

# MÉTODO GEOELÉTRICO - POTENCIAL INSTRUMENTO PARA AUXÍLIO DA GESTÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: ESTUDOS DE CASO, ALAGOINHAS, BAHIA.

Rogério de Jesus Porciúncula<sup>1</sup>; Olivar Antônio Lima de Lima<sup>2</sup>; & Luiz Rogério Bastos Leal<sup>1</sup>

**RESUMO** - Dois estudos de caso hidrogeofísicos realizados no município de Alagoinhas/BA de aplicação do método eletrorresistivo são apresentados como potenciais exemplos para fomento da adoção dessa metodologia não invasiva como instrumento de gestão do solo e das águas subterrâneas, a saber: (i) um estudo regional (**Estudo de caso 01**), constituído por 62 sondagens elétricas verticais (SEVs) distribuídas ao longo das principais vias do município, que possibilitou inferir que o sistema aquífero da região é composto por duas unidades: uma superior livre e outra inferior semiconfinada. Favoreceu também à identificação de anomalias atribuídas a possíveis contaminações oriundas de atividades urbanas, industriais, agropastoris, dentre outras; e (ii) um estudo de detalhe (**Estudo de caso 02**) constituído por 56 SEVs levantadas no entorno de um autoposto e de uma salgadeira contíguos a um poço tubular, que permitiu caracterizar o meio hidrogeológico e identificar duas plumas de contaminação: uma rasa relacionada às atividades da salgadeira; e outra que se estende a profundidades superiores a 110 m, inclinada para SE, com dimensões máximas de 850x600 m, relacionada às atividades do autoposto. A mesma ainda não atingiu o poço tubular que está a 550 m a NE.

**Palavras-chave:** Hidrogeofísica, gestão de solo e águas subterrâneas.

**ABSTRACT** – Two hidrogeophysic case studies in Alagoinhas/BA county applying eletrorresistivity method are show as good examples to assist groundwater and soil management: (i) the regional study (Case study 01), where 62 verticals electrical sounding (VES) performed along the margin roads, allowed to build the structure aquifer model and interpreted it as a system composed by two units: a unconfined aquifer superior and another lower semiconfined. Also allowed identify some anomalies attributed to possible contamination from urban, industrial and farm activities; and (ii) the detail study (Case study 02), composed by 56 VES's, carried around at a gas station and a leather salting unit, near a production well, identified two contamination plumes:

---

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA). Rua Barão de Geremoabo, s/nº Campus Universitário de Ondina, CEP: 40.170-020, Tel.: (71) 3283-8637 e 3283-8619.

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, Departamento de Geofísica Aplicada, Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (CPGG). Rua Barão de Geremoabo, s/nº Campus Universitário de Ondina, CEP: 40.170-115, Tel.: (71) 3283-8512 e 32838597.

an attributed to the leather salting unit and another to the gas and services station. The first is shallow and the last extend to SE to more 110 m depth, with size about 850x600 m. This plume didn't reach the production well at 550 m NE from the gas station.

**Keywords:** Hidrogeophysic, soil and groundwater management.

## 1. INTRODUÇÃO

A questão dos recursos hídricos subterrâneos é sem dúvida um tema de notável interesse público, passivo a conflitos e de grande discussão entre as comunidades científica, social, política, não governamental, dentre outras. Sabe-se que as águas subterrâneas representam cerca de 96% (MMA, 2007) da totalidade de água doce encontrada em estado líquido na Terra. Essa potencialidade, adicionada à limitada disponibilidade dos recursos hídricos superficiais, resulta numa maior procura por este recurso. O aumento da demanda por águas subterrânea pode acarretar o uso descontrolado, contribuindo para a superexploração ou contaminação do aquífero, dentre outros impactos adversos.

Adicionalmente, o crescimento populacional, o desenvolvimento industrial e agropastoril são atividades e processos intrínsecos a quaisquer centros urbanos e são os principais aspectos potenciais poluidores do solo e das unidades aquíferas. Nesse sentido, cientistas e pesquisadores de diversas áreas de estudo vêm adotando metodologias que caracterizem quantitativa e qualitativamente o ambiente hidrogeológico, de modo a adquirir informações sobre as condições geoambientais do meio que subsidiem nas tomadas de decisão para melhor gestão das águas subterrâneas e uso e ocupação do solo.

