

ESTIMATIVA DE PROFUNDIDADE E ESPESSURA DE UNIDADES GEOLÓGICAS DA BACIA DO PARANÁ, USANDO SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL, NO MUNICÍPIO DE POXOREO (MT)

Alterêdo Oliveira CUTRIM¹, Frederico Soares DIAS¹

(1) Departamento de Geologia Geral. Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Fernando Correa da Costa, S/N, Bairro Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá-MT. Endereço eletrônico: alteredo@ufmt.br.

Introdução
Geologia regional
Hidrogeologia regional
Metodologia
Resultados e discussão
Conclusão e considerações
Referências

RESUMO - A pesquisa foi realizada no município de Poxoreo, estado de Mato Grosso, com o objetivo de estimar as dimensões verticais das formações geológicas, usando sondagem elétrica vertical (SEV). Foram realizadas quatro SEVs, a SEV1 com abertura máxima de AB/2 de 2.000m e as demais com AB/2 de 1.500m. A SEV1 permitiu estimar uma espessura de solo de 3m, uma espessura de 11m para a Formação Aquidauana, uma espessura de 413m para a Formação Ponta Grossa e uma profundidade ao topo de 427m para a Formação Furnas. Com a SEV2 foi estimada uma camada de solo 1m, uma espessura de 7m para a Formação Aquidauana, uma espessura de 414m para a Formação Ponta Grossa e uma profundidade ao topo de 422m para a Formação Furnas. A SEV3 possibilitou estimar uma camada de solo com espessura de 4m, uma espessura de 330m para Formação Ponta Grossa e uma profundidade ao topo de 334m para Formação Furnas. Com a SEV4 foi estimada uma camada de solo com 3,5m de espessura, uma espessura de 497m para Formação Ponta Grossa e uma profundidade ao topo de 500m para Formação Furnas. A pesquisa mostra que o Aquífero Furnas é confinado em toda área pesquisada e que o Aquífero Aquidauana tem espessura muito pequena e ocorre em pequena parte da área. Estas informações são muito importantes para pesquisa hidrogeológica nessa região, envolvendo avaliação de vulnerabilidade à contaminação e reservas do Aquífero Furnas, assim como para indicar a profundidade de poços para explorar o Aquífero Furnas.

Palavras-chave: SEV, Bacia do Paraná, Hidrogeologia.

ABSTRACT - The research was carried out in Poxoreo municipality, Mato Grosso State, Brazil, to estimate the vertical dimensions of the geological formations, using vertical electrical sounding (VES). Were realized four VES, the VES1 with AB/2 maximum of 2,000m, and the other VES with AB/2 of 1,500m. The VES1 allowed estimating a thickness of soil of 3m, a thickness of 11m for Aquidauna Formation, a thickness of 413m for Ponta Grossa Formation, and depth of the Furnas Formation of 427m. The VES2 allowed estimating a soil thickness of 1m, a thickness of 7m for Aquidauna Formation, a thickness of 414m for Ponta Grossa Formation, and depth of 422m for Furnas Formation. The VES3 allowed estimating a soil thickness of 4m, a thickness of the Ponta Grossa Formation of 330m, and depth of 334m for Furnas Formation. The VES4 allowed estimating a soil thickness of 3,5m, a thickness of 497m for Ponta Grossa Formation, and depth of 500m for Furnas Formation. Research shows that the Furnas Aquifer is confined throughout the area surveyed, and that the Aquidauna Aquifer has very small thickness and occur in small portion of the area. This information is very important for hydrogeological research in this region, involving assessment of vulnerability to contamination and reserves of the Furnas Aquifer, as well as to indicate the depth of wells to exploit the Furnas Aquifer.

Keywords: VES, Parana Basin, Groundwater, Furnas Aquifer.

INTRODUÇÃO

Em bacia sedimentar o conhecimento da espessura e da profundidade de suas unidades geológicas é de extrema importância para dimensionar sua coluna estratigráfica, cuja acurácia é determinante para o grau de realismo do conhecimento geológico, o qual viabiliza todos os tipos de pesquisas nesse meio, com a máxima confiabilidade.

Esses parâmetros podem ser determinados através de perfil geológico de poço tubular profundo e de métodos geofísicos. Como de modo geral a profundidade de poço tubular é definida em função da necessidade de água do seu proprietário, então é muito raro um poço penetrar totalmente uma bacia sedimentar, e assim a sua contribuição ao conhecimento da dimensão vertical da bacia é apenas parcial.

Dos métodos geofísicos usados para estimar espessura e profundidade de unidades geológicas a eletroresistividade, através da técnica de sondagem elétrica vertical – SEV é o mais utilizado no mundo (Cutrim & Shiraiwa, 2011; Cutrim et al., 2007; Cutrim & Rebouças, 2005; Raimi et al, 2011; Coker, 2012; Okoro, 2010).

