



Estudos de Caso e Notas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Estudo hidrogeológico e geofísico do aquífero fissural no Campus da UFMT-Cuiabá-MT

Hydrogeological and geophysical study of the fissure aquifer in the UFMT-Cuiabá-MT Campus

Andrés Silva Hernández¹; Frederico Soares Dias¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso UFMT, Cuiabá, Mato Grosso.

✉ asilvahernandez16@gmail.com, fsoaresdias@terra.com.br

Resumo

Os aquíferos fissurais representam uma das mais difíceis questões da Hidrogeologia, por se tratar de aquíferos anisotrópicos e heterogêneos, nos quais a água subterrânea circula por fissuras nas rochas, principalmente estruturas rúpteis geradas por ação tectônica, como fraturas e falhas. O Campus da UFMT, em Cuiabá, se sobrepõe a um aquífero fissural instalado em rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá, tal aquífero até o momento, não foi devidamente estudado. Esta pesquisa visou definir as características hidráulicas e estruturais do aquífero; determinar as direções preferenciais do fluxo hídrico subterrâneo; e definir pontos favoráveis à futuras perfurações. As direções preferenciais do fluxo hídrico subterrâneo na área de estudo, foram determinadas através de ensaios geofísicos pelo Método da Resistividade com arranjo Dipolo-Dipolo; em conjunto com medições das atitudes das fraturas em afloramentos rochosos, além de fotointerpretação a partir de fotografias aéreas em escala 1:8.000. As direções assim definidas para o fluxo subterrâneo foram N30-40E, N30-40W e N60-70W. As características hidráulicas dos poços instalados no campus da UFMT foram definidas através de uma análise dos relatórios de testes de bombeamento disponíveis nos arquivos desta universidade. Ficou constatado que os poços apresentam uma variação em suas vazões específicas, sendo estas; 0,054 m³/h/m, 0,227 m³/h/m e 0,67 m³/h/m. Tal heterogeneidade é característica dos aquíferos fissurais.

Abstract

The fissure aquifers represent one of the most difficult questions of Hydrogeology, because they are anisotropic and heterogeneous aquifers, in which the groundwater circulates by cracks in the rocks, mainly composed of ruptured structures generated by tectonic action, such as fractures and faults. The UFMT Campus, in Cuiabá, overlaps with a fissure aquifer installed in metasedimentary rocks of the Cuiabá Group, this aquifer to this day, has not been properly studied. This research is aimed to define the hydraulic and structural characteristics of the aquifer; determine the preferred directions of underground water flow; and define favorable points for future drilling. The preferred directions of underground water flow in the study area were determined by geophysical tests using the Method of Resistivity with Dipole-Dipole arrangement in conjunction with measurements of attitudes of fractures in rocky outcrops, as well as photointerpretation of aerial photographs in scale 1:8.000. The defined directions for the underground flow were N30-40E, N30-40W e N60-70W. The hydraulic characteristics of the wells installed on The UFMT Campus were defined through an analysis of pumping tests performed by available as files this university. Was proven that the wells have a variation in their specific flows these being; 0,054 m³/h/m, 0,227 m³/h/m and 0,67 m³/h/m. This heterogeneity is characteristic of the fissure aquifers.

DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v34i1.29771>

Palavras-chave:

Aquífero Fissural
Geofísica
Resistividade

Keywords

Fissure Aquifers
Geophysics
Resistivity

1. INTRODUÇÃO

Segundo Collischonn & Dornelles (2015), a água subterrânea corresponde a cerca de 30% das reservas de água doce do mundo. Se considerarmos apenas a água na forma líquida, os mananciais subterrâneos contêm 99% das reservas de água. Além de mais abundante, a água subterrânea demanda menos gastos com tratamento para consumo humano. Tais características têm impulsionado as pesquisas hidrogeológicas nos últimos anos. No Brasil, a água subterrânea é utilizada para consumo humano; para irrigação e pecuária e para aplicações industriais e comerciais. Porém seu uso é limitado devido à falta de conhecimento sobre sua ocorrência; sobre seus aspectos quantitativos e qualitativos e sobre as características do fluxo subterrâneo, além da escassez de pessoal devidamente treinado.

O crescimento da população em Mato Grosso intensificou o uso dos recursos naturais. Atualmente a agricultura e a pecuária são as duas atividades que mais tem influenciado o processo de ocupação do solo, segundo Migliorini (1999). No caso do município de Cuiabá, o crescimento populacional e industrial, que ocorreu nas últimas décadas, interferiu no ambiente natural de forma expressiva, através da redução de áreas de vegetação; da impermeabilização de grandes áreas; da canalização de córregos seguida da retirada da vegetação ciliar que os protegem e outros fatores impactantes no meio urbano, gerando 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.

Segundo o relatório obtido no site do SIAGAS web existem 928 poços cadastrados em Cuiabá, dos quais, 918 são identificados como poços tubulares, com datas de perfuração que vão de 1968 até 2013. Desses poços, 618 foram perfurados em terrenos dominados por rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá, que constituem o aquífero fissural da regional.

Os recursos hídricos desta região, principalmente as águas subterrâneas são mal utilizadas devido ao fato de sua exploração como recurso estratégico ser feita sem conhecimento técnico do comportamento hidrogeológico. Além disso, essas explorações não tem um planejamento, o que pode representar um importante risco de poluição dessas águas (Migliorini, op. cit.).

Uma das questões mais difíceis da Hidrogeologia é, sem dúvida, o estudo dos aquíferos fissurais, por se tratar de aquíferos anisotrópicos e heterogêneos, configurados através de tramas de fratura. A distribuição das fendas em sub-superfície é anisotrópica e a sua existência depende localmente dos tipos de rochas e dos comportamentos físicos das mesmas no momento em que foram submetidas aos esforços tectônicos. A sua potencialidade de armazenamento de água está intimamente ligada à extensão, continuidade e interligação dos fraturamentos e à presença de veios de quartzo. Assim, a recarga e o transporte dependem da interseção das fraturas com as drenagens e das infiltrações através do manto de alteração.