O método geofísico geoeletrico aparece como uma excelente ferramenta para descrição e avaliação do ambiente geológico e hidrogeológico com base nas variações das propriedades elétricas dos fluidos e das rochas. A sua eficácia é atribuída à boa condução eletrolítica dos ambientes aquíferos e à sensibilidade à variação da resistividade proporcionada por contaminantes diversos. As vantagens são a não invasão ao terreno, a versatilidade e relativa rapidez de execução e o grande volume de dados adquiridos em curto espaço de tempo quando comparado aos métodos convencionais de investigação.

O principal objetivo desse trabalho é contribuir para o fomento da adoção de metodologias de investigação não invasivas, sobretudo, da adoção do método geoeletrico como ferramenta de gestão do solo e dos recursos hídricos subterrâneos a partir da apresentação de dois estudos de caso de notável relevância geoambiental e hidrogeológica.

O presente trabalho traz, nas seções seguintes, uma breve descrição da área de estudo e da utilização do método geoeletrico eletroresistivo. Aborda, também, os procedimentos tomados em campo, durante a aquisição dos dados, e no pós-campo, durante o tratamento e processamento dos mesmos. Relata as discussões de dois estudos de caso (regional - **Estudo de caso 01** e detalhado - **Estudo de caso 02**) de aplicação do método geoeletrico na caracterização e avaliação geoambiental e hidrogeofísica do sistema aquífero do município de Alagoinhas, Bahia. Defende a adoção da metodologia em estudos hidrogeológicos e geoambientais, visando otimizar a gestão do solo e dos recursos hídricos subterrâneos.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

O município de Alagoinhas situa-se no Nordeste da Bahia, entre as coordenadas geográficas 12°08'01" latitude sul, 38°25'25" longitude oeste a altitude média de 130 m. Possui cerca de 140.000 habitantes, que vivem numa área de 1179 km<sup>2</sup>. Distancia-se da capital Salvador em torno de 107 km.

A região dispõe de alta potencialidade de ocorrência de águas minerais, apresenta sistema de drenagem superficial desenvolvido, com rios perenes e algumas lagoas remanescentes. A precipitação pluviométrica média anual é de 1234,1 mm e a evapotranspiração real é de 1.096,2 mm, o que geram um excedente hídrico de 137,9 mm/ano (SEI, 1999). Os tipos climáticos incluem o úmido e subúmido, com temperatura média anual de 24°C. A vegetação é do tipo ombrófila densa, bastante descaracterizada pelos desmatamentos para colocação de atividades agropastoril, principalmente grandes plantações de eucalipto.

No âmbito geoambiental e hidrogeológico, o município de Alagoinhas se caracteriza por conter uma grande e importante reserva hídrica subterrânea, o aquífero São Sebastião, que, na maior parte da região, está sobreposto pela Formação Marizal, que por sua vez cumpre um papel relevante no sentido de proteger o manancial. Todavia, a Formação Marizal é composto por formações arenosas, permeáveis, suscetíveis a percolação/infiltração de fluido. Adicionalmente, atividades como cultura de eucalipto, curtimento, distribuição de combustíveis, fabricação de bebidas, dentre outras comuns a centros urbanos, são os potenciais aspectos ambientais que favorecem à degradação do solo e da água subterrânea local.

O trabalho integra dois estudos realizados na região: (i) um de caráter regional – **Estudo de caso 01**, em que os ensaios geoeletricos foram executados no perímetro urbano do município de Alagoinhas e entorno; e (ii) outro de detalhe – **Estudo de caso 02**, em que os ensaios foram tomados no entorno de um autoposto e de uma salgadeira contíguos a um poço tubular produtor,