Estes parâmetros são de grande importância para pesquisa hidrogeológica, envolvendo estimativa de reservas de aquífero e para elaborar projeto de poço tubular profundo (Costa, 2000; Cutrim, 2005; Cutrim & Rebouças, 2007; Custódio & Llamas, 1976), assim como para avaliar a vulnerabilidade à

contaminação de aquíferos (Foster et al., 2002; Cutrim & Campos, 2010a,b; Barbosa, et al., 2007).

No estado de Mato Grosso, na região sudeste, uma das grandes limitações de pesquisa hidrogeológica é a falta de conhecimento da profundidade e espessura das unidades hidrogeológicas (Cutrim, 2011). Desse modo, este trabalho tem como objetivo estimar esses parâmetros no município de Poxoreo, no sudeste do estado de Mato Grosso (Figura 1), usando a técnica de sondagem elétrica vertical (SEV) para subsidiar pesquisas hidrogeológicas e melhorar o conhecimento geológico da região.



Figura 1. Localização do município de Poxoreo.

GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA REGIONAL

A região pesquisada está inserida no flanco noroeste da Bacia do Paraná, que segundo Milani et al. (2007) e Barros et al. (1982) é composta por rochas Devonianas da Supersequência Paraná constituída pelas formações Furnas e Ponta Grossa e do Carbonífero inferior, a Formação Aquidauana (Figura 2).

Formação Furnas

No Estado de Mato Grosso a Formação Furnas ocorre ao longo das bordas norte e noroeste da Bacia do Paraná. Sua constituição predominantemente é por arenitos grossos a muito grossos com estratificação cruzada planar, com ocorrência subordinada de arenitos grossos a muito grossos com estratificação cruzada acanalada e arenitos finos a médios com estratificação cruzada hummocky (Assine, 1996).

Na região da borda noroeste da Bacia, desde as cercanias da Chapada dos Guimarães até o limite sul do Estado, afloram camadas de arenitos médios a grossos, com estratificação cruzada, arenitos finos com laminação cruzada cavalgante e arenitos finos com estratificação cruzada hummocky, que nas proximidades da cidade de Jaciara compõem uma segunda cuesta na escarpa da bacia. Seu contato superior é transicional para os folhelhos da Formação Ponta Grossa. Sua deposição é interpretada como de leques costeiros e braided deltas e em ambiente marinho raso (Assine, 1996).

Formação Ponta Grossa

No Estado de Mato Grosso é caracterizada por uma sequência de folhelhos e siltitos de cores variando de cinza a cinza-esverdeada na base e apresentando para o topo intercalações de arenitos finos a muito finos, micáceos, feldspáticos, finamente estratificados de cor branca, marrom ou esverdeada. São frequentes bioturbações e níveis finos de conglomerado na base. Em geral são rochas com boa fissilidade, com níveis fossilíferos nos folhelhos.

Está sobreposta à Formação Furnas por contato gradual e concordante e sobreposta pela Formação Aquidauana por discordância erosiva e também pela Cobertura Detrito-laterítica e por aluviões recentes. Por vezes, o contato tanto com a Formação Furnas como com a Formação Aquidauana é por falha normal. O seu ambiente de deposição é marinho de águas rasas, e a sua idade é considerada Devoniana por seu conteúdo de macro e microscópico fósseis (Assine, 1996).

Formação Aquidauana

No estado de Mato Grosso esta unidade apresenta três conjuntos litológicos com posição estratigráfica definida (Schneider *et al.*, 1974). O inferior, formado por arenitos vermelho-arroxeados, as vezes esbranquiçados ou avermelhados, médios a grossos, feldspáticos, com níveis conglomeráticos e com intercalações subordinadas de siltitos e diamictitos finos. Os arenitos mostram

estratificação cruzada acanalada, composição quartzosa, com grãos angulosos a subarredondados e por vezes com cimento ferruginoso. Nos planos de estratificação podem acumular-se minerais pesados, indicando deposição em fundo de canal.

O intermediário, composto por siltitos finamente estratificados, vermelho arroxeadado ou vermelho-tijolo, e, secundariamente, por arenitos arcoseanos, folhelhos cinza (fossilíferos) e bolsões e lentes de diamictito vermelhos. Observam-se estratificação planoparalela, marcas de onda e, localmente, estruturas de sobrecarga como diápiros e dobras convolutas. No superior predominam os sedimentos arenosos, vermelho-arroxeados, mais finos e melhor selecionados do que os do conjunto inferior. Apresentam estratificação plano-paralela e estratificação cruzada. O ambiente de deposição é continental, constituído por depósitos fluviais e lacustres.

Hidrogeologia Regional

Na região pesquisada a hidrogeologia é composta pelos aquíferos Aquidauana e Furnas e pelo Aquiclude Ponta Grossa (Cutrim, 2011).

O Aquífero Aquidauana devido a sua pequena espessura e ocorrência muito localizada na região não tem capacidade para produzir volumes de água que justifique a sua exploração. O Aquífero Furnas é o principal aquífero da região, ocorre de modo confinado pelo Aquífero Aquidauana e pelo Aquiclude Ponta Grossa em 5% da região, e confinado pelo Aquiclude Ponta Grosso em torno de 95% da região, cuja espessura máxima é de 740 m (Cutrim, 2011).