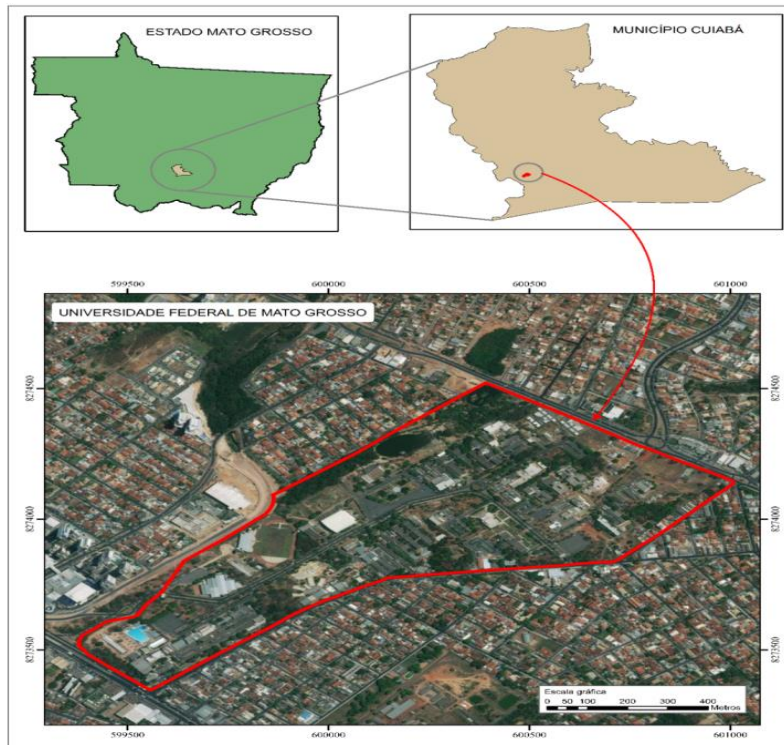
O Campus da Universidade Federal de Mato grosso (UFMT), em Cuiabá, com uma área de cerca de 74 hectares (mapa de localização na Figura 1) se sobrepõe a um aquífero fissural instalado em rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá (Tomé Filho *et al*, 2006; Luz, 1980). Tal aquífero representa a maior fonte de abastecimento de água do campus e, até o momento, não foi devidamente estudado.

De acordo com Silva (2015) o abastecimento de água na UFMT-Cuiabá é fornecido em parte, pela companhia de saneamento local, através de cinco ligações domiciliares interligadas na rede comum com um aporte médio diário de 207,15 m³/d (23%) no período de 2009-2013. Outra fonte de abastecimento é a água subterrânea, obtida de quatro poços tubulares profundos com uma contribuição média diária de 700,08 m³/d (77%), sendo o principal fornecedor de água no campus.

Não existe, nos arquivos da UFMT, qualquer documento que indique os critérios técnicos utilizados na locação dos poços. Através de estudos adequados, novos poços poderiam ter maior produtividade, resultando em maior disponibilidade de água e menor consumo energético no bombeamento.

O presente trabalho visa determinar as principais direções do fluxo hídrico subterrâneo no aquífero fissural sotoposto ao campus da UFMT, em Cuiabá, e determinar pontos favoráveis para perfuração de novos poços. Para isto foram utilizados estudos geofísicos e análises de fraturamentos das rochas, bem como estudos de lineamentos estruturais fotointerpretados. Deste modo, espera-se que se possa obter poços com melhores características hidráulicas, de modo a se obter maior quantidade de água com menor custo de extração.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (UFMT).



2. MATERIAL E MÉTODOS

O campus da UFMT se sobrepõe a rochas do Grupo Cuiabá. Neste tipo de aquífero a água subterrânea circula por fraturas presentes nas rochas. Com o objetivo de conhecer as atitudes das fraturas existentes nestas rochas, de modo a se comparar com as direções obtidas nos ensaios geofísicos, foram realizadas as medidas utilizando uma Bussola Brunton nos afloramentos existentes no campus da UFMT.

Foi possível identificar quatro áreas com afloramentos rochosos. Em todos os locais, a rocha aflorante era um filito castanho finamente laminado e dobrado. Foram obtidas 46 medidas de atitude de fraturas em escala de afloramento na área de estudo. O processamento dos dados coletados foi feito com o uso do software **openstereo - 0.1.2f**, através do qual se obtiveram os diagramas de rosetas indicando as direções de fraturamento.

Ainda com objetivo de identificar as direções das estruturas que controlam o fluxo hídrico subterrâneo, foi feito um estudo dos lineamentos estruturais por fotointerpretação em escala de detalhe utilizando fotografias aéreas (Esteio-1983) em escala 1:8.000 e com emprego de estereoscópio de espelho. Foram utilizadas seis fotografias aéreas, compondo quatro pares estereoscópicos, abrangendo a área do campus e seus arredores. A determinação das direções destes lineamentos foi feita por meio de rosetas elaboradas através do software **openstereo**.

Os ensaios geofísicos foram feitos pelo Método da Resistividade. Neste método, uma corrente elétrica é inserida no terreno através de dois eletrodos (eletrodos de corrente); e uma diferença de potencial é medida entre outros dois eletrodos (eletrodos de potencial). Este método permite identificar variações na resistividade elétrica do subsolo (Figuerola, 1975; Parasnis, 1970; Braga, 2016).

Como os minerais constituintes das rochas são geralmente isolantes, a eletricidade se propaga pelo subsolo principalmente através da água contida nos poros e fissuras das rochas, posto que a água subterrânea é condutora. Como as rochas do Grupo Cuiabá tem porosidade primária desprezível, a água que conduz a eletricidade está contida em fissuras relacionadas aos campos de tensão do passado e do presente (Aquífero Fissural).

Foi utilizada a técnica do Caminhamento Elétrico (CE) com arranjo Dipolo-Dipolo, que permite detectar as variações laterais de resistividade em conjunto com a Sondagem Elétrica Vertical (SEV) com arranjo Schlumberger, que estuda as interfaces horizontais e foi utilizado para se determinar a profundidade da cobertura inconsolidada sobre o aquífero fissural. Tais variações na resistividade, detectadas no caminhamento elétrico, indicam áreas mais fraturadas do aquífero, por onde a água subterrânea circula. Assim, podem-se iden-

tificar as estruturas condutoras (fraturas) de água no subsolo, bem como as direções preferenciais do fluxo hídrico subterrâneo (Braga, 2007).