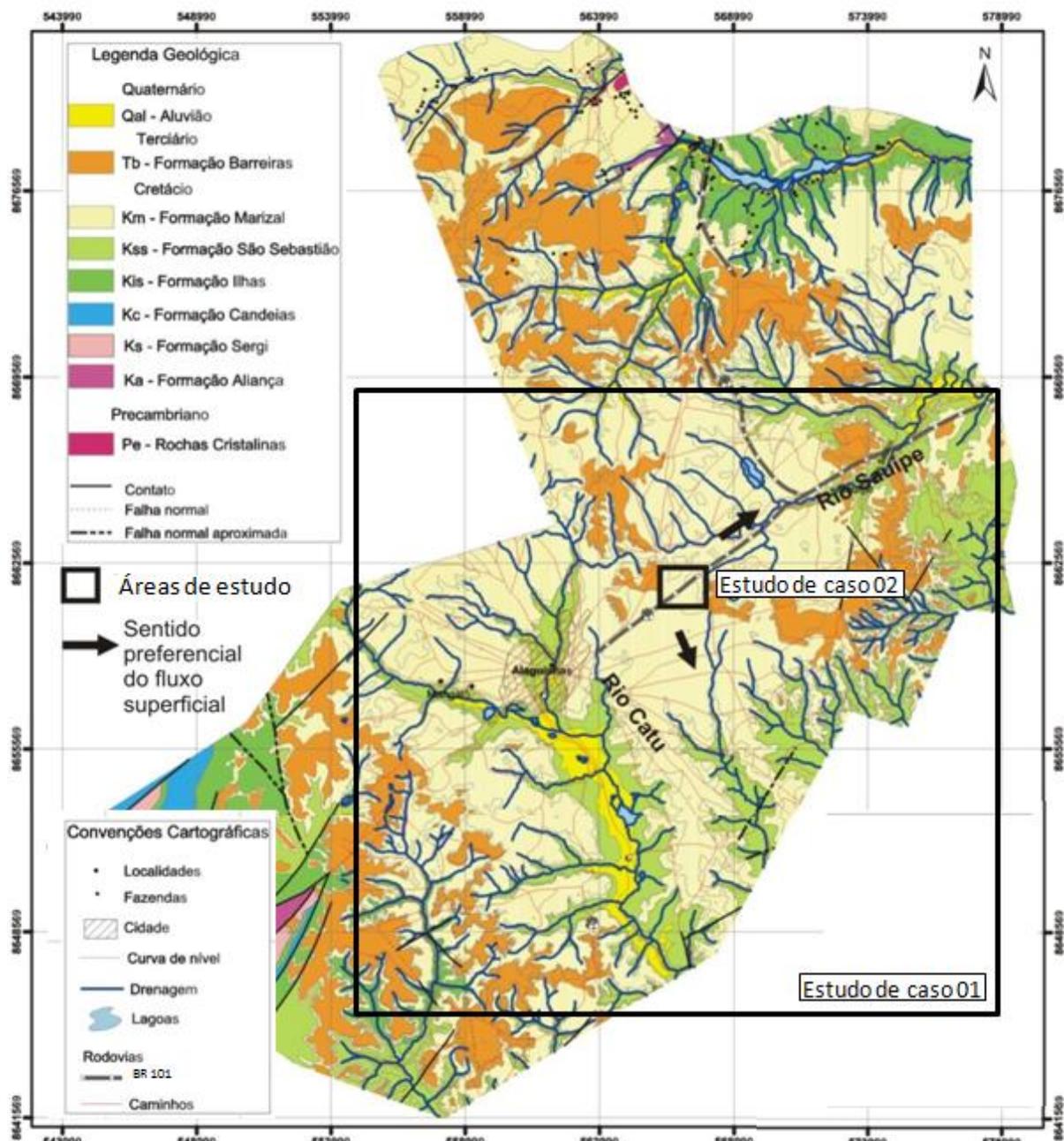
mantido pelo SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), que abastece a população local e entorno para os mais variados fins.

### 3. GEOLOGIA DA ÁREA

A região de Alagoinhas se localiza na bacia sedimentar do Recôncavo Norte. Sua cobertura é composta, além de depósitos quaternários, por sedimentos constituintes das formações Barreiras, Marizal e São Sebastião. Esta última contém um dos aquíferos mais importantes do estado da Bahia. Ocorre também, em pequenas proporções, afloramentos das formações Candeias e Sergi, principalmente no sudoeste da região (**Figura 01**).