Na região sudeste de Mato Grosso poços que explotam o Aquífero Furnas produzem vazão de bombeamento de até 250 m³/h e poços jorrantes com vazões de 360 m³/h. As águas deste aquífero são hipotermiais (27,1 °C e 30,7 °C), mesotermiais (33 °C a 36 °C), isotermiais (36 °C a 38 °C) e hipertermiais (maior que 38 °C) (Cutrim, 2011). A origem e a distribuição do termalismo do Aquífero Furnas, até então, não foram de fato estudados.

Era	Período	Supersequência	Formação	Litologia
Paleozóico	Permo - Carbonífero	Gondwana I	Aquidauana	Arenitos vermelhos a roxos, friáveis, porosos, compostos principalmente por quartzo. Intercalações de siltitos e folhelhos vermelhos.
	Devoniano	Paraná	Ponta Grossa	Intercalações de siltitos e arenitos finos, argilosos, finamente laminados, cinza a cinza-esverdeado, micáceo, localmente fossilíferos, intercalações subordinadas de folhelho micáceo fossilífero.
			Furnas	Arenitos grossos a muito grossos com estratificação cruzada, lentes conglomeráticas e intercalações de camadas siltico-argilas.

Figura 2. Carta estratigráfica simplificada da bacia do Paraná na região de estudo (Modificada de Milani, et al., 2007).

METODOLOGIA

Neste trabalho foi aplicada a técnica de sondagem elétrica vertical – SEV, a qual permite investigar a variação vertical de resistividade. A técnica SEV produz excelentes resultados na definição de contato litológico contendo bom contraste de resistividade, como é comum em meio geológico acamada (Cutrim & Rebouças, 2005b; Cutrim et al., 2007; Cutrim & Shiraiwa, 2011).

$$\rho_a = \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \cdot k,$$

Onde,

ρ_a = resistividade aparente

ΔV = diferença de potencial

I = corrente elétrica

AM = distancia entre os eletrodos A e M

AN = distancia entre os eletrodos A e N

BM = distancia entre os eletrodos B e M

BN = distancia entre os eletrodos B e N

A técnica SEV consiste em injetar corrente elétrica em dois pontos (A e B) e medir o potencial em outros dois pontos (M e N), localizados entre os pontos de corrente (Figura 3). Através da corrente, da diferença de potencial entre M e N e do fator geométrico (função da distância entre os pontos de injeção de corrente e de medida de potencial) determina-se a resistividade aparente do meio (Bhattacharya & Patra, 1968).

$$k = 2\pi / \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

Como a corrente flui de modo radial, então quanto maior a distância entre os pontos de injeção de corrente, maior será a profundidade investigada.

Na coleta dos dados foi utilizado o arranjo Schlumberger (Figura 3), cuja resistividade aparente é dada por:

$$\rho_a = \pi \cdot \left(\frac{a^2 - b^2}{2 \cdot b} \right) \cdot \frac{\Delta V}{I}, \text{ onde, } AB/2 = a \text{ e } MN/2 = b.$$

Foi utilizado um resistivímetro, com potência máxima de 950 W e voltagem máxima de 950 V. A abertura máxima dos eletros de corrente (AB) foi de 4.000 m e a distância $MN \leq AB/5$, a resistência de contato nos eletrodos foi controlada com água salgada. Na determinação

do modelo geoeétrico das SEVs foi usado o método Ridge Regression (Tikhonov & Arsenin, 1977), cuja espessura das camadas do modelo foi vinculada ao intervalo (AB/4, AB/6).

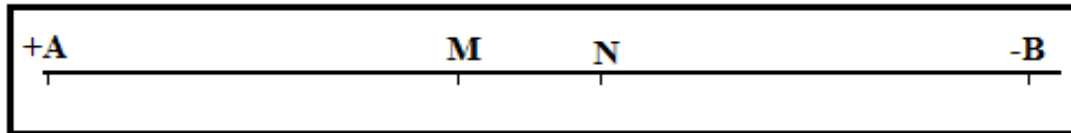


Figura 3. Arranjo Schlumberger.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas quatro SEVs, cujas coordenadas, cotas e aberturas de AB/2 estão apresentadas na Tabela 1 e a localização na Figura 4. Os resultados das SEVs estão apresentados na Tabela 2 e nas Figuras 5 a 8. O número de camadas do perfil geoeétrico de cada SEV não representa o número de unidades geológicas, mas sim o número de camadas que permite o melhor ajuste da curva da SEV.

A SEV1 (Figura 5) com abertura máxima de AB/2 de 2.000 m foi ajustada usando um modelo de sete camadas. Esta SEV permitiu estimar uma camada de solo de 3,1 m de espessura e resistividade de 5.600 $\Omega \cdot m$ e 5.432 $\Omega \cdot m$; uma espessura de 11 m e resistividade de 430 $\Omega \cdot m$ para a Formação Aquidauana; espessura de 413 m, profundidade ao topo em torno de 427 m e resistividade

variando de 64 $\Omega \cdot m$ a 28 $\Omega \cdot m$ para a Formação Ponta Grossa; espessura superior a 500 m ($AB/2 \pm 1.200$ m) e resistividade de 356 $\Omega \cdot m$ para a Formação Furnas.

