fator que influencia a grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos, assim como, outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos. Uma elevada temperatura faz diminuir a solubilidade dos gases o que pode gerar mau cheiro na água.

A temperatura das águas subterrâneas corresponde normalmente à temperatura média anual da região.

De acordo com a temperatura na origem as água podem ser classificadas como:

frias, quando sua temperatura for inferior a 25°C;

hipotermiais, quando sua temperatura estiver compreendida entre 25 e 33°C;

mesotermiais, quando sua temperatura estiver compreendida entre 33 e 36°C;

isotermiais, quando sua temperatura estiver compreendida entre 36 e 38°C;

hipertermiais, quando sua temperatura for superior a 38°C.

Para as águas analisadas em Cuiabá podemos classificá-la como sendo hipotermiais, uma vez que a temperatura máxima registrada foi de 30°C e a mínima de 25°C.

10.2.2 Caracterização Química das Águas Subterrâneas em Cuiabá

Com o objetivo de definir as características químicas das águas subterrâneas em cada uma das litofácies definidas para o Grupo Cuiabá em Cuiabá, foram analisados 12 pontos de amostragens. Os resultados das análises químicas foram submetidos a um balanço iônico e nenhuma das amostras apresentou diferença entre cátions e ânions superior a 10%. A planilha utilizada para o balanço iônico pode ser vista no anexo 3.

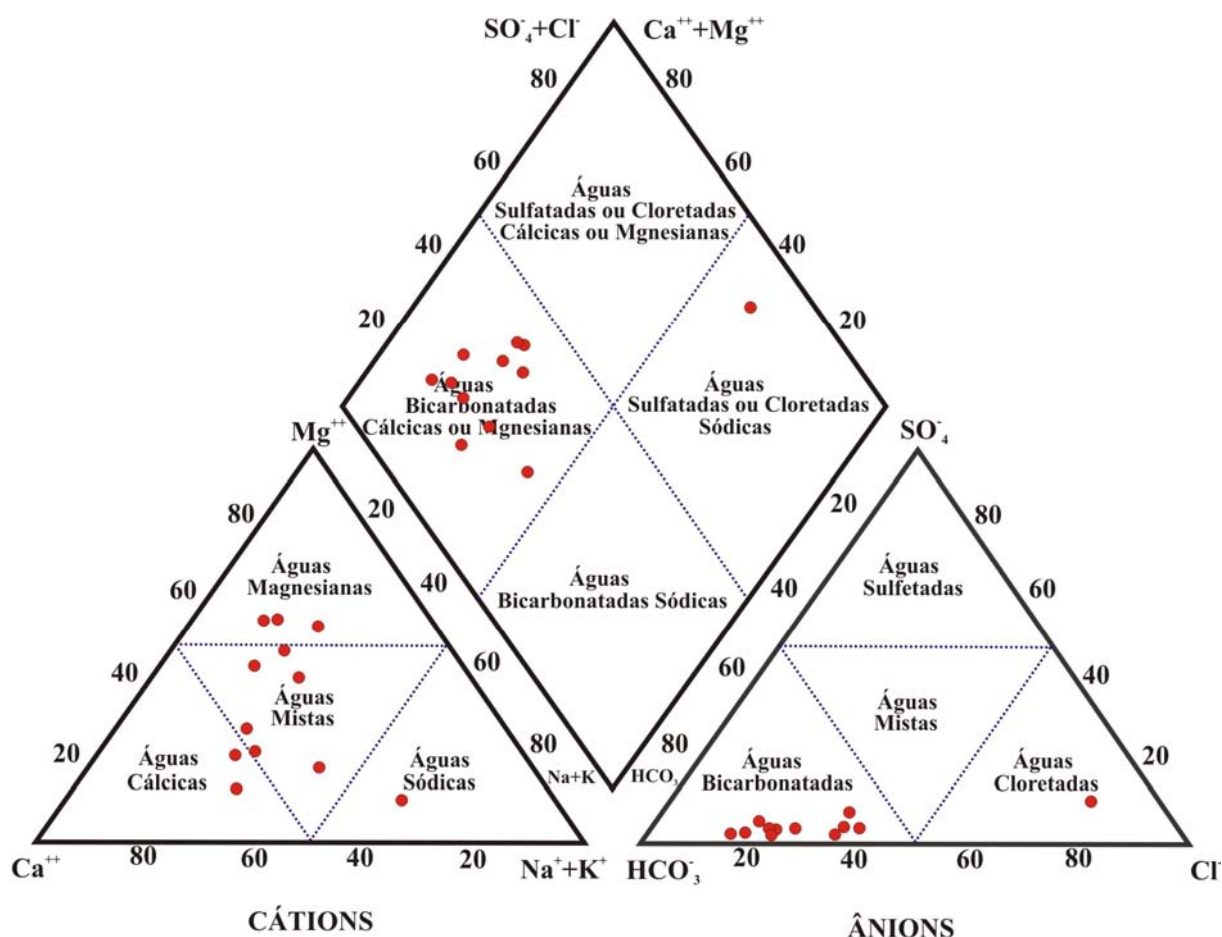
A caracterização hidroquímica definida para essas águas foi obtida a partir da relação de miliequivalência entre os elementos principais, utilizando-se o diagrama de Piper. Esse diagrama representa medidas de cátions Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ e dos ânions Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^{-2} e CO_3^{-2} de um conjunto de amostras de água, permitindo observar os cátion e os ânions dominantes.

O resultado da caracterização química das águas subterrâneas em Cuiabá pode ser observado na figura 29. As litofácies que compõem o Grupo Cuiabá mostram um comportamento semelhante, onde 91,7 % dos pontos analisados se caracterizam por águas bicarbonatadas cálcicas e magnesianas, e 8,3% se caracterizam por águas sulfatadas ou cloretadas sódicas.

A análise feita para cada litofácies, cujos diagramas podem ser vistos no apêndice 4, mostrou na Litofácies I, águas magnesianas em 75% das amostras, ou seja, 3 dos 4 pontos analisados. 25% se classificaram como águas mistas. Quanto aos ânions em 100% dos pontos analisados as águas são bicarbonatadas. De acordo com esses resultados as águas nessa litofácies podem ser classificadas como Bicarbonatadas Magnesianas. Observando o resultado das análises químicas dessa litofácies podemos ver que os valores de magnésio prevalecem sobre o cálcio em 75% das amostras.

Na Litofácies II, 100% das amostras indicaram águas mistas na análise dos cátions, e 100% bicarbonatada na análise dos ânions.

FIGURA 29 – DIAGRAMA DE PIPER REPRESENTANDO A COMPOSIÇÃO IÔNICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ZONA URBANA DE CUIABÁ. OS VALORES ESTÃO REPRESENTADOS EM TERMOS DE PERCENTUAIS DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO



Para tanto a classificação apresentada caracteriza águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. Uma avaliação dos resultados analíticos feitos nessa Litofácies, mostra uma semelhança nos valores de cálcio e magnésio.

Na litofácies IV as águas foram classificadas como mistas, sendo 33,3% como cálcicas e 33,3% como sódicas. Nos ânions também ocorreu uma variação onde 75% das amostras são bicarbonatadas e 25% cloretadas.

Com esse resultado se classificou a água nessa litofácies como 75% bicarbonatada cálcica ou magnesiana e 25% como água cloretada sódica.

Sugere-se a classificação das águas bicarbonatadas na Litofácies IV como sendo cálcicas, pois uma avaliação dos resultados analíticos mostra que os valores de cálcio nessas águas são superiores aos de magnésio.

E finalmente a Litofácies V as águas nos pontos analisados são classificadas como mistas em 66,6% das amostras, e em 33,3% classificadas como cálcicas. Quanto aos ânions se classificou 100% das amostras como bicarbonatadas. A classificação geral foi de águas 100% bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. E ainda fazendo uma avaliação dos resultados analíticos sugere-se uma classificação para essa Litofácies como Águas Bicarbonatadas Cálcicas.

O resultado apresentado pelo diagrama de Piper mostra então que não há uma diferença marcante na classificação química das águas com relação as diferentes litofácies que compõem o Grupo Cuiabá. Contudo fazendo-se uma avaliação mais criteriosa dos resultados pode-se dizer que as águas da litofácies I e II podem ser classificadas como Bicarbonatadas Magnesianas e das litofácies IV e V como águas Bicarbonatadas Cálcicas.

A presença de lentes de calcário intercalados com os filitos e carbonatos disseminados nos metapelitos, em todo o Grupo Cuiabá na cidade de Cuiabá, podem vir a indicar a origem dos íons bicarbonato, cálcio e magnésio nessas águas.