Os dados coletados nesta etapa de campo foram obtidos através de um Resistivímetro Syscal R2, do laboratório de geofísica da FAGEO/UFMT e o Resistivímetro Syscal Pro pertencente à FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). O processamento desses dados foi realizado com o software RES2DINV para os dados gerados pelo Resistivímetro Syscal Pro e os softwares Surfer Golden software e IPI2win para os dados obtidos com o Resistivímetro Syscal R2.

Os parâmetros hidráulicos de três poços do Campus da UFMT foram obtidos mediante o análise de dados dos relatórios de testes de bombeamento nos arquivos desta universidade. Tais testes consistiram no bombeamento dos poços por várias horas, com acompanhamento do rebaixamento do nível de água no interior dos mesmos. Este procedimento permite determinar as características hidráulicas do poço. Durante os testes foram coletadas amostras de água, cujas análises laboratoriais forneceram alguns parâmetros hidroquímicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo é dominada por um aquífero fissural livre em rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá, especialmente filitos. Neste tipo de aquífero a água circula pelas fissuras (fraturas, diáclases e falhas) das rochas, de modo que o estudo do fraturamento presente nas litologias do subsolo é de fundamental importância para o entendimento do fluxo subterrâneo.

Neste trabalho o estudo do fraturamento das rochas foi realizado em duas escalas distintas: estudo dos lineamentos estruturais por fotografias aéreas; e estudo de fraturas presentes em afloramentos rochosos.

Os lineamentos estruturais presentes no campus da UFMT foram estudados por fotointerpretação em fotografias aéreas (Esteio-1983) em escala 1:8.000, com emprego de estereoscópio de espelho. Esta técnica permite visão tridimensional da área de estudo, facilitando a identificação dos lineamentos. A Figura 2 exhibe os lineamentos estruturais fotointerpretados para a área de estudo. Nota-se franco predomínio de estruturas NE, NW e N-S. A Figura 3 apresenta-se uma roseta com as direções de desenvolvimento dos lineamentos estruturais, percebe-se que as principais direções são no sentido NE.

Na UFMT os afloramentos rochosos existentes se concentram na parte sul-sudoeste do campus. Foram tomadas 46 medidas de fraturas em filito do Grupo Cuiabá. Há um forte predomínio de estruturas com direção noroeste (36 das 46 medidas). No quadrante NW (Figura 4A) três grupos se destacam: N35-45W; N55-65W; e N70-80W. No quadrante NE (Figura 4B), existem medidas próximas de N-S, porém há forte predomínio de medidas entorno da direção N30E. As tendências próximas de N40E e de N30E são nítidas nos lineamentos fotointerpretados, conforme se vê na Figura 2. Há um forte predomínio de estruturas direção geral N60-70W, que não ocorre nos lineamentos fotointerpretados, o que pode se tratar de uma sobrecarga amostral relacionada ao posicionamento dos afloramentos rochosos.

Figura 2. Mosáico de fotografias aéreas com os lineamentos estruturais fotointerpretados.

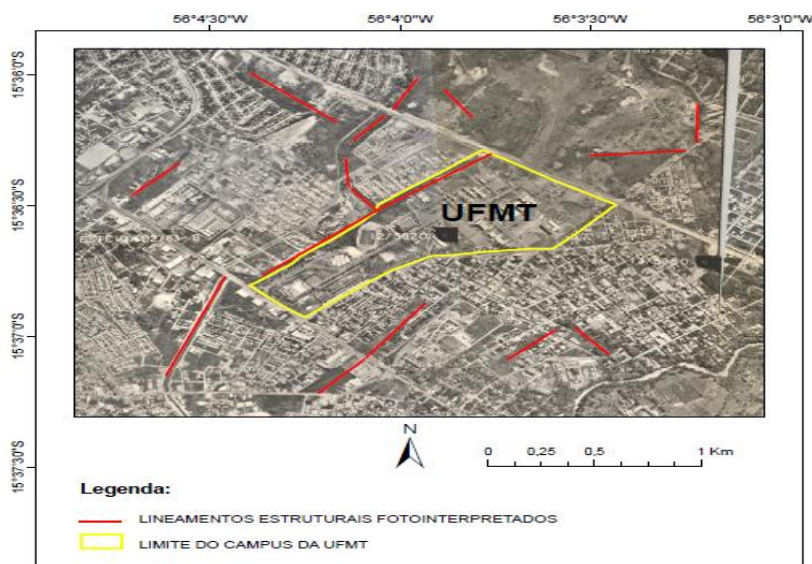


Figura 3. Diagrama de rosetas dos lineamentos estruturais

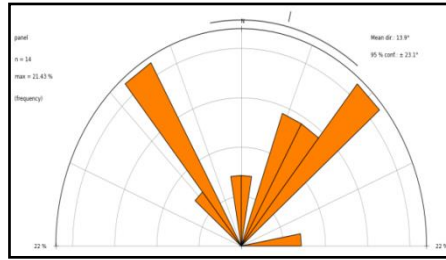
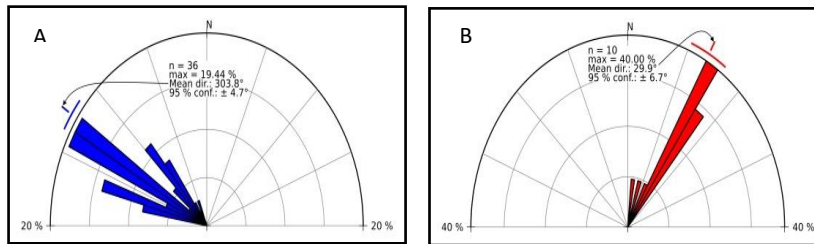


Figura 4. Diagramas de rosetas ((A) NW e (B) NE) obtidas da etapa de medição das atitudes das fraturas em afloramentos rochosos.