A SEV2 (Figura 6) com abertura máxima de AB/2 de 1.500 m foi ajustada usando um modelo de seis camadas. Os resultados desta SEV mostram uma camada de solo com espessura 1,1 m e resistividade de 1.650 $\Omega \cdot m$; uma espessura de 6,8 m e resistividade de 389 $\Omega \cdot m$ para a Formação Aquidauana; uma espessura de 414 m para Formação Ponta Grossa e resistividade variando de 90 a 33 $\Omega \cdot m$ e espessura superior a 350 m ($AB/2 \pm 700$ m), profundidade ao topo de 422 m e resistividade de 1.940 $\Omega \cdot m$ para Formação Furnas.

Tabela 1. Coordenadas e abertura de AB/2 das SEVs.

SEV	AB/2 (m)	Cota (m)	Coordenadas UTM – Córrego Alegre	
			X	Y
SEV1	2.000	312	786037	8196034
SEV2	1.500	274	792155	8215036
SEV3	1.500	477	774409	8225457
VES4	1.500	400	778504	8225376

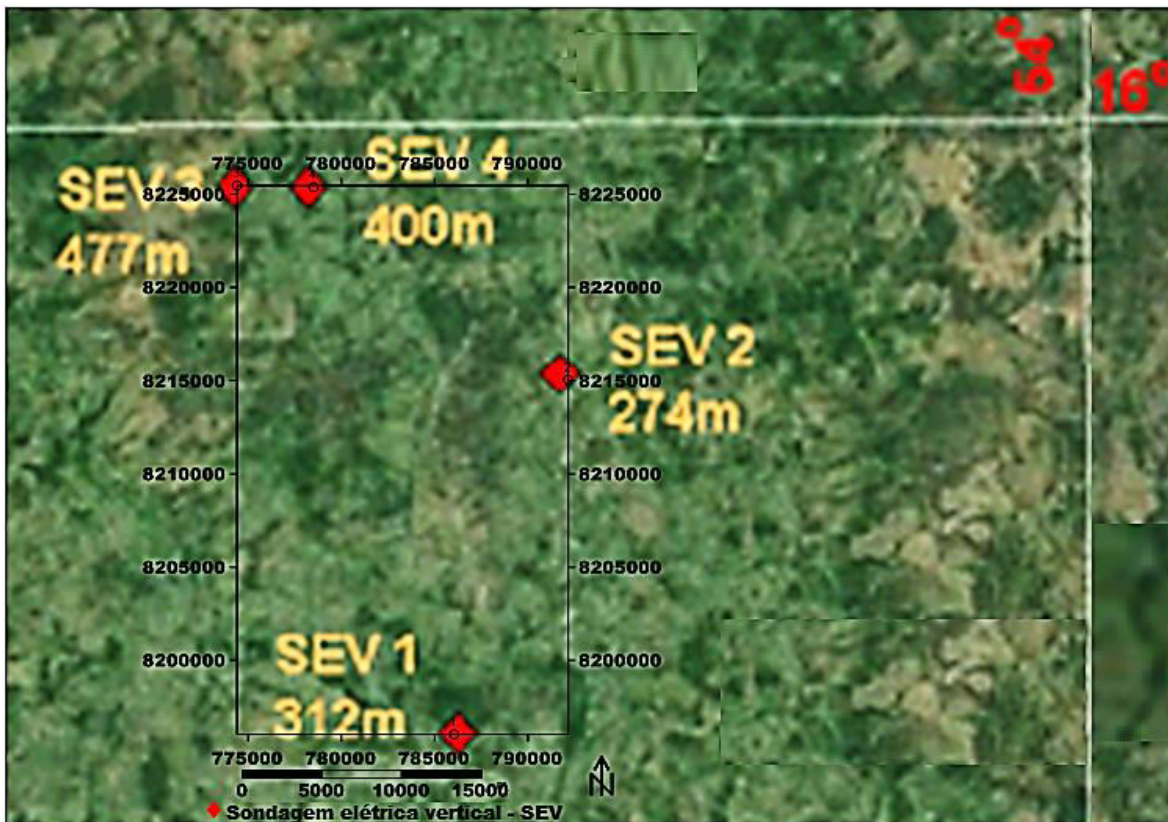


Figura 4. Localização e cota das sondagens elétricas verticais.