11 – CONCLUSÕES

A falta de dados hidrogeológicos de detalhe na região de Cuiabá, que permitissem uma melhor compreensão dos fatores condicionantes que atuam no armazenamento e fluxo das águas subterrâneas, dificultou uma análise mais profunda sobre o comportamento hidrogeoquímico nas litofácies que compõem o Grupo Cuiabá em Cuiabá.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram feitas análises das águas subterrâneas em cada um dos conjuntos litológicos que correspondem ao Grupo Cuiabá na área estudada: a Formação Miguel Sutil (Litofácia IV e V) e a Formação Rio Coxipó (Litofácies I e II).

Uma avaliação de dados construtivos dos poços tubulares na região e trabalhos existentes na área mostrou que o sistema aquífero em Cuiabá é do tipo livre heterogêneo e anisotrópico, com dois domínios hidrogeológicos no meio fraturado: O domínio da Formação Miguel Sutil e o domínio da Formação Rio Coxipó.

No primeiro domínio, a litofácies argilo-areno-conglomerática (Litofácia V) apresentam as melhores condições aquíferas e, no segundo domínio, os metadiamicritos com matriz arenosa é que apresentam as melhores condições de armazenamento de água (Litofácies II). Porém outras áreas também podem apresentar poços com boas vazões, uma vez que o aquífero é muito fraturado e a produtividade dos poços esta muitas vezes relacionada ao grau de fraturamento.

O resultado da classificação química apresentado pelo diagrama de Piper indicou para as águas subterrâneas na Zona Urbana do Município de Cuiabá como sendo 91,7% Bicarbonatada Cálcicas e Magnesianas e 8,3% Cloretada Sódica. O resultado também mostrou que não existe uma diferença marcante na classificação dessas águas em relação as diferentes litofácies que compõe o Grupo Cuiabá.

A avaliação analítica preliminar das águas subterrâneas na cidade de Cuiabá, mostrou que essas águas em relação aos parâmetros físico-químicos analisados são de boa qualidade. No entanto há motivos de preocupação, uma vez que o município pertence a uma zona de aquífero livre e fraturado, o que facilita a contaminação das águas subterrâneas de maneira rápida.

A ocorrência de rochas carbonáticas na região proporcionou uma dureza moderada nas águas, o que não apresenta com isso problemas na sua utilização.

As crostas ferruginosas existentes em toda a superfície do terreno, não proporcionou uma grande quantidade de ferro nas águas analisadas, talvez por estas estarem em profundidades consideráveis (100 à 160m), pois foi observado em análises feitas em águas pouco profundas que esse íon aparece em quantidades significativas, o que pode vir a contribuir na contaminação das águas mais profundas, uma vez que há problemas no processo construtivo dos poços tubulares, o qual poderá permitir a percolação vertical de contaminantes de forma muito rápida.

12 – RECOMENDAÇÕES

Pesquisas realizadas demonstram que a água própria para consumo humano, vem diminuindo drasticamente, seja em quantidade ou qualidade. Esta degradação deriva de inúmeros fatores, dentre eles podemos citar como principais agentes a agricultura, a exploração dos recursos naturais, os acidentes durante manuseio e transporte de substâncias perigosas, bem como as disposições inadequadas de resíduos derivados do próprio homem, sejam eles domésticos, industriais ou hospitalares.

Em função disso que o objetivo deste capítulo é propor sugestões a fim de que possam ser tomadas medidas que visem o equilíbrio entre o uso e a proteção dos recursos hídricos subterrâneos, são elas:

- 1) Promover pesquisas científicas na região de Cuiabá, onde se conhece ainda muito pouco sobre a geologia local, propondo trabalhos que pudessem identificar a potencialidade, a vulnerabilidade e zonas de recarga dos aquíferos, a direção de fluxo das águas, a profundidade e extensão das fraturas;
- 2) Realizar análises microscópicas de amostras das rochas que compõem as litofácies do Grupo Cuiabá, através da perfuração de poços de pesquisas, para que se possa fazer uma melhor relação entre a química das rochas e a química das águas;
- 3) Implantar um programa de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas na Zona Urbana de Cuiabá, em locais potencialmente afetados por armazenamento de materiais perigosos, tais como postos de gasolina, aterro sanitário, indústrias que enterram rejeitos perigosos, dentre outros;
- 4) Apoiar a Fundação Estadual do Meio Ambiente/FEMA no tocante ao cumprimento da Lei Estadual que Dispõe das Águas Subterrâneas, a qual está

em processo de apreciação pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Mato Grosso/CEHIDRO. A existência dessa Lei permitirá uma melhor alimentação do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas/SIDAS, o qual dará suporte ao melhor gerenciamento de uso desses recursos;

- 5) Retomar junto a FEMA, a realização de trabalhos de educação ambiental em escolas, entidades de classes e na comunidade em geral visando um melhor esclarecimento da importância de preservação e manutenção das águas subterrâneas;
- 6) Esclarecer e incentivar os proprietários de poços da importância de realizarem a manutenção dos poços assim como análises bacteriológicas das águas periodicamente;
- 7) E finalmente, esclarecer através de programas de capacitação, os perfuradores de poços da região, sobre a importância de uma construção eficaz dos poços, assim como a sua proteção e manutenção e uma correta descrição do perfil litológico.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, K. J. **Qualidade das Águas Subterrâneas em Cuiabá.** Projeto SRH/GEF/PNUMA/OEA/FEMA, 2000. 32p. Relatório de Atividades n° 3.
- ALBRECHT, K. J. **Uso e Demandas Atuais e Futuras da Águas Subterrâneas em Cuiabá.** Projeto SRH/GEF/PNUMA/OEA/FEMA, 2001. 28p. Relatório de Atividades n° 4.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Geologia do Centro-Oeste Mato-Grossense. **In: Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia.** Rio de Janeiro, 1964. 215p.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Geossinclínio Paraguai. **In: Anais da 1ª. Semana de Debates Geológicos.** Porto Alegre: Universidade Federal, Centro Acadêmico dos Estudantes de Geologia, 1965. 141p.
- ALMEIDA, F. F. M. de. A Província Tocantins - Setor Sudeste. In: ALMEIDA, F. F. M. de. Y. Coords. **O Pré-Cambriano do Brasil.** São Paulo: Edgard Blücher, 1984 p.265 – 281.
- ALVARENGA, C. J. S. de. Evidências de fácies turbidíticas grosseiras no Grupo Cuiabá - MT. **Anais do 2º. Simpósio de Geologia do Centro-Oeste.** Goiânia, Ata NCO/SBG, 1985, p. 256 -266.
- ALVARENGA, C. J. S. de. **Turbiditos e a Glaciação Final do Proterozóico Superior no cinturão Paraguai, Mato Grosso,** 1988. p. 323-327 São Paulo.
- ALVARENGA, C. J. S. de. **Phénomènes sédimentaires structuraux et circulation de fluides développés à la transition chaîne craton:** exemple de la chaîne Paraguai d'âge proterozoïque supérieur. Mato Grosso, Brésil. Marseille, 1990 177p. These Doctorat, Université. Aix-Marseille III.
- ALVARENGA, C. J. S. de. & TROMPETTE, R. Evolução Tectônica Brasileira da Faixa Paraguai: a estruturação da Região de Cuiabá. **Revista Brasileira de Geociências.** V. 23, p. 18-30, 1993.

APOITIA, L. F. DE M. **Proposition des Taxes pour l'Utilisation des Eaux de la Rivière Cuiabá-Mato Grosso-Brésil.** Adaptation au Brésil du Modèle Français de Gestion des Eaux. Alès – France, 2002. 86p. Monographie de Spécialisation École des Mines d'Alès.

APOITIA, L. F. DE M.; ROSA FILHO, E. F; BITTENCOURT, A.V. L; HINDY, E. **Caracterização Preliminar da Qualidade das Águas Subterrâneas na Cidade de Cuiabá-MT.** Artigo Submetido ao Boletim Paranaense de Geociências, 2003.

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. 31, 1997.

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

BRASIL, **Código das Águas**, 1934. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm> acesso em 28/09/2002

BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil**, 1988. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> acesso em 28/09/2002.

BRASIL, MMA - Ministério do Meio Ambiente, **Política Nacional dos Recursos Hídricos.** Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997. 2 ed. rev. atual. Brasília-DF.

BRASIL, **Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde** de 29/12/00. Estabelece os Procedimentos e Responsabilidades Relativos ao Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Disponível em <<http://www.ministeriodasaude.org.br>> acesso em 29/09/2002.

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, 1982. Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 26.

Caracterização da Qualidade das Águas Subterrâneas no Município de Rio Claro-SP. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/geologia/gma-m70.htm>> acesso em 20/06/2003.