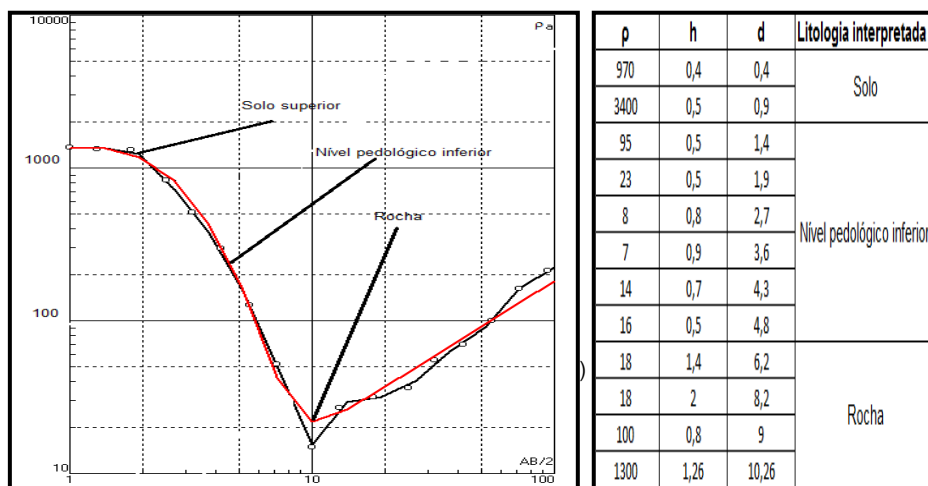
Isto pode ocorrer pelo fato dos afloramentos se localizarem em apenas uma parte restrita do campus, estando muito próximos um dos outros; e dando destaque a uma tendência localizada, na qual ocorre uma maior facilidade em visualizar e medir estas estruturas. Mas o predomínio geralmente é de estruturas de direção NE, conforme se pode observar em fotografias aéreas e imagens de satélite.

As estruturas NE são produtos da foliação regional e eixos de dobras, já as estruturas NW são basicamente produto de fraturamento. Assim, as estruturas NW são rúpteis, e provavelmente tenham também potencial para abertura de espaços e percolação de fluidos. Porém devido ao grande número de estruturas NE, acredito que estas também influenciem no controle do fluxo em subsuperfície.

Foi executado um levantamento SEV com arranjo tetraeletródico Schlumberger, considerando um espaçamento de até 188 metros entre os eletrodos A e B. Tal ensaio foi feito com objetivo de se determinar a profundidade do contato entre a camada inconsolidada e a rocha, de modo a se conhecer a profundidade a partir da qual o aquífero fissural pode existir, permitindo o dimensionamento de ensaios posteriores.

Os dados obtidos foram processados através do software IPI2win, gerando-se uma curva bilogarítmica (Figura 5), onde foi possível identificar uma camada interpretada como solo superior, outra camada interpretada como nível pedológico inferior (zona não saturada) constituída por rochas metassedimentares inconsolidadas do Grupo Cuiabá e Formação Rio Coxipó, como descrito por Migliorini (1999) que por suas características de porosidade, representa a área de infiltração deste nível e mais uma camada considerada como rocha fraturada a partir dos 4,8 metros de profundidade teórica.

Figura 5. Curva SEV (bilogarítmica) construída com os dados obtidos em campo e processados no software IPI2win.



Como resultado da campanha de geofísica pelo método da resistividade, na qual foi utilizada a técnica do caminhamento elétrico (CE), com arranjo tetraeletródico Dipolo-Dipolo, foram gerados pseudo-seções e mapas de eletrorresistividade, que mostram estruturas favoráveis para o fluxo e armazenamento de água subterrânea.

O processamento foi realizado com o software RES2DINV para os dados gerados pelo Resistivímetro Syscal Pro e o software Surfer Golden software para os dados obtidos com o Resistivímetro Syscal R2.

É importante mencionar que todos os perfis levantados foram realizados em direção NE, ENE e W-E nas áreas abertas do campus da UFMT. Os estudos geofísicos visaram interceptar e identificar estruturas condutoras de água nas rochas do Grupo Cuiabá.

Na Figura 6 é apresentado o mapa de localização da campanha geofísica além da posição dos afloramentos rochosos estudados e da localização dos poços existentes dentro do Campus da UFMT-Cuiabá. O comprimento total dos perfis (paralelos) 1 e 2, apresentados nas Figuras 7 e 8, foi de 250 metros cada, atingindo uma profundidade teórica de investigação de 52,4 metros. A análise destas pseudo-seções indica que os primeiros 24 metros de profundidade, apresentam uma resistividade sensivelmente mais baixa, representadas por tons de azul (cores frias), onde a resistividade aparente varia entre 30 e 250 ohm.m, aproximadamente.

Figura 6. Mapa de localização da campanha geofísica, posição de afloramentos e poços existentes dentro do Campus da UFMT.



Figura 7. Pseudo-seção de resistividade aparente do caminhamento elétrico (CE) 1 no sentido W-E.

