



IMAGEAMENTO GEOELÉTRICO 2D COMO FERRAMENTA AUXILIAR NA ANÁLISE DE VULNERABILIDADE LOCAL DO AQUÍFERO BARREIRAS NA ÁREA DA BACIA DO RIO CATU-RN.

Leandson Roberto Fernandes de Lucena^{1,2} (leandson@geofisica.ufrn.br);
 Josibel Gomes de Oliveira Junior^{1,2}; Walter Eugênio de Medeiros^{1,2};
 Daniel Alexander Silva dos Santos²; Marília de Araújo Costa Rodrigues¹;
 Alessandro José Soares Dantas¹; Antônio Lisboa Fernandes Junior¹.

¹Departamento de Geofísica-UFRN

²Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica-UFRN

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Esta pesquisa apresenta os resultados iniciais obtidos com um imageamento geoeletrico 2D efetuado na área da bacia do Rio Catu-RN, no contexto hidrogeológico do Aquífero Barreiras. O referido levantamento objetivou subsidiar preliminarmente a avaliação da vulnerabilidade do referido aquífero e definir um arranjo de eletrodos mais apropriado a ser adotado nesse estudo. Dentro desse contexto, o arranjo Wenner mostrou-se mais adequado, sobretudo por apresentar um modelo de camadas plano-paralelas mais uniformizado, o qual possibilitou conferir uma vulnerabilidade local do aquífero como elevada, a partir dos valores de espessura e resistividades da zona não saturada. Estes últimos estão associados com sedimentos arenosos de elevada condutividade hidráulica, quando confrontados com calibrações geoeletricas regionais disponíveis, favorecendo, portanto, a percolação de determinada carga contaminante.

Introdução

O presente trabalho integra uma pesquisa hidrogeológica desenvolvida no âmbito do Aquífero Barreiras na área da bacia do Rio Catu-RN, região litorânea sul do Estado do Rio Grande do Norte (figura 1). A referida pesquisa é financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, sendo um dos seus objetivos principais qualificar o impacto da fertilização química, sobretudo aquela de natureza nitrogenada, no Aquífero Barreiras, além de avaliar sua vulnerabilidade local.

Nesse contexto, o objetivo principal do presente estudo é avaliar qualitativamente o sinal geoeletrico obtido com as configurações de eletrodos *Wenner* e *Schlumberger* na elaboração de um imageamento 2D local do Aquífero Barreiras, como ferramenta auxiliar para uma análise de vulnerabilidade local mais ampla do referido aquífero. Secundariamente, características deste sistema hidrogeológico foram preliminarmente avaliados na área do levantamento, particularmente a profundidade

do nível freático, a espessura da zona não saturada e valores de resistividade elétrica dos principais horizontes hidroestratigráficos da porção superior do aquífero. Tais resultados irão embasar a adoção prioritária de uma configuração de eletrodos em imageamentos futuros nesse ambiente hidrogeológico, além de subsidiarem o incremento da caracterização hidrogeofísica do Aquífero Barreiras no litoral leste do Rio Grande do Norte.

Este aquífero responde pelo abastecimento d'água de cerca de 80% das cidades e comunidades rurais inseridas na mesoregião leste potiguar, incluindo a capital Natal, fato este que motiva um crescente aprofundamento das pesquisas no seu contexto. Sua constituição litológica é bastante diversificada, envolvendo desde argilitos a arenitos conglomeráticos, embora se observe o predomínio de arenitos argilosos de idade Terciária-Quaternária, sendo capeados por sedimentos quaternários a recentes representados por coberturas arenosas, dunas, aluviões e mangues (Lucena et al, 1999; Lucena et al., 2006). O limite inferior deste aquífero é o topo da seqüência carbonática mesozóica não aflorante da região, a qual foi individualizada em perfurações de poços como sendo constituído por sedimentos areno-argilosos a argilosos de composição calcífera e baixa potencialidade hidrogeológica, ou mesmo o embasamento cristalino, nas áreas próximas do contato deste último com a bacia sedimentar costeira. O aquífero apresenta vazões de exploração elevadas em determinadas localidades, sobretudo naquelas de maior espessura dos sedimentos da Formação Barreiras, conforme observado em algumas captações na região sul de Natal e Parnamirim-RN (vazões da ordem de 100 m³/h).