CARVALHO, M. A. **Qualidade Construtiva dos Poços Tubulares Profundos na Área Urbana de Cuiabá.** Rio de Janeiro - RJ, Dissertação de Mestrado Apresentada a Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE - da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2002. 259p.

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

CETESB – Cia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Ambiental. **Qualidade da Água Subterrânea do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1988. 95p. Relatório Técnico.

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

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 20** de 18 de Julho de 1986, ed. 4, Brasília-DF.

COY, M.; FRIEDRICH, M. R.; SCIEER, M.; AGUIAR, M. V. A.; **Questão Urbana na Bacia do Alto Rio Paraguai,** Fase 1: Diagnóstico de cooperação científico-tecnológica Brasil-Alemanha, Universidade Federal de Mato Grosso, 1994. 121p.

COSTA, W. D. Legislação de Águas Subterrâneas e Gerenciamento de Aquíferos. **Anais do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste,** Recife – Pe, 2001 p.77-82.

DEL'REY SILVA, L. J. H. Ouro no Grupo Cuiabá, Mato Grosso: controles estruturais e implicações tectônicas. **Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia.** Natal-RN, 1990. V. 6, p. 2520-2534.

Diagrama Triangular de Piper. Disponível em:

<http://www.funceme.br/dehid/qualigraf/piper.htm>> acesso em 06/06/2003

EVANS, J. W. **The Geology of Mato Grosso:** Particularly the region drained by the upper Paraguay; Quart. Journal Soc. London, Londres, 1894. p. 85 – 104.

ENGEPOLI. **Estudo da concepção do sistema de esgotamento sanitário de Várzea Grande-MT.** Várzea Grande, 1999. Relatório.

FEITOSA, F.A. C. & MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** CPRM Serviço Geológico Nacional, 1997. 412p.

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

FERREIRA, L. M. R.; DANTAS, M. G.F.; ODA, G. H.; IRATI, M. A.; CASARINI, D. C. P. Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana de Campinas-SP. **Anais do I Congresso Integrado de Águas Subterrâneas. Fortaleza-CE,** 2000. 1 CR-ROM.

FERREIRA, M.S.F.D. **Conseqüências das Formas de Ocupação das Margens do Rio Cuiabá no Trecho Cuiabá - Barão de Melgaço.** Cuiabá-MT, 1986. Monografia de Especialização. Universidade Federal de Mato Grosso – Departamento de Geografia.

GESETT4/AI. **Fontes de Poluição das Águas Subterrâneas.** Disponível em:

<<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/infra/g7428.pdf>> acesso em: 05/09/2002.

GIRARD, P. **Estimativas de cargas orgânicas nos córregos da área urbana de Cuiabá e impactos sobre os rios Cuiabá e Coxipó.** SRH/GEF/PNUMA/OEA/FEMA, Cuiabá-MT, 2000. 16p. Relatório Parcial número 3.

GONÇALVES, J. A. C. Domínios Hidrogeológicos no Meio Fissural do Leste da Zona da Mata – MG e Extremo Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis-SC, 2002. 1 CD-ROM.**

HASUI, Y; TASSINARI, C. C. G.; SIGA, Jr. O.; TEIXEIRA, W.; ALMEIDA, F. F. M.; KAWASHITA, K. Idade Rb/Sr e K/Ar do Centro Norte do Brasil e seu significado geológico e tectônico. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia**, Camboriu - SC. 1981. pp. 2659-2676.

HOLT, M. S. **Sources of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. Food and chemical toxicology**, 2000. Vol. 38, pp. 21-27.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Censo 2000**, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 25/09/2002.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim da Estação 2504600**. Ministério da Agricultura e do abastecimento, Delegacia Federal da Agricultura – DFA/MT 9^o distrito de Meteorologia, 2000.

IPDU, INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO URBANO. **Súmula de Informações Município de Cuiabá**, Cuiabá, Agosto 2000.

IRATI, M. A.; HASSUDA, S.; ODA, G. H.; FERREIRA, L. M. R.; TEIXEIRA, A. L.; NEGRI, F. A.; AZEVEDO SOB, J. M.; GARDA, G. M. Delimitação da Área de Recarga de Fontes em Aquíferos Fraturados. **Anais do X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo-SP, 1998. 1 CD-ROM.**

KIMMELMANN E SILVA, A. A.; GODOY, M. C. T. F. DE; SOUZA FILHO, A. Estudo da Vulnerabilidade à Contaminação do Aquífero Adamantina em Presidente Prudente-SP. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis-SC, 2002. 1 CD-ROM.**

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

LEITE SOBRINHO, J. B. P. **Caracterização e Classificação de Alguns Perfis de Solos Concrecionários nos Municípios de Cuiabá e Várzea Grande-MT.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso, 1998. 96p.

LEMOS, M. M. G.; DIAS, C. L.; ROCCA, A. C. C.; CASARINI, D. C. P.; Metodologia Adotada para o Estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. **Anais do I Congresso Integrado de Águas Subterrâneas. Fortaleza-CE**, 2000. 1 CD-ROM.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá.** Rio de Janeiro – RJ, Tese de Doutorado. Apresentada a COPPE da Universidade do Rio de Janeiro, 2002. 187p.

LUZ, J. da S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, J. O.; MOTTA, J. F. M.; TANNO, L. C.; CARMO, L. S. do & SOUZA, N. B. **Projeto Coxipó.** Goiânia, DNPM/CPRM, 1980. Vol. 1. 136 p. Relatório Final.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. A Situação do Monitoramento das Águas no Brasil – Instituições e Iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2000. Vol. 5, n.3, pp 113-135.

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.

MANOEL FILHO, J. **Desenvolvimento e Aplicação de Modelo de Dimensão Fractal para Análise de Testes de Produção de Poços em Meio Fissural.** São Paulo, 1996. 197 p. Tese de Doutorado / Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

MATO GROSSO, **Decreto nº 1.291** de 14 de Abril de 2000. Dispõe sobre o licenciamento de poços tubulares no Estado de Mato Grosso. Cuiabá-MT

MATO GROSSO, **Política Estadual de Recursos Hídricos**. Lei nº 6945 de 05 de Novembro de 1997. 2 ed. revisada e atualizada. Cuiabá-MT.

MATTOS, J. C. P.; BORGES, W. R.; MIGLIORINI, R. B.; VECHIATTO, A. B. Avaliação Preliminar da Construção de Poços Tubulares Profundos e suas Influências nas Características Bacteriológicas da Região Metropolitana de Cuiabá. **Anais do I Seminário de Recursos Hídricos de Mato Grosso**. Cuiabá-MT, 2000. Vol.1, pp.23.

MENDONÇA, A. F. **Caracterização da Erosão Subterrânea nos Aquíferos Porosos do Distrito Federal**. Brasília-DF, 1993. Dissertação de Mestrado / Universidade de Brasília.

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. **Hidrogeologia em Meio Urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande-MT**. São Paulo-SP, 1999. 146p. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências, da Universidade de São Paulo.

MOURA, I. B. DE.; LEITE, R. P.; CUTRIM, A. O.; RUIZ, A. S.; VECHIATTO, A. B.; SHIRAIWA, S. Vulnerabilidade da Água Subterrânea no Distrito Industrial de Cuiabá-MT. **Anais do I Seminário de Recursos Hídricos de Mato Grosso**. Cuiabá-MT, 2000. Vol.1, pp.50.

MUSIS, C. R.; **Caracterização Climatológica da Bacia do Alto Paraguai**. Cuiabá-MT, Dissertação de Mestrado. Faculdade de Agronomia -UFMT.

NEVES, M.A.; PEREIRA, S. Y.; MORALES, N.; Comportamento do Aquífero Fissural na Micro-bacia do Córrego da Cachoeira, Município de Vinhedo-SP. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Florianópolis-SC, 2002. 1 CD-ROM.

NOVOTNY, V.; OLEM, H. **Water Quality Preservation, Identification and Management of Diffuse Pollution**. New York, 1993. John Wiley and Sons, Inc.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. DE. **Geologia de Engenharia**. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo-SP, 1998.

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 27/09/2002.

PACHECO, A.; REBOUÇAS, A. C. Aspectos de Uso e Preservação das Águas da Grande São Paulo. In: **II Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Salvador-Ba, 1982. Vol. 1 pp. 389-401.

PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai Pantanal. **Diagnóstico do Meio Físico e Biótico**. Cuiabá-MT, 1997. Vol. 2. 334 p. Relatório.