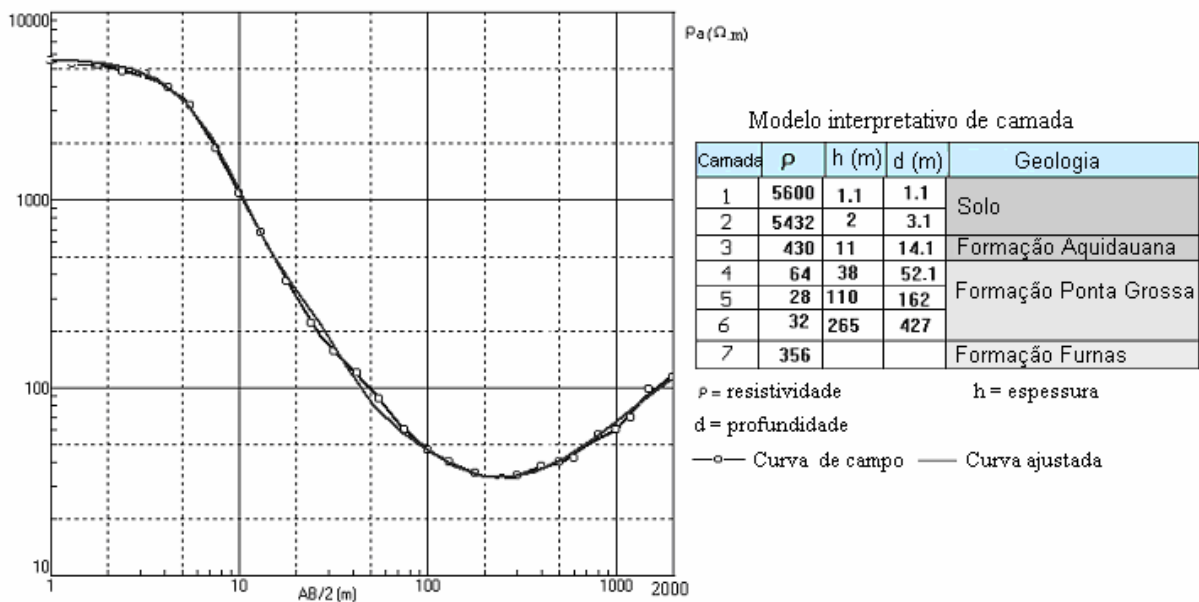


Figura 5. Perfil geoeétrico da SEV1.

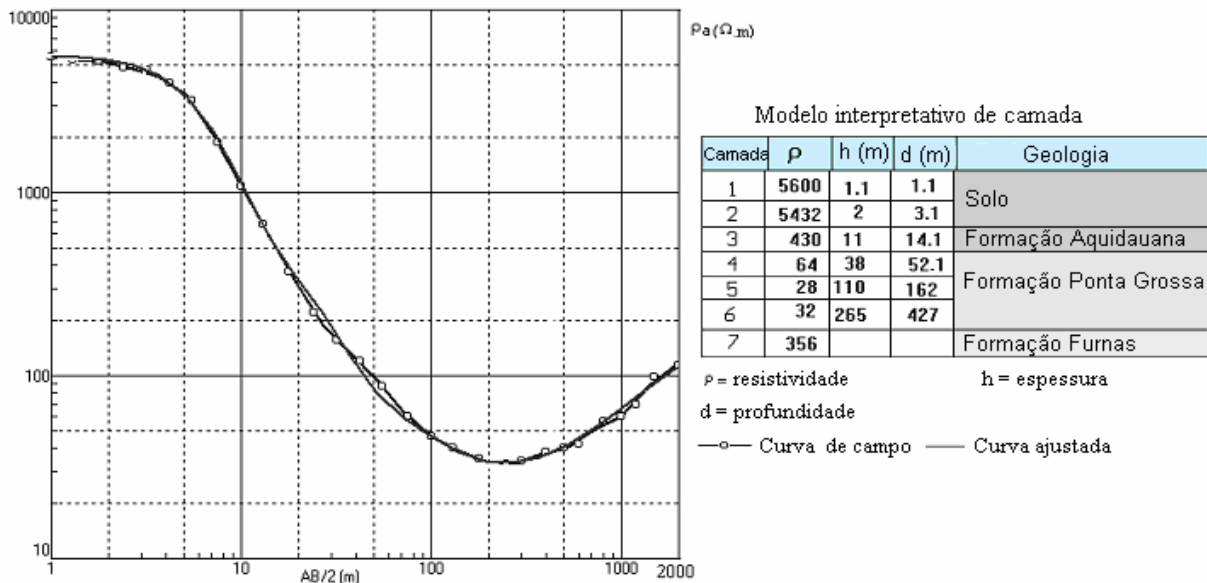


Figura 6. Perfil geolétrico da SEV2.

A SEV3 (Figura 7) com abertura máxima de AB/2 de 1.500 m foi ajustada usando um modelo de oito camadas. Através desta SEV foi estimada uma espessura de 4 m e resistividade de 2.325, 2650 e 770 Ω .m para o solo; espessura de 330 m e resistividade

variando de 170 Ω .m a 10 Ω .m para a Formação Ponta Grossa e espessura superior a 400 m, profundidade ao topo de 400 m e resistividade de 4.500 Ω .m para a Formação Furnas.