No tocante à condição hidrodinâmica, o Aquífero Barreiras comporta-se de maneira bastante variável, sobretudo na região sul de Natal até a fronteira com a Paraíba. Este comportamento pode apresentar-se de livre a semiconfinado, onde a camada semiconfinante no topo, quando presente, é representada por lentes argilosas da própria Formação Barreiras (IPT, 1982). Toda a área pesquisada evidencia uma ampla relação entre mananciais superficiais e subterrâneos do Aquífero Barreiras, onde o regime perene dos canais fluviais locais é creditado ao caráter influente do aquífero. A área da bacia do Rio Catu e, mais precisamente, a localidade de Olho D'Água onde foi realizado o levantamento

geoeletrico é amplamente utilizada na cultura da cana-de-açúcar, com utilização de fertilizantes químicos. Este último fato é bastante preocupante, sobretudo quando se observa uma espessura não saturada reduzida, a qual representa uma primeira defesa natural do aquífero, incrementando o grau de vulnerabilidade local do mesmo.

Metodologia

Tradicionalmente o método da eletroresistividade tem sido bastante utilizado em estudos hidrogeológicos (Astier, 1975; Custódio e Llamas, 1983; Feitosa e Manoel Filho, 1997). Ele consiste em determinar a resistividade elétrica de rochas por meio de medidas de potencial e corrente elétrica, sendo estes valores de resistividade variáveis de acordo com a porosidade, quantidade e salinidade dos fluidos intersticiais. Esta observação levou ao uso difundido de uma relação empírica de resistividade e porosidade, conhecida como Lei de Archie (*in* Orellana, 1972). No presente levantamento, utilizou-se um resistivímetro modelo *Syscal Pro*, fabricado pela *Iris Instruments*. Este último foi configurado para operar com setenta e dois eletrodos e adquirir uma pseudo-seção geoeletrica, composta por dez diferentes níveis de investigação, utilizando os arranjos de eletrodos *Wenner* e *Schlumberger*. Para visualização dos dados adotou-se o *software* *ProSys II*, também desenvolvido pela *Iris Instruments*, enquanto que os modelos de inversão foram obtidos com o *software* *RES2DINV* (GEOTOMO SOFTWARE, 2010). As referidas seções possuem 720 metros de extensão e possibilitaram investigar cerca de 45 metros de profundidade.

A vulnerabilidade de um aquífero é definida como sendo as características intrínsecas que determinam a sensibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante antrópica imposta (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988), sendo função, primordialmente, da acessibilidade da zona saturada e da capacidade de atenuação da zona não saturada. Neste aspecto, têm-se como concepções básicas os seguintes tópicos:

- O contaminante é introduzido à superfície do terreno;
- O contaminante é transportado verticalmente até o aquífero pela infiltração;
- O contaminante possui a mobilidade da água.

Dessa forma, uma cartografia de vulnerabilidade do aquífero representaria o caminho vertical de uma carga potencialmente contaminante.

Dentre os diversos métodos empíricos propostos para avaliar a vulnerabilidade de aquíferos, utilizou-se a metodologia simplificada GOD (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988), a qual se baseia nos seguintes parâmetros:

- G – Tipo e ocorrência do aquífero (**G**roundwater occurrence);
- O – Litologia e grau de consolidação da zona vadosa ou camadas confinantes (**O**verall aquifer class);
- D – Profundidade do topo do aquífero (**D**ePTH to aquifer).

O índice pontual é obtido multiplicando-se os três parâmetros, sendo o(s) valor(es) inserido(s) em uma das cinco classes de vulnerabilidade (figura 2): extrema

(0,7 – 1), alta (0,5 – 0,7), moderada (0,3 – 0,5), baixa (0,1 – 0,3) e desprezível (0 – 0,3).