PINTO, F. O. R.; NISHIYAMA, L. Avaliação Preliminar da Vulnerabilidade de um Aquífero Livre na Região de Araguari-MG. **Anais do I Congresso Integrado de Águas Subterrâneas**. Fortaleza-CE, 2000. 1 CD-ROM.

PRÓ-ÁGUA, **Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/poluicao.htm>> acesso em 27/09/2002.

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

Qualidade Química de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.educar.sc.usp/biologia/prociencias/qagua.htm>> acesso em 10/06/2003; <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/quimica.htm>> acesso em 11/06/2003.

REBOUÇAS, A. C.; RICCOMINI, C.; ELLERT, N.; DUART, U.; MELLITO, K. M.; SENF, L. A.; SOUZA, J.C.S. Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Recife-Pe, 1994. Vol. 1 pp. 93-102.

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. Nº16. pp. 83-95.

ROSS, J. L. S.; O Contexto Geotectônico e a Morfogênese da Província Serrana de Mato Grosso. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo-SP, 1991. Nº 2, Vol.2, pp.21-37.

SANTOS, E. E. DOS. **Uso e Ocupação do Solo e Enchentes Urbanas em Áreas Tropicais: O Exemplo de Cuiabá-MT**. Cuiabá-MT, 2002. 120 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá-MT.

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.

SHIKLOMANOV, L. A.; Global Water Ressource. In: **Nature and Ressource**. Paris, 1990. Vol. 26, pp. 34- 43.

SOUZA, N. B. O Grupo Cuiabá na área do Projeto Coxipó. Estratigrafia e Potencialidade Econômica. **Anais do I Simpósio de Geologia do Centro-Oeste**. Goiânia-GO, 1981. p. 226-239.

SPERLING, M. V.; HELLER, L.; NASCIMENTO, N. O. **Investigação científica em engenharia sanitária e ambiental**. Parte 1: O delineamento experimental, engenharia sanitária e ambiental, Rio de Janeiro-RJ, 1996. Vol. 1, pp. 33-43.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 1988. APHA, AWWA, WPCF, 20 th ed., Port City Press, Baltimore, 770p.

TEIXEIRA, T. P.de B. **Avaliação do Setor de Saneamento no Estado de Mato Grosso: Estudo de Caso Sub-bacia do Rio Cuiabá.** Cuiabá-MT, 1997 123p. Monografia de Especialização em Qualidade Ambiental e Recursos Hídricos. Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso.

TUCCI, C.E.M.; HESPAHOL, I.; CORDEIRO NETO, O. M. Cenário da Gestão da Água no Brasil: Uma Contribuição para a Visão Mundial da Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2000. Vol.5, n^o 3, pp. 31-34.

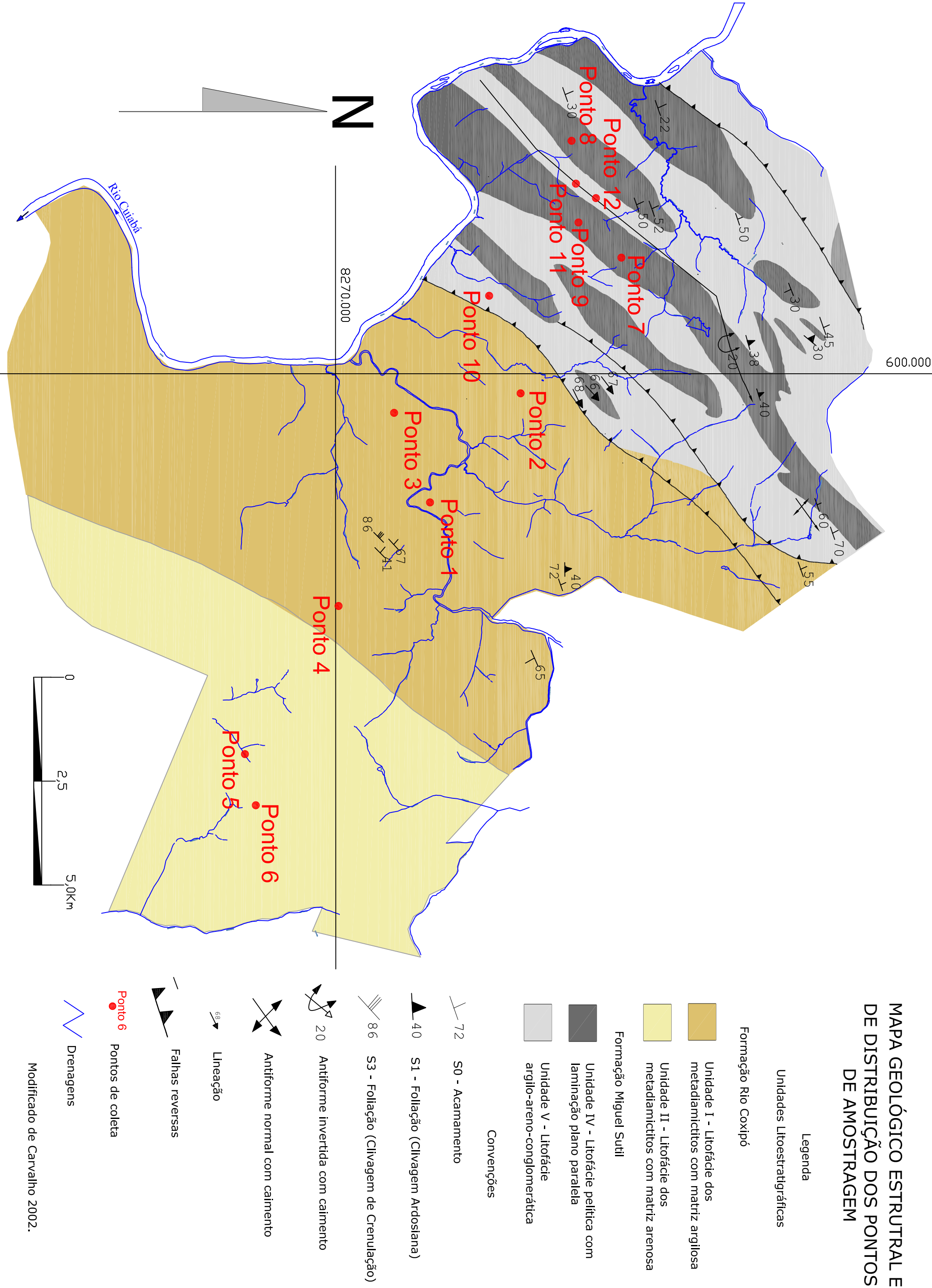
WHO – World Health Organization, 1997 - **The World Health Report 1999: Making a Difference.** Disponível em: <<http://www.who.int/whr/1999/em/report.htm>> acesso em 12/07/02.

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.

APÊNDICE 1 – MAPA GEOLÓGICO

MAPA GEOLÓGICO ESTRUTURAL E DE DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM



APÊNDICE 2 – DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Planilha de Caracterização dos Pontos de Coleta de Águas Subterrâneas em Cuiabá
Litofácies I – Metadiamectitos de Matriz Argilosa
Formação Rio Coxipó

Ponto	Descrição Litológica	Prof. (m)	Q (m ³ /h)
Pt 01	0,0 a 24,0m – solo silte arenoso de coloração bege, 24,0 a 78,0m – filito de coloração cinza clara 78,0 a 120,0m – filito de coloração cinza.	120	5,11
Pt 02	Não apresenta dados sobre o perfil litológico	100	5,10
Pt 03	0,0 a 20,0m – material argiloso, coloração amarelada 20,0 a 45,0m – filito argiloso de coloração amarelada 45,0 a 100,0m – filito cinza claro.	100	16,5
Pt 04	0,0 a 15,0m – argila siltosa 15,0 a 25,0m – filito argiloso de coloração amarelada 25,0 a 45,0m – filito argiloso de coloração cinza clara 45,0 a 100,0m – filio cinza claro.	100	5,77

Planilha de Descrição dos Pontos de Coleta de Águas Subterrâneas em Cuiabá
Litofácies II – Metadiamectitos de Matriz Arenosa
Formação Rio Coxipó

Ponto	Descrição Litológica	Prof. (m)	Q (m ³ /h)
Pt 05	00 a 20,0m – material composto por argilas e silte de coloração rósea 20,0 a 60m – filito mediamente alterado a pouco alterado de coloração acinzentada. 60,0 a 120m – veios de quartzo esverdeado intercalados com metarenitos de coloração cinzenta	120	5,7
Pt 06	00 a 20,0 - material areno argiloso de coloração amarelada, inconsolidado. 20,0 a 32,0 – metarenito de cor bege, granulometria heterogenea e fina. 32,0 a 43m – metarenito de coloração variando de bege a cinza, granulometria grossa, apresentando partículas de quartzo e siltito. 43,0 a 100,0 – veios de quartzo intercalados com metarenitos.	100	19