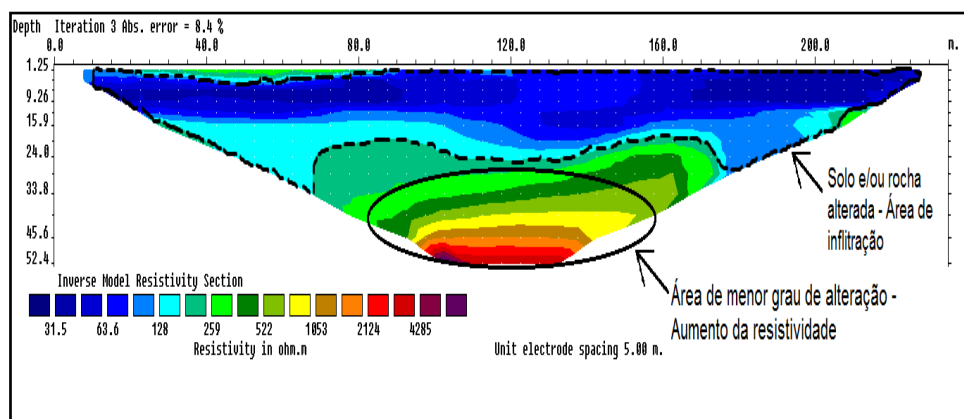
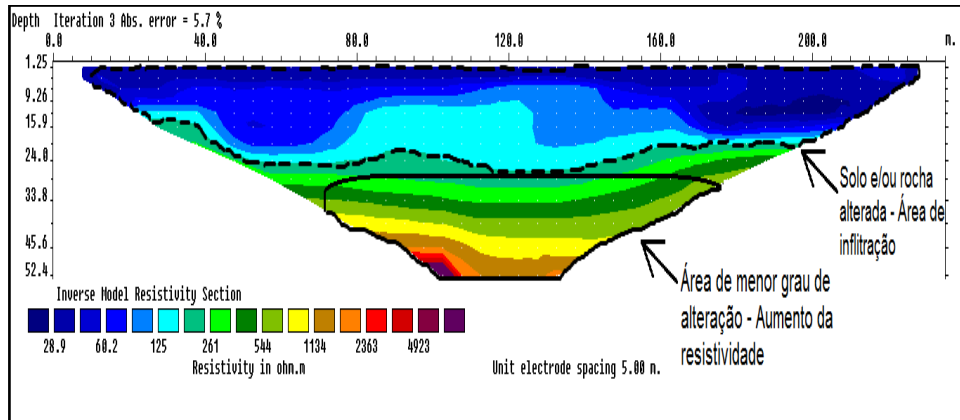


Figura 8. Pseudo-seção de resistividade aparente do caminhamento elétrico (CE) 2 no sentido W-E.



A partir e 24 metros, a resistividade aparente vai aumentando até atingir, por volta de 48 metros de profundidade, valores superiores a 2000 ohm.m, representados por tons de laranja e vermelho (cores quentes). Esta configuração pode indicar, para o local destes caminhamentos, duas possibilidades:

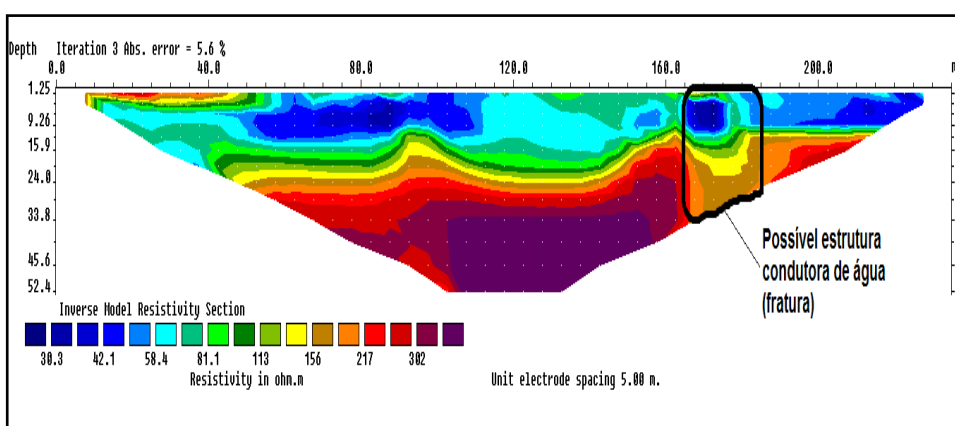
I. A parte superior das pseudo-seções representa solos e/ou rocha alterada por onde a água pluvial tem facilidade de infiltração. A medida que se aprofunda no terreno, o grau de alteração é reduzido e a resistividade aumenta. Apesar de, nas extremidades do Caminhamento 1, cores frias se aprofundarem, isto não se repete no caminhamento 2. Nenhuma estrutura (fissura) condutora de água pode ser inferida.

II. Ocorrem estruturas condutoras de água paralelas ao caminhamento, que, por isto não foram detectadas.

No caso do Caminhamento 3, apresentado na Figura 9, o seu comprimento foi de 250 metros, atingindo uma profundidade teórica de investigação de 52,4 metros. Nota-se que os valores de resistividade aparente (entre 30 e 310 ohm.m) são baixos, em relação aos caminhamentos anteriores, o que pode ser interpretado como uma área que apresenta um maior grau de alteração e/ou fraturamento.

As partes menos resistivas da pseudo-seção encontram-se próximo à superfície, entre os 50 e 100 metros do caminhamento e após os 165 metros. Entre os 170 e 180 metros do caminhamento existe uma faixa verticalizada menos resistiva. Seriam necessários mais estudos nesta área para verificar se corresponde a uma estrutura condutora de água.

Figura 9. Pseudo-seção de resistividade aparente do caminhamento elétrico (CE) 3 no sentido W-E.



A figura 10 representa a pseudo-seção do caminhamento 4 com o comprimento de 250 metros. Exibe, segundo nossa interpretação, uma camada de solo insaturado nos primeiros 5 metros de profundidade teórica de investigação. Entre 7 e 8 metros de profundidade percebe-se a transição para um nível muito condutivo, que provavelmente representa o nível freático.

Nota-se uma ampla área pouco resistiva no centro do caminhamento que vai até uma profundidade de 45 metros. Isto pode indicar uma área de alto grau de fraturamento abaixo da superfície freática, capaz de fornecer água a um poço. Os pontos mais promissores

neste perfil ficam entre 90 e 100 metros e entre 150 e 160 metros do caminhamento. Na pseudo-seção de resistividades aparentes do Caminhamento 5 (Figura 11) é possível perceber, ao longo da linha levantada, uma área de baixa resistividade no início do caminhamento. Outras áreas de baixa resistividade ocorrem ao redor de um núcleo resistivo que se posiciona a 85 metros de caminhamento a uma profundidade de 20 metros. Entre vinte e vinte e cinco metros de profundidade ocorrem áreas de baixa resistividade (inferior a 60 ohm.m) entre 20 e 45 metros; entre 65 e 77 metros; e 93 e 120 metros.

Na figura 12 (Caminhamento elétrico CE 6), a pseudo-seção também começa com uma área de baixa resistividade. Entre 63 e 68 metros do caminhamento há uma faixa de baixa resistividade (inferior a 60 ohm.m) que vai, pelo menos, de 20 a 35 metros de profundidade.