Os sedimentos Quaternários constituem sistemas de deposição recentes de origem fluvial e eólica. A Formação Barreiras (Plioceno) constitui um sistema combinado de deposição fluvial e de leques aluviais. Compõe-se de areias finas a grossas, argilas cinza avermelhadas, roxas e amareladas, ocorrendo sob a forma de extensos tabuleiros ligeiramente inclinados em direção à costa. A Formação Marizal (Cretáceo Inferior) constitui um sistema de deposição do tipo fluvial e de leques aluviais originados da erosão do embasamento cristalino. Recobrem, em discordância erosiva, os arenitos da Formação São Sebastião. Compõe-se de arenitos grosseiros com estratificação cruzada de médio a grande porte, amarelados a avermelhados, intercalados com conglomerados com grãos de quartzo e fragmentos de rocha mal selecionados. A Formação São Sebastião (Cretáceo Inferior) com espessura que pode chegar a 3.000 m é constituída por arenitos quartzosos mal selecionados, amarelo-avermelhados, friáveis, feldspáticos, intercalados com argilas sílticas variegadas (Ghignone, 1979). Esta formação é bastante importante por conter uma importante reserva de água subterrânea da Bacia do Recôncavo, ocupando uma área aproximadamente de 7.000 km<sup>2</sup>.

A **Figura 01** apresenta o mapa geológico da região de Alagoinhas, Bahia. Nela, podem-se observar as ocorrências geológicas superficiais e a localização das áreas dos estudos regional (Estudo de caso 01 – retângulo maior, em destaque) e de detalhe (Estudo de caso 02 – retângulo menor, em destaque). Observa-se também que o fluxo superficial mais a norte é regido pelo curso do rio Sauípe (sentido regional NE), e a sul, pelo rio Catu (sentido regional SE).



**Figura 01** – Representação esquemática do mapa geológico de Alagoas/BA. Em destaque, as respectivas áreas do estudo regional (Estudo de caso 01) e do estudo detalhado (Estudo de caso 02).

#### 4. MÉTODO GEOELÉTRICO

O método geoeletrico por eletroresistividade, ou método eletroresistivo, é um método geofísico que permite investigar o meio em subsuperfície com base no contraste da propriedade elétrica de resistividade presente nos materiais geológicos e/ou geotécnicos diversos (KOEFOED, 1979). Basicamente, o procedimento deste método consiste em introduzir, por meio de uma fonte artificial e de eletrodos, uma corrente elétrica no terreno, e medir a diferença de potencial elétrico

proporcionada (TELFORD et al., 1990). Após um tratamento e processamento de dados em *softwares* específicos, é possível determinar a resistividade e o comportamento geométrico da subsuperfície. Seus resultados são expressos em forma de curvas, mapas, perfis e/ou seções, que, interpretativamente, oferecem informações de interesses geológico, geotécnico, geoambiental e hidrogeológico. O mesmo é muito requisitado em estudos hidrogeofísicos, na caracterização e avaliação geoambiental e hidrogeológica do meio aquífero. Dentre as informações possíveis de serem levantadas com uso desse método, destacam-se: a profundidade do nível estático e do substrato, o sentido de fluxo hídrico subterrâneo, contatos litológicos e estruturas geológicas (falhas/fraturas), ocorrência de plumas de contaminação, dentre outras. As vantagens de utilização são a não invasão ao terreno (o que resgata a concepção da sustentabilidade no uso e operação), a versatilidade e relativa rapidez de execução, o grande volume de dados adquiridos em relativo curto espaço de tempo e a redução de custos e de tempo de serviço quando comparado aos métodos convencionais.

## 5. INSTRUMENTAÇÃO

O equipamento utilizado para a aquisição geométrica foi o eletroresistivímetro modelo Syscal R2 da Iris Instruments (França), pertencente ao CPGG/UFBA. Tal equipamento pode ser configurado para realizar leituras simultâneas de resistividade e cargabilidade aparentes. O mesmo é composto por duas unidades, uma transmissora (de corrente elétrica) e outra receptora (de potencial elétrico). Uma bateria de 12 V atuou como fonte de alimentação junto a um conversor DC-DC de 250 W, que fornece saída máxima de até 800 V. Cabos, carretéis e eletrodos de aço também compuseram o conjunto de aparatos utilizados em campo.