Planilha de Descrição dos Pontos de Coleta de Águas Subterrâneas em Cuiabá
Litofácies IV – Pelítico Laminada
Formação Miguel Sutil

Ponto	Descrição Litológica	Prof. (m)	Q (m ³ /h)
07	00 a 3,0m – siltito de cor amarelada 3,0 a 6,0m – siltito de cor acinzentada 6,0 a 9,0m – siltito de cor acinzentada com fragmento de filito e quartzo 9,0 a 12m – siltito com presença de laterita 12,0 a 15,0m – siltito de cor verde	100	3
08	00 a 15m – cobertura arenosa de granulometria grossa, apresentando fragmentos de quartzo leitoso, rocha alterada e minerais micáceos 15,0 a 28,0m – rocha metamórfica apresentando fragmento de quartzo leitoso e minerais micáceos	100	5,66
09	00 a 9,0m – material areno-argiloso, alterado, de coloração bege avermelhada em processo de laterização. 9,0 a 24,0m – metarenito quartzoso, inconsolidado, alterado, granulação fina a média, coloração cinza esverdeado. 24,0 a 42,0m – metaparaconglomerado, alterado, coloração cinza-esverdeada, fraturado, com fragmentos de quartzo. 42,0 a 54,0m – quartizito alterado a inalterado, coloração cinza-esverdeado a cinza-escuro, apresenta fraturas e grãos de quartzo. 54,0 a 57,0 – filito pouco alterado, consolidado, coloração cinza-clara, fraturado,	100	4,71

	presença de fragmentos de quartzo. 57,0 a 72,0 – quartizito fino, inalterado, consolidado, foliado, coloração cinza clara, apresenta granodecrescência. 72,0 a 100,0m filito sericitico, inalterado, consolidado, coloração cinza a médio, fraturado, contendo lentes de metarenitos quartizosos.		
--	--	--	--

Planilha de Descrição dos Pontos de Coleta de Águas Subterrâneas em Cuiabá
Litofácies V – Areno Conglomerática
Formação Miguel Sutil

Ponto	Descrição Litológica	Prof. (m)	Q (m ³ /h)
10	00 a 89,0m – solo inconsolidado 89,0 a 106m – arenito quartzoso, compacto, de cor cinza escuro, granulação grosseira. 106,0 a 119,0m – quartizito de textura fina, compacta, de grãos subarredondados, de dureza média. 119,0 a 137,0m – quartizito a níveis de metassiltito fino.	137	1,8
11	00 a 30,0m – argila intercalada com conglomerado de baixa a alta fragilidade 30,0 a 32,0m – filito alterado de coloração cinza a preto 32,0 a 100,0m – filito de coloração cinza alternando-se com metarenito e veios de quartzo.	100	8,1
12	00 a 5,0m – material argilo arenoso, inconsolidado, muito alterado, de coloração vermelha a laranja 5,0 a 15,0m – filito alterado, coloração bege/laranja, consolidada. 15,0 a 25,0m – filito alterado, consolidado, coloração cinza a bege apresentando boa xistosidade. 25,0 30,0m – filito pouco alterado, consolidado, coloração cinza chumbo, apresenta boa xistosidade	160	2,26

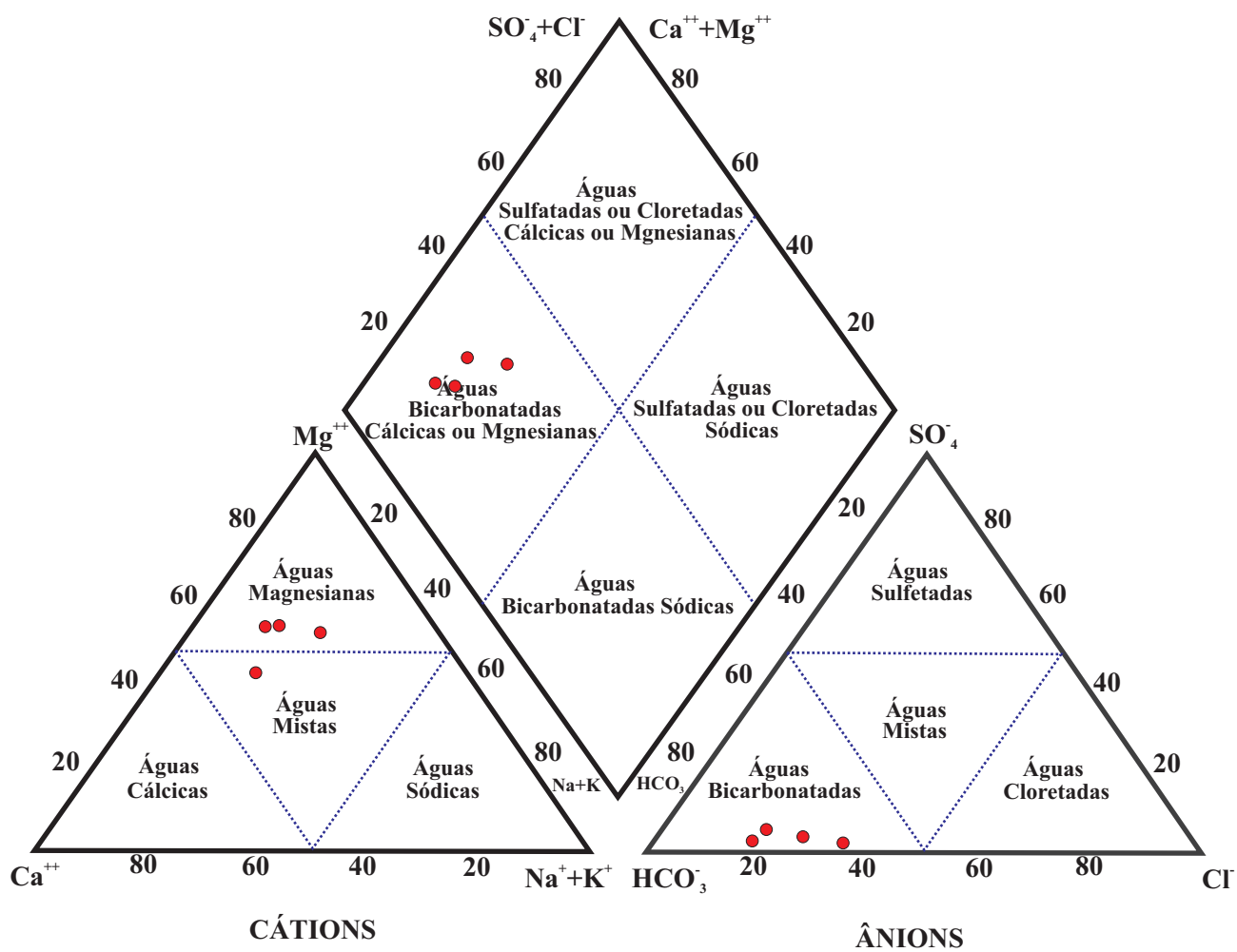
	37,0 a 70,0m – filito carbonático consolidado, inalterado, coloração cinza chumbo, apresenta efervescência quando atacado por HCL a frio. 70,0 a 105,0m – metarenito inalterado, consolidado, coloração cinza chumbo, aspecto maciço, apresenta elevada efervescência quando atacado por HCL a frio. 105,0 a 145,0 – Calcário inalterado, consolidado, coloração cinza chumbo, aspecto maciço, apresenta elevada efervescência quando atacado por HCL a frio. 145,0 a 160,0 – calcário inalterado, consolidado, coloração cinza chumbo, apresenta boa xistosidade.		
--	--	--	--