Outra área de baixa resistividade está posicionada na parte final do caminhamento. Entre 20 e 25 metros de profundidade, esta se posiciona entre 114 e 135 metros de caminhamento. Abaixo de 28 metros de profundidade entre 97 e 135 metros do caminhamento as partes mais condutivas se posicionam.

Ambas as faixas de baixa resistividade parecem mergulhar fortemente para leste, pois os pontos mais condutivos (abaixo de 30 ohm.m) assim o sugerem. São, possivelmente, estruturas condutoras de água, constituindo-se em locais potenciais para perfuração de poços.

Figura 10. Pseudo-seção de resistividade aparente do caminhamento elétrico (CE) 4 no sentido W-E.

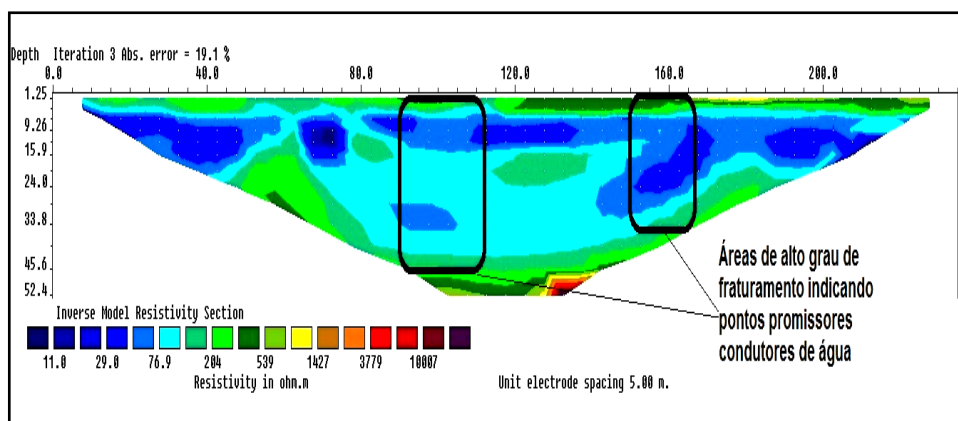


Figura 11. Pseudo-seção de resistividade aparente do caminhamento elétrico (CE) 5 no sentido E-W.

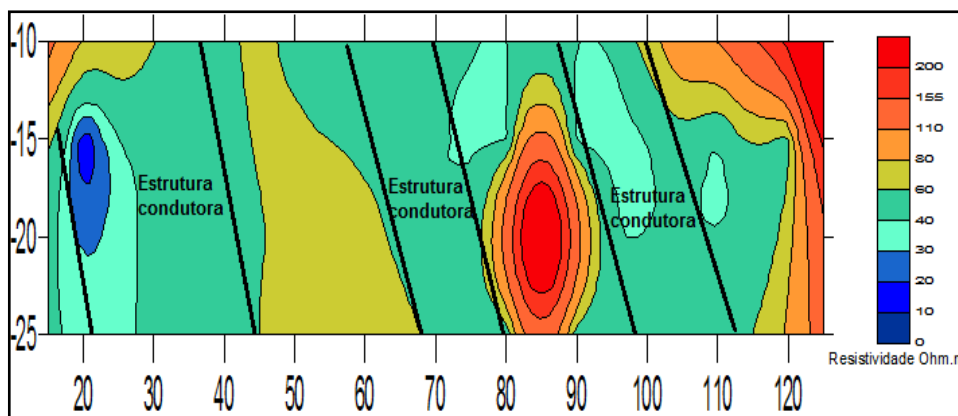


Figura 12. Pseudo-seção de resistividade aparente do caminhamento elétrico (CE) 6 no sentido E-W.

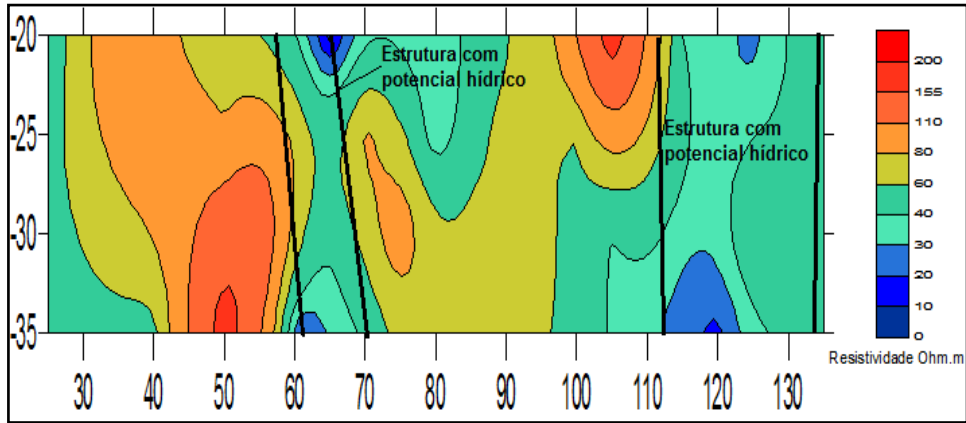


Figura 13. Planta do nível de investigação 3 (20 metros) dos perfis 5 e 6.