## 6. AQUISIÇÃO DOS DADOS

A aquisição dos dados geométricos do estudo regional (**Estudo de caso 01**) deu-se nos meses de fevereiro, abril, agosto e outubro do ano de 2007; e do estudo de detalhe (**Estudo de caso 02**), nos meses de outubro de 2009 e fevereiro de 2010. Para cada campanha realizada, foram demandados 10 dias de campo, aproximadamente.

O estudo regional (**Estudo de caso 01**) foi constituído por 62 sondagens elétricas verticais (SEVs) distribuídas ao longo das principais rodovias e vias de acesso do município. O estudo de detalhe (**Estudo de caso 02**) foi constituído por 56 sondagens elétricas verticais (SEVs) distribuídas linearmente em 05 transectos paralelos no entorno de um posto de combustíveis e de uma

salgadeira contíguos a um poço tubular. Os dados foram obtidos por meio da aplicação da técnica de sondagem elétrica vertical, utilizando o arranjo *Schlumberger* com espaçamento máximo entre os eletrodos de corrente (AB) de 2000 m (**Estudo de caso 01**) e 600 m (**Estudo de caso 02**), conforme a configuração de multi-sondagens elétricas verticais. Os centros das SEVs foram tomados em coordenadas UTM's por meio do uso de um GPS. O posicionamento dos eletrodos no terreno era realizado por dois auxiliares de campo conforme comunicação estabelecida via rádios. Uma solução de água e sal era empregada na região em que os eletrodos eram introduzidos no terreno, a fim de reduzir a resistência de contato, permitindo ser injetado um maior fluxo de corrente no meio examinado. Os dados de resistividade aparente foram adquiridos a partir de uma média de 10 medidas, empregando corrente contínua de forma quadrada com chaveamento e tempo de duração de 2 s. Os dados foram gravados na memória do equipamento, anotados em tabela e plotados num gráfico bilogarítmico de resistividade em função do espaçamento AB/2, possibilitando estabelecer um controle (*in situ*) da qualidade dos dados e do grau de suavidade da curva de campo.