APÊNDICE 3 – FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRA

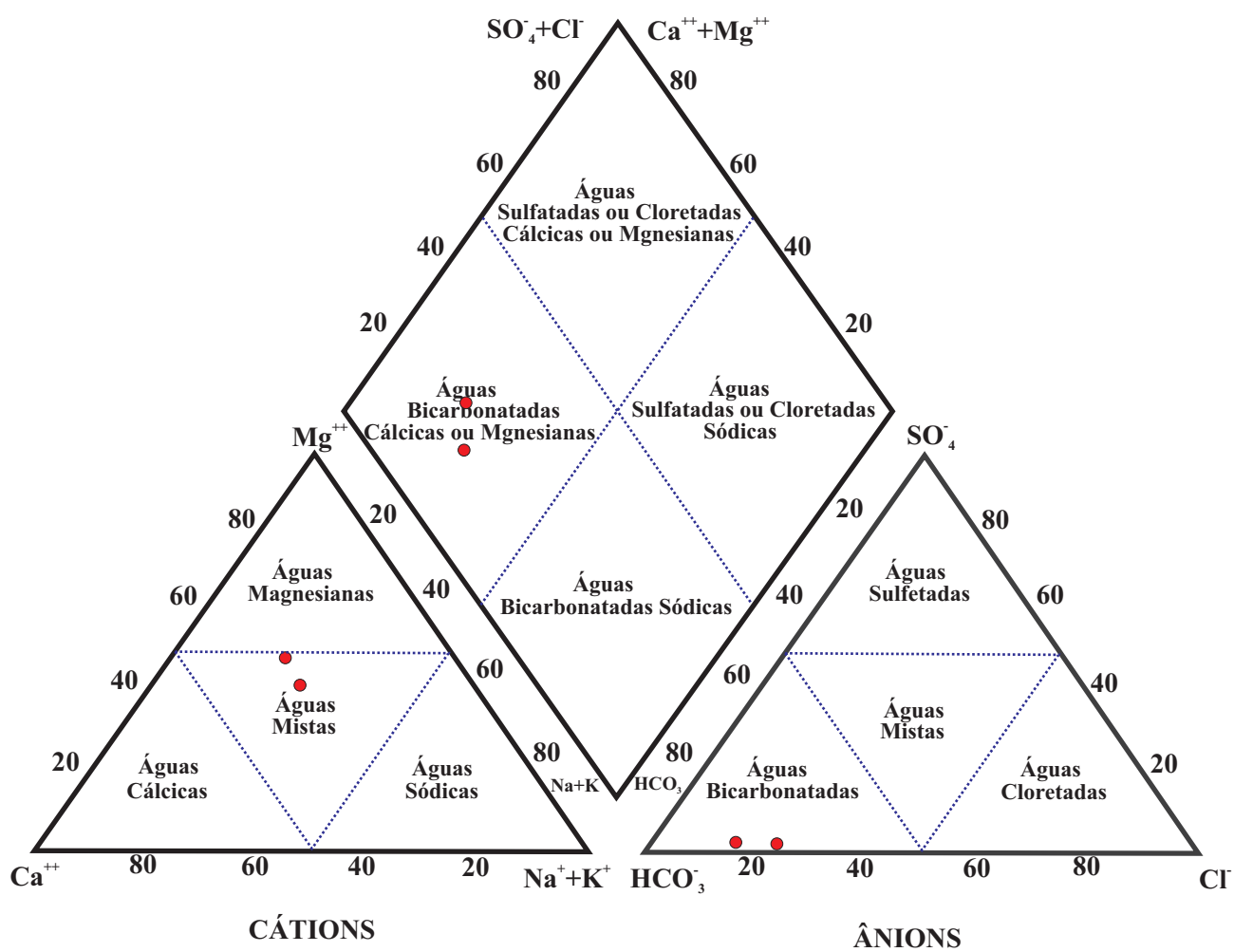
GUIA DE SOLICITAÇÃO DE ANÁLISES

Projeto: <i>Caracterização Preliminar das Águas Subterrâneas em Cuiabá</i>							Tipo de análise: <i>Físico-Química em Águas Subterrâneas</i>		
Município: <i>Cuiabá</i>									
Coletor: <i>Lilian Apoitia</i>									
Amostra	Local de Coleta	Data da Coleta	Hora da Coleta	Temperatura °C		Chuvas nas ultimas 24hs	Hora de chegada ao Laboratório	Coordenada Geográfica	Observações
				Água	Ar				
01	Pt 01	07/07/03	8:35 hs	27	28	Não	9:30 hs	21L 0603 094 8272 272	
02	Pt 02	07/07/03	9:05 hs	28,5	28	Não	9:30 hs	21L 0600 470 8274 451	
03	Pt 03	14/07/03	10:15 hs	29	28	Não	11:00 hs	21L 0600 940 8271 408	
04	Pt 04	14/07/03	8:50 hs	28	24	Não	11:00 hs	21L 0605 585 8270 072	
05	Pt 05	14/07/03	9:10 hs	29	26	Não	11:00 hs	21L 0609 148 8267 821	
06	Pt 06	14/07/03	9:35 hs	28	26	Não	11:00 hs	21L 0610 378 8268 082	
07	Pt 07	15/07/03	8:20 hs	29	25	Não	10:45 hs	21L 0597 207 8276 875	
08	Pt 08	31/07/03	9:20 hs	28	25	Não	9:45 hs		
09	Pt 09	15/07/03	10:10 hs	25	27	Não	10:45 hs	21L 0595 849 8275 933	
10	Pt 10	15/07/03	10:30 hs	26	28	Não	10:45 hs	21L 0598 124 8273 694	
11	Pt 11	15/07/03	9:50 hs	26	26	Não	10:45 hs	21L 0595 551 8275 710	
12	Pt 12	15/07/03	8:45 hs	27	25	Não	10:45 hs	21L 0595 775 8276 263	