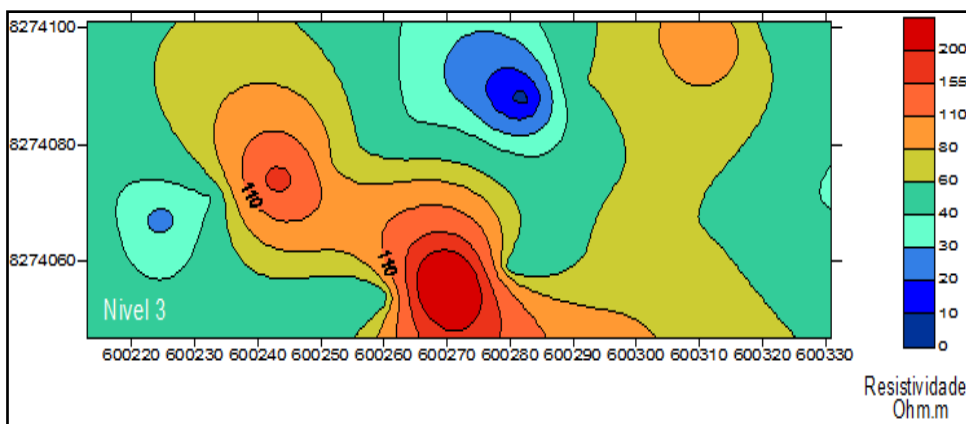
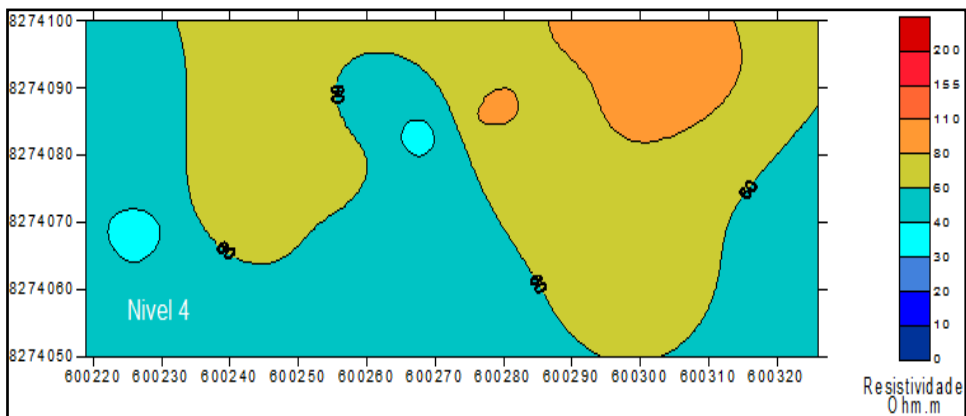


Figura 14. Planta do nível de investigação 4 (25 metros) dos perfis 5 e 6.



Nas figuras 13 e 14 são apresentadas as resistividades aparentes em planta dos caminhamentos 5 e 6 nos níveis de investigação teóricos 3 e 4, com profundidades de 20 e 25 metros, respectivamente. Na figura 15 são exibidos os pontos que foram identificados com maior potencial hídrico para futuras perfurações segundo os dados obtidos na campanha geofísica (CE e SEV).

No campus da UFMT, em Cuiabá, quatro poços já foram perfurados. As profundidades variam de 84 até 100 metros, tendo todos o diâmetro de seis polegadas. Como é comum em poços instalados em aquíferos fissurais, aqueles presentes no campus universitário apresentam uma grande variação em suas capacidades produtivas.

Figura 15. Mapa de localização dos pontos promissores para perfuração de poços.



Os testes de bombeamento realizados pelas empresas perfuradoras indicam a nítida anisotropia deste aquífero. As vazões de teste variam de 3,96 m³/h a 14,95 m³/h. A maior vazão específica é de 0,67 m³/h/m, e a menor é de 0,054 m³/h/m (Tabela 1). Estas notáveis diferenças entre poços próximos entre si são devidas as características de circulação da água em aquíferos fissurais, onde o fluxo hídrico subterrâneo se dá pelas fraturas presentes nas rochas.

Como a distribuição espacial destas fraturas é bastante heterogênea ao longo do aquífero, os poços tendem a apresentar características hidráulicas muito diferentes, em razão do grau de fraturamento e das características das fraturas presentes no ponto de perfuração de cada poço.

Tabela 1. Características hidráulicas de três poços do Campus da UFMT.

Características	Poço CCBS	Poço Centro C.	Poço Zoo
Vazão de bomb. (m ³ /h)	14,95	14,4	3,96
Vazão esp. (m ³ /h/m)	0,227	0,67	0,054
Nível estático (m)	18,1	5,1	5,8
Nível dinâmico (m)	84,1	26,5	78,6
Diâmetro de perf. (pol.)	6	6	6
Profundidade (m)	100	125	84

Para três dos poços presentes no campus da UFMT, em Cuiabá, existem análises disponíveis nos arquivos desta universidade. Existem análises bacteriológicas, abrangendo coliformes totais e coliformes fecais. As análises físico-químicas não são completas, abrangem apenas 14 parâmetros, que são: pH; condutividade elétrica; dureza de cálcio; dureza total; alcalinidade total; turbidez; cloro; sílica;

salinidade; oxigênio dissolvido; ferro total; e óleos e graxas (Tabela 2). A metodologia utilizada foi aquela recomendada pelo Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 21ª edição.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos dos poços da UFMT

Parâmetro	Zoo	Centro C.	CCBS	VMP
pH	7,58	6,96	7,4	6 - 9,5
Cond. E. (µS/cm)	290	260	270,0	
Dureza de Ca (mg/L)	105	68	98,0	
Dureza total (mg/L)	220	170	212,0	500
Alcal. total (mg/L)	110	80	104,0	
Cloro (mg/L)	0	0	0,0	2
Sílica (mg/L)	6,5	4	8,5	
Ferro total (mg/L)	0,16	0,12	1,0	0,3
Sólidos T (mg/L)	80	73	190,0	1000
Salinidade (mg/L)	1,2	1	1,4	
Cor (uH)	6	4	18,0	15
Turbidez (uT)	0,12	0,1	7,0	5
Oxi. dissolv. (mg/L)	6,5	6,7	6,2	
Óleos de graxas (mg/L)	0	0	0,0	0

Nota-se que todos os poços têm água dura, o que sugere a presença de níveis carbonáticos inseridos na rocha metamórfica. Como a relação Dureza de Cálcio/Dureza Total é baixa, o teor em magnésio deve ser elevado, indicado que os carbonatos possivelmente têm caráter dolomítico.

Os resultados foram comparados com os valores máximos permitidos pela PCR n° 5, de 28/09/2017, que consolidou a Portaria n° 2914 de 12/12/2011. Os poços Centro Caixa e ZOO não apresentam qualquer restrição do ponto de vista físico-químico, entretanto o poço CCBS apresenta valores fora do padrão para os parâmetros Cor, Turbidez e Ferro Total. As análises bacteriológicas mostraram que todos os poços são isentos de coliformes fecais, mas há pequenas quantidades de coliformes totais, facilmente tratáveis por cloração simples.

5. CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos nos estudos sobre a estruturação da área, foi possível identificar as direções preferências de fraturas e lineamentos estruturais fotointerpretados os quais estão em sentido NW e NE. Estas estruturas podem estar relacionadas às reativações de estruturas geradas no Proterozoico Superior, fases deformacionais 1 e 2 impostas as rochas do Grupo Cuiabá (estruturas com direção NE); e com a fase deformacional 3 (estruturas com direção NW).

Os lineamentos estruturais fotointerpretados indicam predomínio de estruturas NE, que define a estruturação regional da faixa Paraguai, porém as estruturas NW, predominantes nas medidas em afloramentos, são rúpteis, e provavelmente tenham potencial para percolação de fluidos e controle sobre o fluxo de água subterrânea. Porém, devido ao grande numero de estruturas NE, estas apresentem também importância no controle do fluxo em subsuperfície.

De acordo com as interpretações dos Caminhamentos Elétricos (CE), realizados nas áreas abertas do Campus da UFMT, foram identificadas, nas pseudo-seções, áreas de baixa resistividade que podem estar relacionadas às zonas com alto grau de fraturamento nas rochas em subsuperfície, por onde o fluxo de água subterrânea circula, sendo, portanto, alvos preferenciais para perfuração de poços.

A pseudo-seção do caminhamento 4 no sentido W-E, exibe, segundo nossa interpretação, uma transição entre 7 e 8 metros de profundidade, para um nível muito condutivo, que provavelmente representa o nível freático. Nota-se uma ampla área pouco resistiva no centro do caminhamento que vai até uma profundidade de 45 metros. Isto pode indicar uma área de alto grau de fraturamento abaixo da superfície freática, capaz de fornecer água a um poço. Os pontos mais promissores neste perfil ficam entre 90 e 100 metros e entre 150 e 160 metros do caminhamento.

O CE 5 exibe também dois pontos com potencial para um futuro poço com uma boa quantidade de água. Um ponto favorável seria o que fica nos primeiros 22 metros com uma profundidade teórica de entre 20 e 25 metros. Outras áreas de baixa resistividade ocorrem ao redor de um núcleo resistivo que se posiciona a 85 metros de caminhamento a uma profundidade de 20 metros.

Outro local com alto potencial para fornecer água na perfuração de um poço, é mostrado na pseudo-seção interpretada no Caminhamento Elétrico 6 (Figura 12). As zonas mais condutivas contêm pontos com resistividades muito baixas entre 60 e 115 metros do caminhamento, que parecem mergulhar para leste, sugerindo interceptação de estruturas NW, conforme sugerem as plantas de resistividades construídas a partir dos caminhamentos 5 e 6 (Figuras 13 e 14).

As informações dos relatórios de testes de bombeamento demonstram que existem grandes diferenças nas características hidráulicas entre poços próximos entre si, que derivam das características de circulação da água em aquíferos fissurais, onde o fluxo hídrico subterrâneo se dá pelas fraturas presentes nas rochas. Como a distribuição espacial destas fraturas é bastante heterogênea ao longo do aquífero, os poços tendem a apresentar características hidráulicas muito diferentes, em razão do grau de fraturamento e das características das fraturas presentes no ponto de perfuração de cada poço.

No que respeita às propriedades químicas das águas dos poços existentes, estas apresentam dureza. Porém, quanto à potabilidade apresentam boa qualidade, com exceção do poço CCBS, que apresenta cor e turbidez e ferro fora do padrão.

Em ordem de potencial hídrico de todos os pontos que foram interpretados nas pseudo-seções de nossa campanha geoeletrica, podemos fazer uma classificação de acordo com esses resultados. Recomenda-se para futuras perfurações o ponto que fica no perfil de CE 6 em 115 m, o qual foi identificado com maior potencial hídrico segundo nossas interpretações.

Com base nas interpretações dos dados obtidos na campanha geofísica (caminhamento elétrico e sondagem elétrica vertical) e na etapa de estudo de afloramentos rochosos em duas escalas (medição de afloramentos em campo e fotointerpretação aérea), recomenda-se utilizar estas duas metodologias em conjunto para obter melhores resultados na locação de poços para próximas perfurações, minimizando os erros nesta complexa tarefa.

É importante destacar que será de muita importância dar continuidade aos estudos geofísicos e hidrogeológicos da região com o alvo de obter mais dados que proporcionem as informações para uma melhor gestão e conservação dos recursos hídricos subterrâneos.

REFERÊNCIAS

BRAGA, A. C. O. *Métodos Geoeletricos Aplicados nos estudos de Captação e Contaminação das Águas Subterrâneas*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Departamento de Geologia Aplicada – DGA. UNESP. Rio Claro, 2007.

BRAGA, A. C. O. *Geofísica aplicada: métodos geoeletricos em Hidrogeologia*. São Paulo, 2016.

COLLISCHONN, W. & DORNELLES, F. *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. Porto Alegre 2ª Edição revisada e ampliada, Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2015.

CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. SIAGAS: *Sistema de Informações de Águas Subterrâneas*. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php. Acesso em Janeiro de 2018.

FEITOSA, F. A. C. et al, *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3ª Edição, Rio de Janeiro, CPRM: LABHID, 2008.

FIGUEROLA, J. C. *Tratado de Geofísica Aplicada*. Litoprint, I. de Minas. Madrid, 1975.

GEOTOMO. Geotomo Software Sdn Bhd. Res2dinv. Installation and getting started users guide, 2017.

MIGLIORINI, R. B. *Hidrogeologia em Meio Urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande - MT*. 1999. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1999.

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

PARASNIS, D. S. *Princípios de Geofísica Aplicada*. PARANINFO, Magallanes, Madrid, 1970.

SILVA, J. A. DA, *Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do campus da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso em Cuiabá como subsídio a uma proposta de uso racional de água*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) Universidade Federal de Mato Grosso. 2015.

THOMÉ FILHO, J.J. et al, *Sistema de Informação Geoambiental de Cuiabá, Várzea Grande e Entorno: SIG Cuiabá*. Goiânia: CPRM, 2006.