Resultados e Discussão

As duas seções de resistividade, obtidas com modelos de inversão do *software* *RES2DINV*, conforme reportado, abrangem a porção superior da formação aquífera e zona não saturada sobreposta (figura 3). Estas seções evidenciaram uma hidroestratigrafia aproximadamente plano-paralela, tendo como base a disposição de camadas geoeletricas e respectivos intervalos de valores de resistividade aparente. O topo da formação aquífera foi caracterizado através da diminuição da resistividade aparente (valores da ordem de 400 Ohm.metro), sobretudo quando confrontado com resistividades substancialmente maiores da zona não saturada sobreposta (resistividades superiores a 1000 Ohm.metro), de acordo com calibrações e valores representativos de resistividades do aquífero e respectiva zona não saturada definidas por Lucena (2005). A profundidade máxima desse contato situa-se no intervalo de 10 a 15 metros. A quebra da horizontalidade das camadas geoeletricas nas proximidades da posição 500 metros, no sentido norte, caracterizada pela ascensão de uma anomalia de menor resistividade dentro de horizontes mais resistivos, sugere a ocorrência local de uma estrutura de falha, a qual estaria afetando todo o pacote estratigráfico. Esta observação é respaldada pela ocorrência de uma proeminente estruturação regional em todo o litoral leste do Rio Grande do Norte, principalmente nas direções SW-NE e SE-NW (Lucena, 2006; Nogueira et al., 2006). Somado a isso, nas proximidades do levantamento geoeletrico (cerca de 50 metros no sentido leste), particularmente, observa-se o afloramento do lençol freático (a denominação da localidade como Olho D'água provavelmente decorre dessa observação), além de uma escarpa com características de falha em um afloramento da Formação Barreiras.

Embora os dois arranjos de eletrodos utilizados na aquisição dos dados tenham apresentado resultados satisfatórios, inclusive com o *Schlumberger* apresentando mais proeminente as variações residuais de resistividades, pode-se afirmar que o resultado obtido com o arranjo *Wenner* mostrou-se mais consistente com o contexto hidroestratigráfico local. Esta observação foi corroborada pela ocorrência de um solo local aproximadamente homogêneo, além de considerar uma maior susceptibilidade do arranjo *Wenner* à diferença de potencial nos respectivos eletrodos (com espaçamentos uniformes), sobretudo quando se procurou evidenciar a estrutura de camadas plano-paralelas.

A vulnerabilidade local do Aquífero Barreiras foi avaliada preliminarmente na área da localidade de Olho D'água (ver figura 1), a partir dos dados geoeletricos ora reportados. Considerando valores representativos de resistividades da zona não saturada do Aquífero Barreiras estabelecidas por Lucena (2005) e da profundidade do topo do lençol freático (obtida com o modelo de inversão da figura 3), pode-se verificar um índice de vulnerabilidade predominantemente alto, principalmente para uma litologia dessa zona não saturada constituída por areias eólicas, coberturas arenosas, solos indiferenciados e/ou sedimentos aluvionares. Vale ressaltar que esta análise representa

uma avaliação de caráter local e preliminar. Uma cartografia de vulnerabilidade do Aquífero Barreiras de todo o setor oriental da bacia do Rio Catu-RN deverá incluir adicionalmente outros imageamentos geoeletricos, interpretação de sondagens elétricas verticais e dados de perfis de poços tubulares da área, os quais enfatizarão a profundidade do topo do aquífero e litologia da zona não saturada sobrejacente.