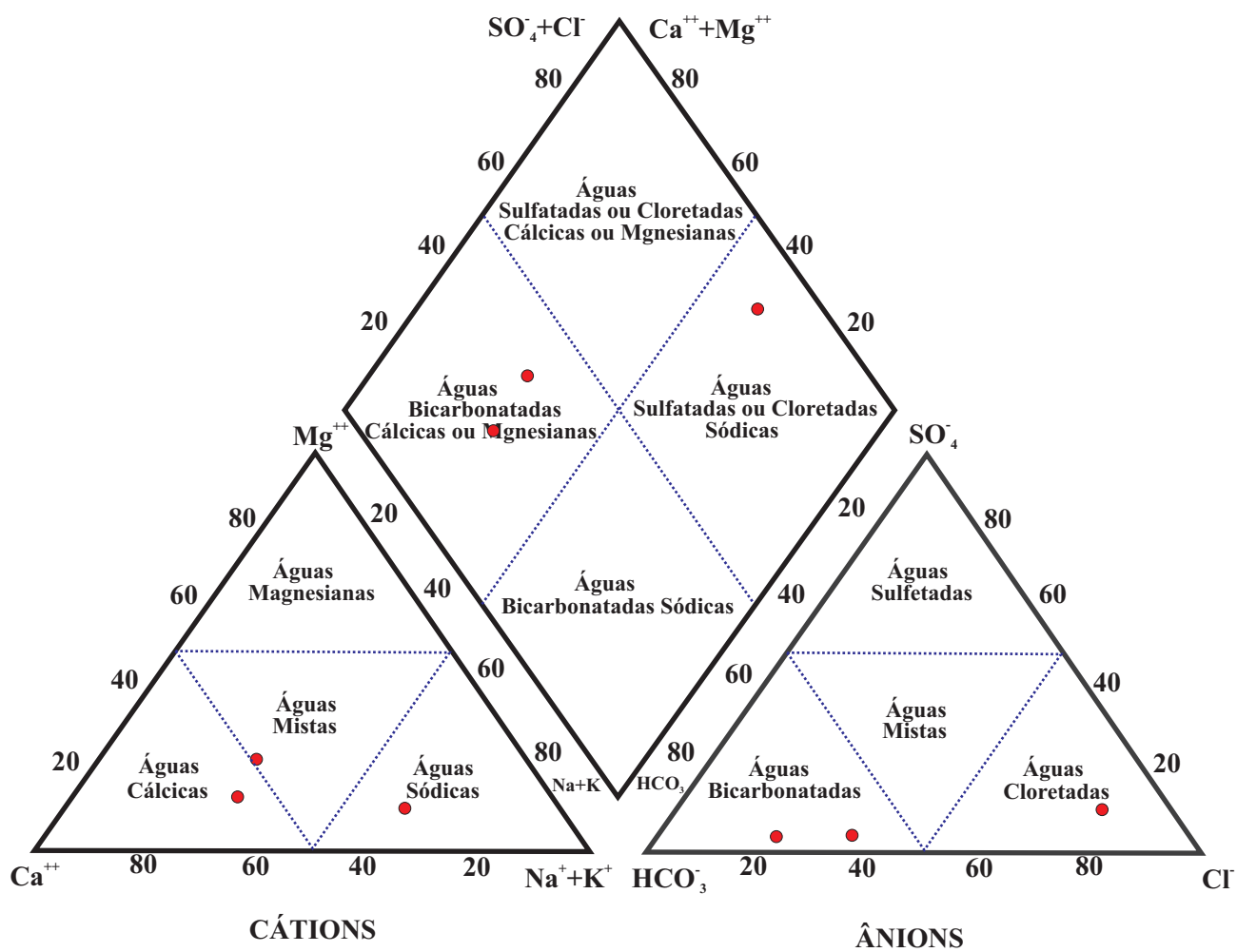
APÊNDICE 4 – DIAGRAMA DE PIPER



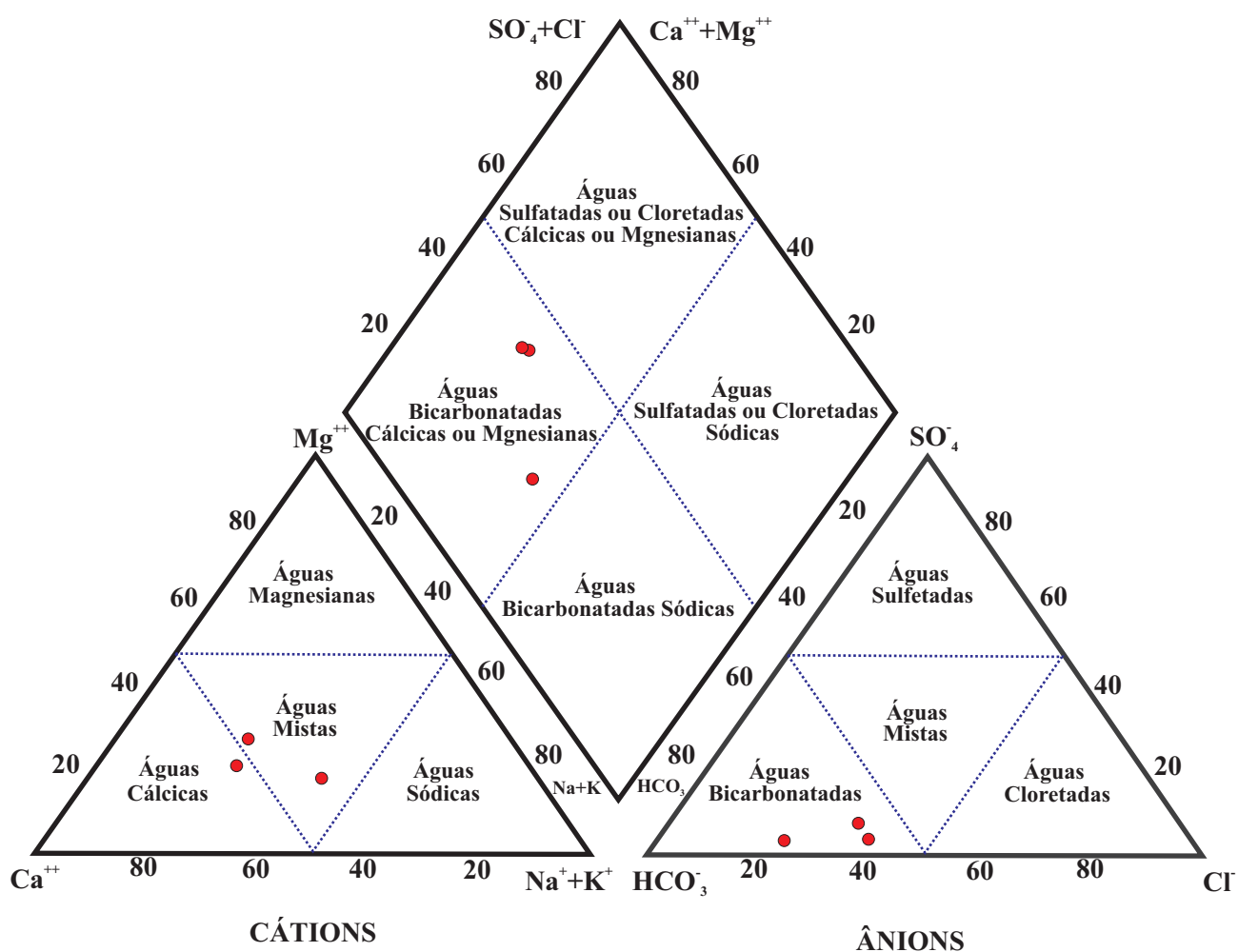
Litofácies I



Litofácies II



Litofácies IV



Litofácies V

APÊNDICE 5 – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



Foto 01 - Vista Parcial de Cuiabá, mostrando vegetação.

Foto 02 - Exemplo de vegetação de interflúvio

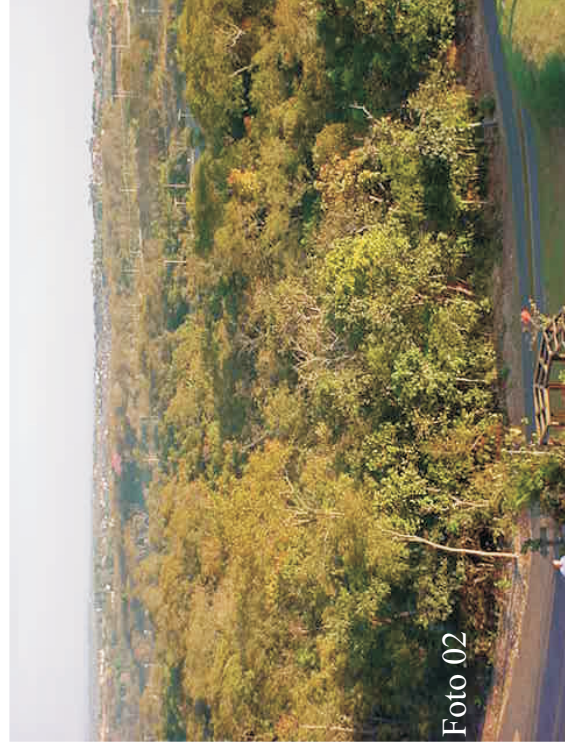




Foto 03



Foto 04



Foto 05



Foto 06



Foto 07

Foto 03 - Formação Miguel Sutil - litofácies V argilo-areno-conglomerática.

Foto 04 - Detalhe da foto 03 mostrando conglomerados de matriz arenosa.

Foto 05 - Fm. Miguel Sutil - veios de quartzo leitoso em matriz de areia grossa também quartzosa.

Foto 06 - Disseminação de veios de quartzo leitoso na Fm. Miguel Sutil.

Foto 07 - Detalhe da espessura dos veios de quartzo disseminados na Fm. Miguel Sutil.



Foto 08



Foto 09



Foto 10



Foto 11

Foto 08 - Fm. Miguel Sutil - Litofácies IV
- pelitos com laminação plano paralela, mostrando
dobramento parasita assimétrico em intercalações
de metarenitos quartzosos e filitos sericíticos.

Fotos 09e 10 - Fm. Rio Coxipó - Litofácies I
- metadiamicctitos com matriz argilosa.

Foto 11 - Fm. Rio Coxipó - Litofácies II
- metadiamicctitos com matriz arenosa.



Foto 12 - Coleta de água subterrânea sendo realizada.



Foto 13 - Exemplo de poço adequado à Portaria 1291/2000MT.

ANEXO 1 – BOLETINS DE ANÁLISE DA ÁGUA

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

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LILIAN APOITIA
DATA : 21/07/2003
PROTOCOLO : 4702

N.º LAB.: 593 a 596

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	P.01	P.02	P.03	P.04	VMP
pH a 25° C	--	7,01	7,01	7,1	7,0	6,0 a 9,5 (recomendado)
Turbidez	(NTU)	46,0	1,4	0,2	0,2	5
Cond. Elétrica	µS/cm	472,0	191,4	362,0	325,0	--
Alcalin. Carbonato	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	--
Alcalin. Bicarbonato	mg/L	270,0	106,0	195,5	154,0	--
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	218,0	78,0	108,0	112,0	500
Cloreto	mg/L Cl	36,9	31,9	24,1	31,9	--
Potássio	mg/L	1,9	0,5	3,6	1,4	--
Sódio	mg/L	18,4	10,8	9,1	11,8	200
Zinco	mg/L	1,89	0,01	0,00	0,00	5
Cobre	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,01	2,0
Ferro	mg/L	3,65	0,03	0,00	0,00	0,3
Manganês	mg/L	0,44	0,06	0,00	0,00	0,1
Cálcio	mg/L	40,8	9,2	25,4	21,6	--
Magnésio	mg/L	27,8	13,8	27,0	25,0	--
Sulfatos	mg/L SO ₄	8,9	0,0	0,8	2,3	250
Sólidos Totais	mg/L	297	130	200	190	--
Nitrato	mg/L	0,03	0,14	0,45	5,52	--

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

VMP = valor máximo permitido para consumo humano (conforme portaria n.º 1469, de 29/12/2000 do Ministério da Saúde).

Amostras coletadas pelo interessado.

Responsável Técnico.