## 7. PROCESSAMENTO DOS DADOS

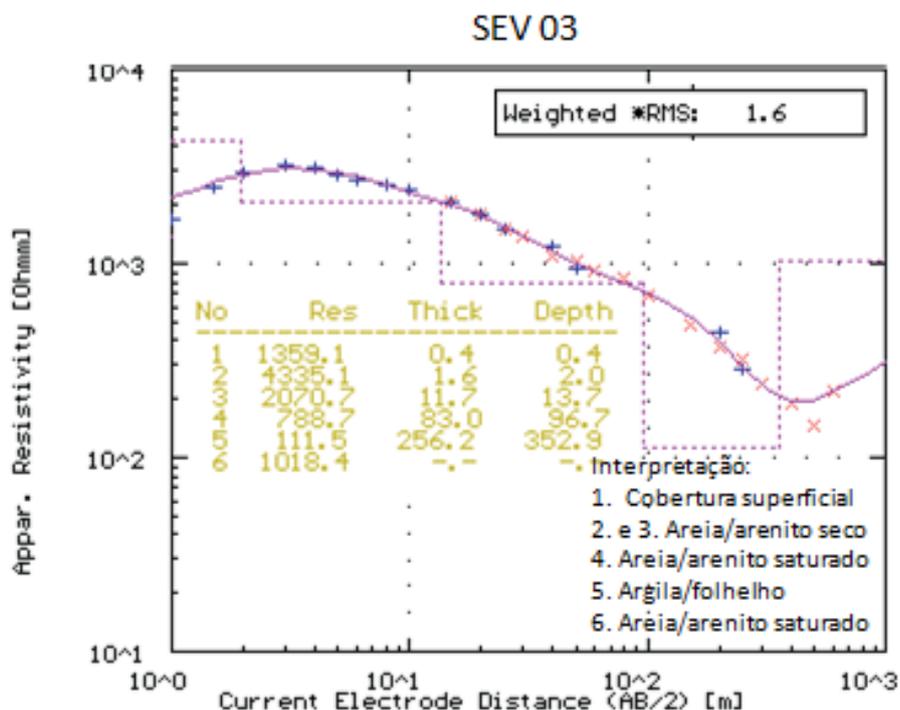
Os dados das sondagens elétricas verticais de ambos os estudos de caso passaram por alguns procedimentos de suavização e redução de erros, objetivando garantir maior confiabilidade nas interpretações. Em algumas SEVs foi preciso transladar ramos de curvas de mesmo MN deslocados por efeitos de variação lateral de resistividade, que ocorrem com a mudança de MN durante o procedimento de embreagem, que consiste em incrementar o espaçamento entre os eletrodos de potencial, devido à queda de potencial elétrico proporcionada pelo incremento das distâncias entre os eletrodos de corrente durante a aquisição. Também foi preciso descartar pontos anômalos, conhecidos como *bad points*. Os dados foram processados com auxílio de *softwares* geofísicos específicos. Os mapas e seções de isocontornos de resistividade aparente foram construídos usando o SURFER 8.0. Nas inversões unidimensionais, foram utilizados os programas RES1D e RESIST 1.0, de forma sucessiva, utilizando como modelo inicial no RESIST 1.0 as estimativas feitas sobre o número, espessura e resistividade das camadas obtidos pelo programa RES1D através de uma inversão automática. Nessa opção o RES1D gera um modelo invertido com um número de camadas igual ao número de pontos da SEV. Combinando camadas de resistividades próximas entre si, o intérprete constrói um modelo inicial para a inversão no software RESIST 1.0, com melhor convergência de inversão. As inversões bidimensionais foram efetuadas com o pacote RES2DINV,