Conclusões

Tendo como base os resultados ora reportados, a seção obtida com a configuração de eletrodos *Wenner* evidenciou um imageamento 2D mais compatibilizado com as feições geológicas (estratigrafia local aproximadamente plano-paralela e a sugestão de uma estrutura de falha) e hidrogeológicas (contato entre as zonas saturada e não saturada e a respectiva profundidade do topo do aquífero) locais, sobretudo quando tais informações destinaram-se a uma análise de vulnerabilidade do Aquífero Barreiras. As resistividades deste aquífero são iguais ou inferiores a 400 Ohm.metro, enquanto que a zona não saturada sobreposta apresenta valores iguais ou superiores a 1000 Ohm.metro. Este contato, bem caracterizado nas seções geoeletricas revela uma espessura não saturada bastante reduzida (inferior a 15 metros), fato este que se reflete em uma elevada vulnerabilidade do aquífero na área, frente a uma eventual disposição de contaminantes na superfície do terreno. A análise da vulnerabilidade local do Aquífero Barreiras, embora represente uma abordagem bastante preliminar, tendo em vista fundamentar-se em um único imageamento geoeletrico, já evidencia um índice elevado, conforme as classes de vulnerabilidade propostas na metodologia GOD, frente ao uso intensivo de fertilização química na cultura regional da cana-de-açúcar. Por fim, considerando a importância do referido aquífero como fonte do abastecimento do litoral leste do Rio Grande do Norte, o incremento do conhecimento de suas características hidrogeofísicas representa um importante subsídio numa gestão ambientalmente sustentável desse manancial.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq pelo financiamento da presente pesquisa.

Referências

- ASTIER, J.L. 1975. Geofísica aplicada a la hidrogeología. Ed. Paraninfo, Madrid. 344 p.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R. 1983. Hidrologia Subterránea. Ed. Omega, 2ª ed, Barcelona. 2 v.
- FEITOSA, F.A.C. E MANOEL FILHO. 1997. Hidrogeologia - conceitos e aplicações. CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2ª ed. Fortaleza. 391 p.

FOSTER, S.S.D. 1987. Fundamental concept in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy; Vulnerability of soil and groundwater to pollution. In: INTERNATIONAL CONFERENCE HELD IN THE NETHERLANDS. TNO/RIVM, Committee on Hydrological Research, Delft, Netherlands. Proceedings and infortation. Pg: 69-86.

FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.A. 1988. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/CEPIS WHO-PAHO/CEPIS, Lima. 81p.

GEOTOMO SOFTWARE. 2010. Geoelectrical Imaging 2D & 3D - RES2DINV, ver. 3.59 for Windows XP/Vista/7. Rapid 2D Resistivity & IP inversion using the least-squares method. Geotomo Software, Penang, Malaysia. 151 p.

IPT. 1982. Estudo hidrogeológico regional detalhado do Estado do Rio Grande do Norte. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. Natal. 389 p. Secretaria de Indústria e Comércio do Estado do Rio Grande do Norte. Relatório técnico IPT nº 15.795.

LUCENA, L.R.F.; OLIVEIRA, S.K.; MEDEIROS, W.E. 1999. Condicionamento estrutural sobre o Aquífero Barreiras e Sistema Lacustre do Bonfim, Nisia Floresta-RN. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRASILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, Rio de Janeiro(RJ), Brasil. Anais... 1 CD-Rom.

LUCENA, L.R.F. 2005. Implicação da compartimentação estrutural no Aquífero Barreiras na área da bacia do Rio Pirangi-RN. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná-UFPR. Curitiba. 151 p.

LUCENA, L.R.F.; ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C. 2006. O controle estrutural no Aquífero Barreiras – área da bacia do Rio Pirangi-RN. Revista Águas Subterráneas, 20: p. 83-98

NOGUEIRA, F.C.C.; BEZERRA, F.H.R.; CASTRO, D.L. 2006. Deformação rúptil em depósitos da Formação Barreiras na porção leste da Bacia Potiguar. Geologia USP Série Científica, v. 6, nº 2, p. 51-59.

ORELLANA, E. 1972. Prospeccion geoeletrica en corriente continua. Ed. Paraninfo, Madrid. 523 p.