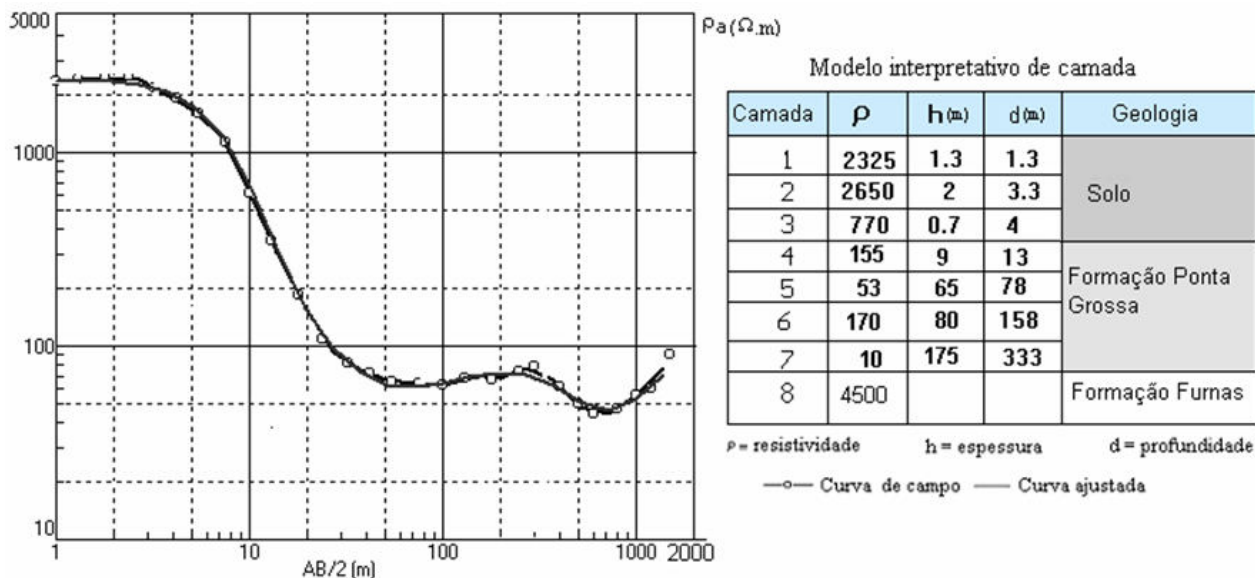


Figura 7. Perfil geolétrico da SEV3.

A SEV4 (Figura 8) com abertura máxima de AB/2 de 1.500 m foi ajustada usando um modelo e sete camadas. Esta SEV

permitiu estimar uma camada de solo de 3,5 m, resistividade variando de 830 a 33 Ω .m; uma espessura de 497 m e resistividade variando de

159 $\Omega.m$ a 12 $\Omega.m$ para a Formação Ponta Grossa e espessura superior a 250 m,

resistividade de 220 $\Omega.m$ e profundidade ao topo de 500 m para a Formação Furnas.

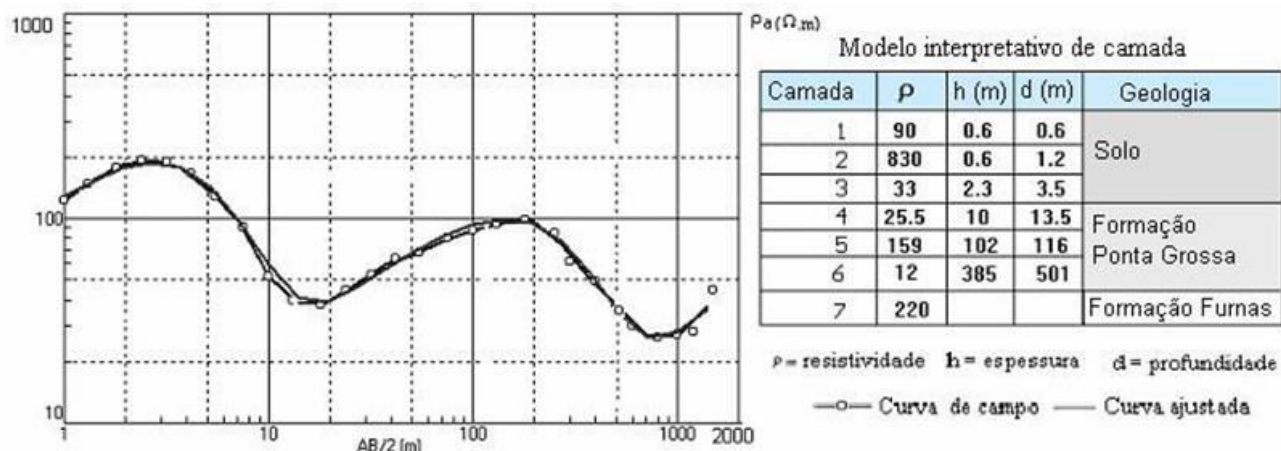


Figura 8. Perfil geoeletrico da SEV4.