sendo que os resultados foram salvos no formato XYZ e posteriormente interpolados por kringagem utilizando o SURFER 8.0.

## 8. RESULTADOS

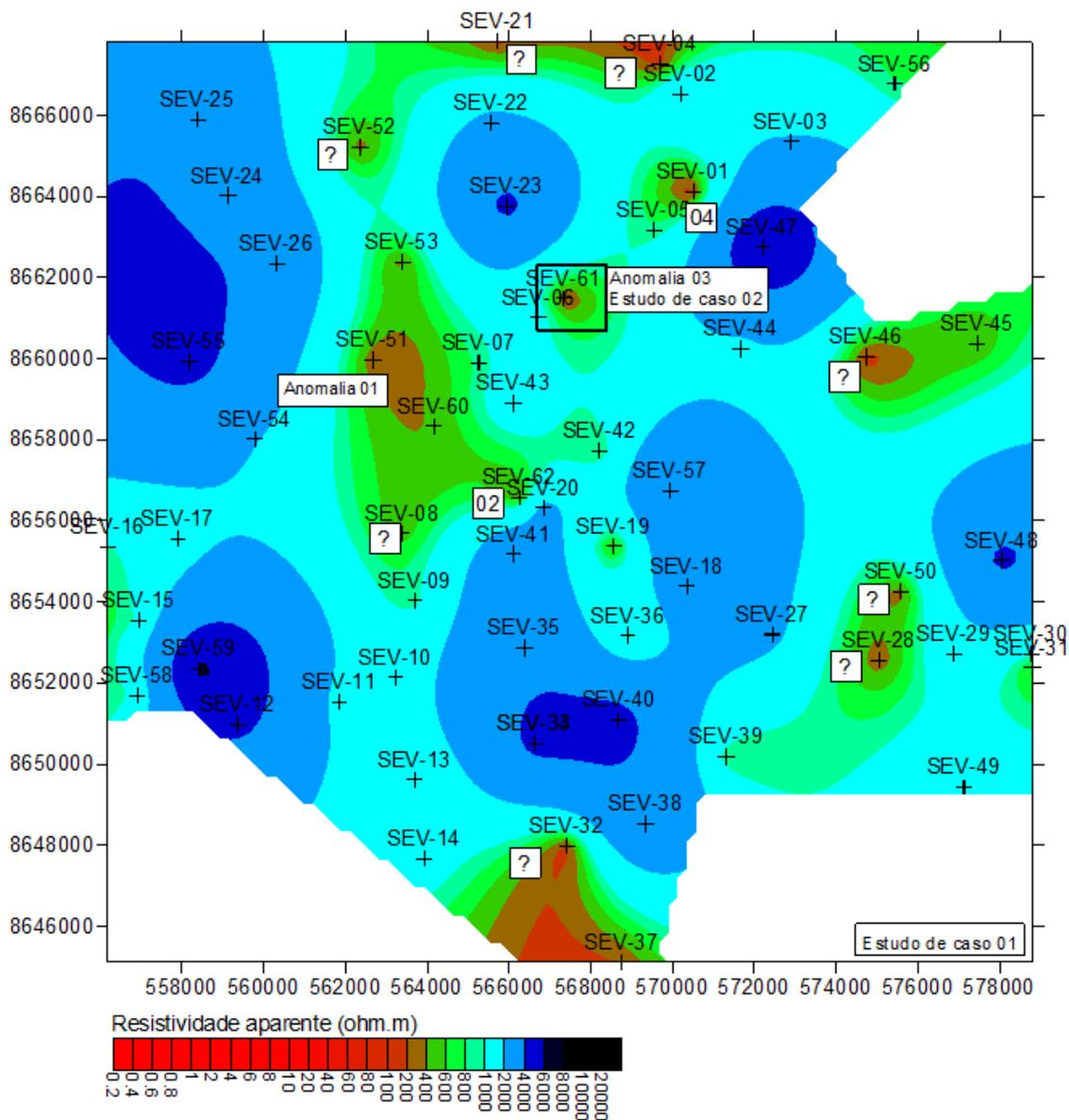
### 8.1. Estudo de caso 01

A **Figura 02** exibe um exemplo de um perfil de sondagem elétrica vertical (SEV) da área de estudo invertido unidimensionalmente. Em detalhe, os pontos medidos/observados em campo, a curva de regressão com erro de 1.6% e as interpretações atribuídas às camadas, com os respectivos valores de resistividade elétrica e profundidade. A partir dela, pode-se inferir que o lençol freático encontra-se a aproximadamente 14 m de profundidade na área, e que uma possível camada de argila ou folhelho a aproximadamente 100 m de profundidade separa as unidades aquíferas superior livre e inferior semiconfinada da Formação São Sebastião.



**Figura 02** – SEV 03 invertida unidimensionalmente.

O mapa de contornos da **Figura 03** construído a partir da interpolação dos valores de resistividade aparente das SEVs em AB/2 igual a 15 m, apresenta, qualitativamente, a distribuição da resistividade elétrica do solo e da água subterrânea do município de Alagoinha e entorno a 7,0 m de profundidade, aproximadamente.