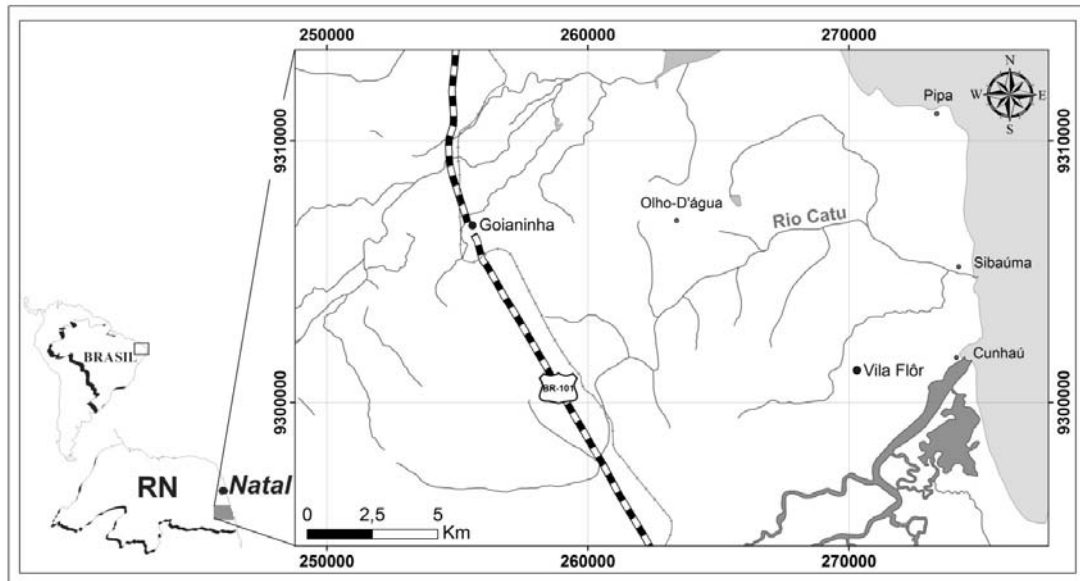


Figura 1 – Localização da área de estudo, setor oriental da bacia do Rio Catu-RN.

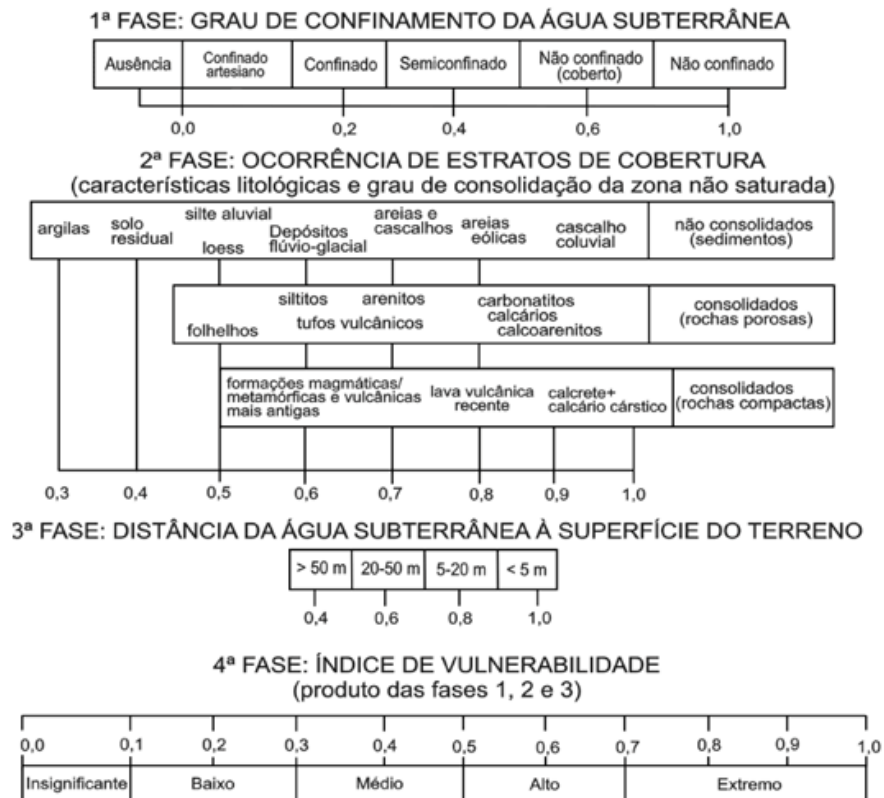


Figura 2 – Metodologia GOD para a determinação de vulnerabilidade de aquíferos.