Observa-se que as curvas das SEVs 1 e 2 apresentam conformação muito similar, tanto para os AB/2 de 10 m a 850 m (resistividade decrescente) correspondente à Formação Ponta Grossa de constituição predominante de siltito e argilito, quanto de AB/2 maior que 850 m (resistividade crescente) referente à Formação Furnas, composta basicamente por arenitos. Esse comportamento indica grande homogeneidade litológica nessas formações

geológicas. Já as curvas das SEVs 3 e 4 apresentam conformação muito similar tanto para a Formação Ponta Grossa (AB/2 de 10 m a 900 m) quanto para a Formação Furnas (AB/2 maior que 900 m). Porém a resistividade correspondente à Formação Ponta Grossa nestas SEVs, tem comportamento diferente das SEVs 1 e 2, indicando assim heterogeneidade litológica marcante nesta formação nestes locais

Tabela 2. Espessura e profundidade ao topo das formações geológicas estimadas pelas SEVs.

Geologia	SEV1		SEV2		SEV3		SEV4	
	h (m)	d (m)	h (m)	d (m)	h (m)	d (m)	h (m)	d (m)
Solo	3.1	0	1.1	0	4	0	3.5	0
Formação Aquidauana	11	3.1	6.8	1.1	0	----	0	----
Formação Ponta Grossa	413	14.1	414	7.9	330	4	497	3.5
Formação Furnas	> 500	427.1	> 300	421.9	> 400	334	>300	500.5

h= espessura, d= profundidade ao topo.

A Figura 9 mostra que nos locais das SEVs 1 e 2 ocorrem as formações Aquidauana, Ponta Grossa e Furnas. Nas localidades das SEVs 3 e 4 ocorrem somente as formações Ponta Grossa e Furnas, sendo que a espessura

da Formação Ponta Grossa é menor na SEV3 e maior na SEV4 que nas demais SEVs. A profundidade ao topo da Formação Furnas é menor na SEV3 e aumenta gradativamente das SEVs 2, 1 e 4 (maior profundidade).

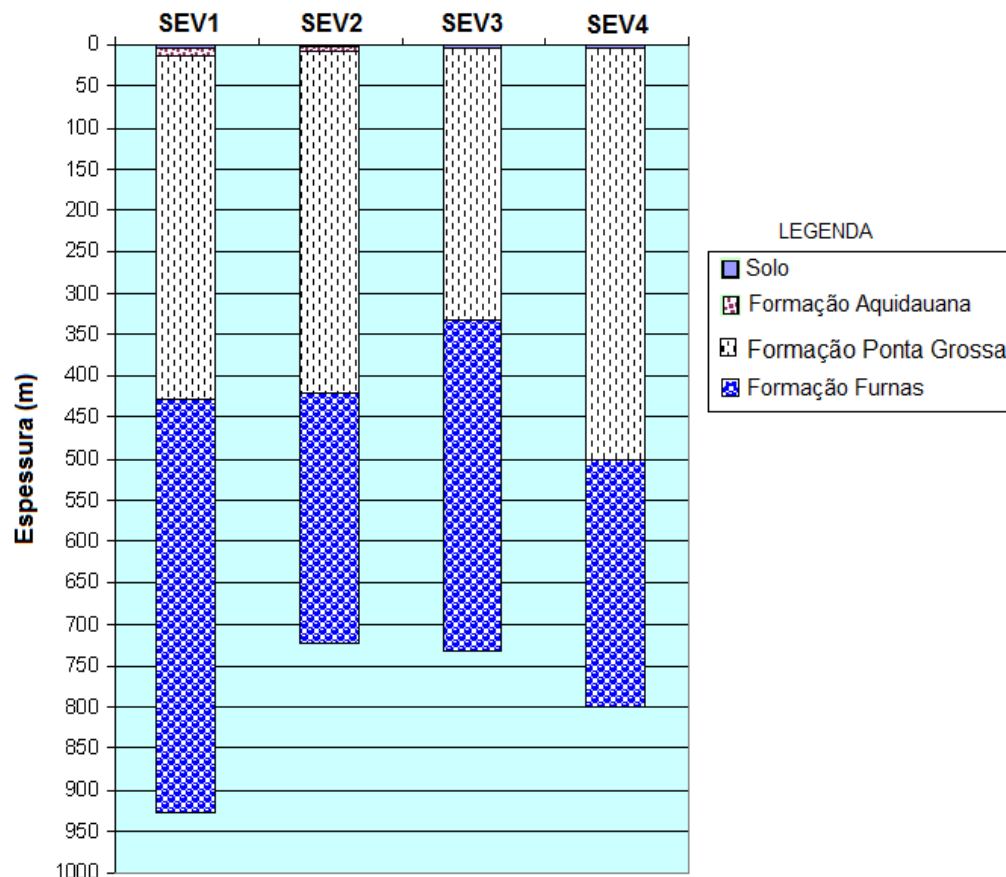


Figura 9. Modelo geológico-geofísico produzido pelas SEVs.

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES

A sondagem elétrica vertical comprovou a sua eficiência para estimar a profundidade e espessura de solo e de formações geológicas.