José Joaquim de Souza Neto

QUÍMICO

CRO XVI - 16100155-MT

Av. Carmindo de Campos, nº 1.550 - Fones/Fax (0XX65) 634-3893 / 634-3774 - CEP 78065-800 - Cuiabá - Mato Grosso

E-mail: agroanalise@zaz.com.br

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

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LILIAN APOITIA
DATA : 21/07/2003
PROTOCOLO : 4702

N.º LAB.: 597 a 599

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	P.05	P.06	P.07	VMP
pH a 25° C	--	7,3	7,5	7,1	6,0 a 9,5 (recomendado)
Turbidez	(NTU)	0,2	0,2	3,3	5
Cond. Elétrica	µS/cm	483,0	317,0	627,0	--
Alcalin. Carbonato	mg/L	0,0	0,0	0,0	--
Alcalin. Bicarbonato	mg/L	265,0	170,0	212,0	--
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	138,0	100,0	165,0	500
Cloretos	mg/L Cl	26,2	28,4	66,6	--
Potássio	mg/L	2,4	1,5	1,0	--
Sódio	mg/L	34,0	16,7	36,0	200
Zinco	mg/L	0,02	0,02	0,04	5
Cobre	mg/L	0,01	0,00	0,00	2,0
Ferro	mg/L	0,00	0,00	0,28	0,3
Manganês	mg/L	0,00	0,00	0,76	0,1
Cálcio	mg/L	36,4	22,8	57,0	--
Magnésio	mg/L	30,0	22,0	16,0	--
Sulfatos	mg/L SO ₄	3,0	1,0	9,6	250
Sólidos Totais	mg/L	280	190	300	--
Nitrato	mg/L	0,90	0,69	0,69	--

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

VMP = valor máximo permitido para consumo humano (conforme portaria n.º 1469, de 29/12/2000 do Ministério da Saúde).

Amostras coletadas pelo interessado.

Responsável Técnico.

João Joaquim de Souza Neto

QUÍMICO

CRQ. XVII 16100155-MT

Av. Carmino de Campos, nº 1.550 - Fones/Fax (0XX65) 634-3893 / 634-3774 - CEP 78065-800 - Quilva - Mato Grosso

E-mail: agroanalise@zaz.com.br

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

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LILIAN APOITIA

DATA : 02/08/2003

PROTOCOLO : 5045

N.º LAB.: 657

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	AMOSTRA PT. 08	VMP
pH a 25° C	--	6,8	6,0 a 9,5 (recomendado)
Turbidez	(NTU)	1,2	5
Cond. Elétrica	µS/cm	476,0	--
Alcalin. Carbonato	mg/L	0,0	--
Alcalin. Bicarbonato	mg/L	188,0	--
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	150,0	500
Cloretos	mg/L Cl	29,8	--
Potássio	mg/L	0,9	--
Sódio	mg/L	26,0	200
Zinco	mg/L	0,31	5
Cobre	mg/L	0,01	2,0
Ferro	mg/L	0,02	0,3
Manganês	mg/L	0,00	0,1
Cálcio	mg/L	47,0	--
Magnésio	mg/L	6,8	--
Sulfatos	mg/L SO ₄	7,0	250
Sólidos Totais	mg/L	300,0	--
Nitrato	mg/L	0,05	--

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

VMP = valor máximo permitido para consumo humano (conforme portaria n.º 1469, de 29/12/2000 do Ministério da Saúde).

Amostra coletada pelo interessado.

Av. Carmino de Campos, nº 1.550 - Fones/Fax (0XX65) 634-3893 / 634-3774 - CEP 78065-800 - Cuiabá - Mato Grosso
E-mail: agroanalise@zaz.com.br

João Joaquim de Souza Neto
QUÍMICO
CRQ XVI 16100155-MT

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

RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA

PROPRIETÁRIO : LILIAN APOITIA
DATA : 21/07/2003
PROTOCOLO : 4702

N.º LAB.: 601 a 604

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

Tipos de Análises	Unidade	P.09	P.10	P.11	P.12	VMP
pH a 25° C	--	5,4	7,6	6,8	6,8	6,0 a 9,5 (recomendado)
Turbidez	(NTU)	0,2	0,3	0,2	0,3	5
Cond. Elétrica	µS/cm	242,0	396,0	405,0	485,0	--
Alcalin. Carbonato	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	--
Alcalin. Bicarbonato	mg/L	14,0	176,0	136,0	144,0	--
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	63,0	145,0	152,0	151,0	500
Cloretos	mg/L Cl	53,9	31,2	45,4	52,5	--
Potássio	mg/L	6,6	1,1	1,0	1,0	--
Sódio	mg/L	20,2	36,0	19,4	20,8	200
Zinco	mg/L	0,00	0,03	0,30	0,15	5
Cobre	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	2,0
Ferro	mg/L	0,15	0,00	0,00	0,03	0,3
Manganês	mg/L	0,11	0,00	0,35	0,10	0,1
Cálcio	mg/L	9,6	30,0	38,0	38,0	--
Magnésio	mg/L	2,2	8,0	8,6	13,0	--
Sulfatos	mg/L SO ₄	10,3	2,5	10,9	4,1	250
Sólidos Totais	mg/L	160	230	250	300	--
Nitrato	mg/L	8,44	0,39	1,94	5,76	--

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

VMP = valor máximo permitido para consumo humano (conforme portaria n.º 1469, de 29/12/2000 do Ministério da Saúde).

Amostras coletadas pelo interessado.


Responsável Técnico.
José Joaquim de Souza Neto
QUÍMICO
CRQ XVI 16100155-MT

Av. Carmindo de Campos, nº 1.550 - Fones/Fax (0XX65) 634-3893 / 634-3774 - CEP 78065-800 - Curitiba - Mato Grosso

E-mail: agroanalise@zaz.com.br

ANEXO 2 – METODOLOGIA DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

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

<u>Determinação</u>	<u>Método</u>	<u>Referência</u>
pH	Potenciométrico	4500-H ⁺ B do Standard Methods, 20a Edição, 1998
Turbidez	Nefelométrico	2130. B do Standard Methods, 20a Edição, 1998
Condutividade	Condutividade iônica	2510. B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Alcalinidade de carbonatos	Titulação ácido-base	2320. B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Alcalinidade de bicarbonatos	Titulação ácido-base	2320. B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Dureza total	Titulação complexométrica	2340. C do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Cloretos	Argentométrico	4500-Cl.B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Sulfatos	Turbidimétrico	4500-SO ₄ ⁼ .E do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Nitratos	Ácido fenoldissulfônico	CETESB - L5. 137
Sólidos totais.	Gravimétrico	2540. B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Potássio	Fotometria de chama	3500-K. B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Sódio	Fotometria de chama	3500-Na. B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Zinco	Espectrofotométrico de absorção atômica	3111. B do Standard Methods, 20 a Edição, 1998
Cobre	Idem anterior	Idem anterior
Ferro	Idem anterior	Idem anterior
Manganês	Idem anterior	Idem anterior
Cálcio	Idem anterior	Idem anterior
Magnésio	Idem anterior	Idem anterior

ANEXO 3 – PLANILHA DO BALANÇO IÔNICO

Geóloga Lilian Apoitia
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	$\alpha_i \times 10^{-8}$
Ca^{+2}	14,99	40,08	0,37	3,7E-04	2	4	0,75	6
Mg^{+2}	0,1	24,31	0,00	4,1E-06	2	4	0,01	8
Na^+	464,6	23,00	20,20	2,0E-02	1	1	20,20	4
K^+	2,4	39,10	0,06	6,1E-05	1	1	0,06	3
Fe^{+2}	0	55,80	0,00	0,0E+00	2	4	0,00	6
Cl^-	42,25	35,50	1,19	1,2E-03	1	1	1,19	3
SO_4^{-2}	119,04	96,00	1,24	1,2E-03	2	4	2,48	4,5
HCO_3^-	1116,3	61,00	18,30	1,8E-02	1	1	18,30	4
CO_3^{-2}	3,3	60,00	0,05	5,5E-05	2	4	0,11	4,5
NO_3^-	0	62,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3
F^-	0	19,00	0,00	0,0E+00	1	1	0,00	3,5

Alcalinidade e Carbonato teórico
Balanco iônico

pH	7,9			Σ Cations	21,02	
Alkalinity	690	922.2mg/l		Σ Anions	22,08	
HCO_3^- teor	835,2	mg/l		Error %	2,47	%
CO_3^{-2} teor	3,3	mg/l		catio/anion	0,95	
Temp °C	25			I-ionic strength	0,02	mol/L
A	0,5085					
B x 10 ⁸	0,3281					