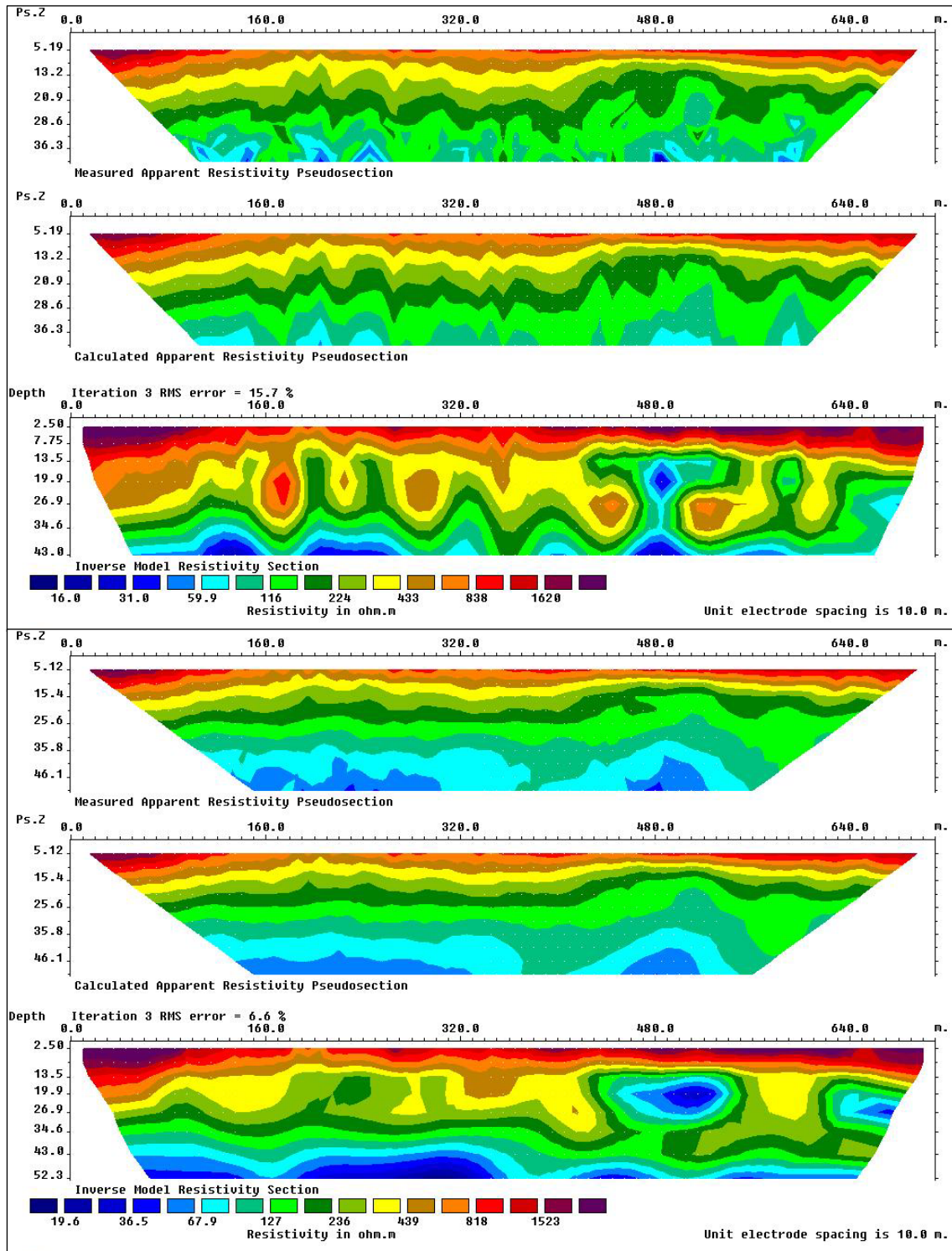


Figura 3 – Seções de resistividade obtidas a partir de modelos de inversão com as configurações de eletrodos Schlumberger (sequência superior) e Wenner (sequência inferior).