As SEVs possibilitaram estimar a espessura do solo e das formações Furnas e Ponta Grossa, e somente nas localidades das SEVs 1 e 2 foi evidenciada e estimada a espessura da Formação Aquidauana. A espessura do solo variou de 1,1 a 3,5m; a espessura das formações Aquidauana, Ponta Grossa e Furnas variou respectivamente de 0 a 8,8 m, 330 a 497 m e maior que 300 metros.

As SEVs 1, 2, 3 e 4 mostram que nessa região o Aquífero Furnas é confinado e tem profundidade ao topo respectivamente de 427, 421, 333 e 500 metros.

Estes dados enriquecem o conhecimento geológico da região e subsidiarão pesquisa hidrogeológica, envolvendo construção de poço tubular profundo, quantificação de reservas de águas e avaliação de vulnerabilidade à contaminação do Aquífero Furnas nessa região.

REFERÊNCIAS

1. ASSINE, M. L. 1996. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 207 p.
2. BARROS, L.C.; CARDOSO, O.R.F.A.; FREIRE, F.A.; SOUZA JÚNIOR, J.J.; RIVETTI LUZ, D.S.; PALMEIRA, R.C.B.; TASSINARI, C.C.G. 1982. Geologia da folha SD-21. Cuiabá. Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, RJ, 531p.
3. BHATTACHARYA, P.K. & PATRA, H.P. 1986. **Direct Current Geoelectric Sounding**. Elsevier Publishing Company, New York, 134p.

4. BARBOSA, D.V.; ZIMMER, J.R.; CUTRIM, A.O.; RUIZ, A.S. 2007. Avaliação da vulnerabilidade à contaminação do Aquífero Furnas na área urbana de Rondonópolis (MT), utilizando o método AVI. In: 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste Sul. Cuiabá - MT, CD-ROOM.
5. COKER, J.O. 2012. Vertical electrical sounding (VES) methods to delineate potential groundwater aquifers in Akobo area, Ibadan, South-western, Nigeria. **Journal of Geology and Mining Research**, v. 4, n. 2, p. 35-42.
6. COSTA, W. D. 2000. Uso e gestão de água subterrânea. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Orgs) Hidrogeologia conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM. p341-365.
7. CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. 1976. Hidrologia subterrânea. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., Tomo II. p.1165-2359.
8. CUTRIM, A.O. 2011. Groundwater is the principal water resource used in the southwest Mato Grosso State, Brazil. In: BILIBIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J.F. (Coordenadores). **Sustainable water management in the tropics and subtropics – and case studies in Brazil**. v. 1. Jaguarão/RS: FUIP, UNIKASSEL, PGCult-UFMA. 1.358p.
9. CUTRIM, A.O. & SHIRAIWA, S. 2011. Prospecção de água subterrânea no sudoeste do município de Rondonópolis (MT) usando sondagem elétrica vertical. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 4, p. 45 - 51.
10. CUTRIM, A.O. & CAMPOS, J.E.G. 2010a. Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis (MT), usando os métodos GOD e POSH. **Revista de Geociências, UNESP**, v. 29, p. 401-411.
11. CUTRIM, A.O. & CAMPOS, J.E.G. 2010b. Aplicação dos métodos DRASTIC E POSH para a determinação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, p. 127-142.
12. CUTRIM, A.O.; RUIZ, A.S.; LIPORONI, L.M.; MEDEIROS, F.A.; BARROSO, U.C.; NASCIMENTO A.L. 2007. Sondagem elétrica vertical aplicada em pesquisa hidrogeológica na Bacia do Parecis, MT. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n. 2, p.131-140.
13. CUTRIM, A.O. & REBOUÇAS, A.C. 2005. Aplicação de sondagem elétrica vertical na estimativa do topo e da espessura de unidade geológicas da Bacia do Paraná na cidade de Rondonópolis-MT. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 1, p. 89-98.
14. FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. Washington: World Bank, GWMATE, 2002. 101p.
15. MILANI, E.J.; MELO, J.H.G.; SOUZA, P.A.; FERNANDES, L.A.; FRANÇA, A.B. 2007. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.15, n. 2, p.265-287.
16. OKORO, E.I; EGBOKA, B.C.E; ONWUEMESI, A.G. 2010. Evaluation of the aquifer characteristic of Nanka Sands using hydrogeological method in combination with Vertical Electrical Sounding (VES). **J. Appl. Sci. Environ. Manage.** v. 14, n. 2, p. 5 – 9.
17. RAIMI, J.; ABDULKARIM, M.S.; HAMIDU; ARABI, A. S. 2011. Application of Schlumberger Vertical Electrical Sounding for Determination of Suitable Sites for Construction of Boreholes for Irrigation Scheme within a Basement Complex. **International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering**, v. 2, no. 6, p. 81-84.
18. SCHENEIDER, R.L; MUHLMANN, H; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F. & NOGUEIRA, AA. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p.41-65.
19. TIKHONOV, A.N. & ARSENIN, V.Y. 1977. **Solutions of ill-posed problems**. Winston & Sons, New York, 349p.

Manuscrito recebido em: 03 de Janeiro de 2013

Revisado e Aceito em: 21 de Julho de 2014