**Figura 03** – Mapa de isorresistividade aparente do município de Alagoinhas e entorno.

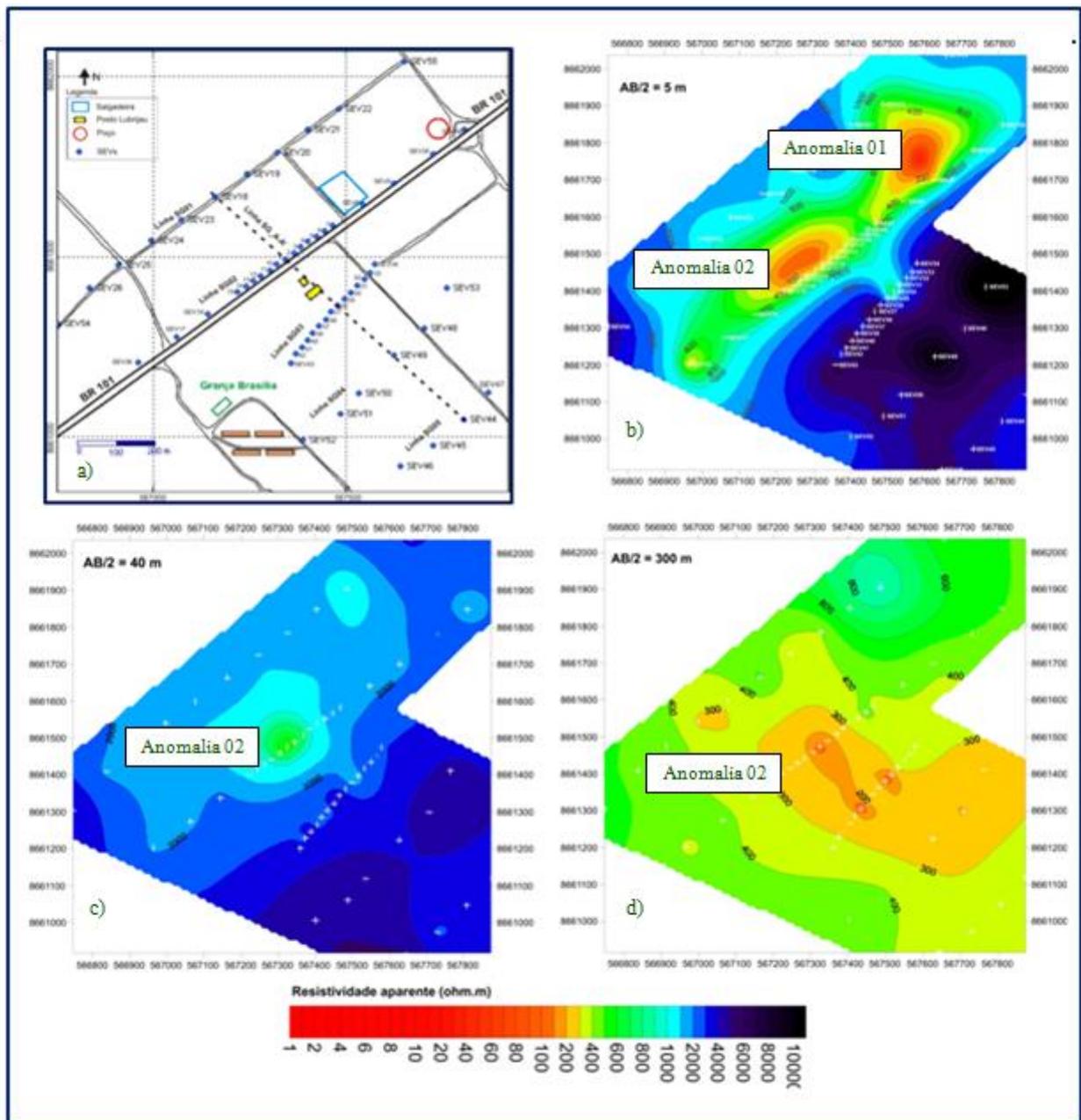
De modo geral, o estudo geolétrico regional (**Estudo de caso 01**) permitiu construir um modelo estrutural do sistema aquífero Marizal-São Sebastião do município de Alagoinhas, Bahia, o qual foi inferido ser constituído por duas unidades aquíferas (**Figura 02**): uma superior livre e outra inferior semiconfinada, separadas por uma camada de argila ou folhelho. Também permitiu cartografar a distribuição das várias anomalias condutivas do solo e água subterrânea da região, assinaladas na cor vermelho, as quais refletem possíveis influências de contaminantes oriundos de atividades diversas (**Figura 03**): (i) a anomalia 01, centrada nas imediações do centro urbano da cidade, está associada a efluentes contaminantes urbanos, em sua maioria, esgotos. Essa anomalia foi investigada num trabalho de investigação geofísica geolétrica realizado por Ribeiro (2008); (ii) a anomalia 02, adjacente ao perímetro urbano, está associada às atividades do cemitério municipal. Trata-se de contaminação por pluma de necrochorume. Essa anomalia foi investigada com detalhe

por Amarantes (2013), em um estudo também geoeletrico; (iii) a anomalia 03, locada na BR 101, a NE do perimetro urbano, sentido Entre Rios, esta relacionada a atividades de um posto de combustiveis e servicos, posto Lubrijau. Esta pluma foi escolhida para ser tratada neste trabalho, como exemplo de investigacao detalhada, **Estudo de caso 02**, apresentado adiante; (iv) a anomalia 04, tambem locada na BR 101, sentido Entre Rios, esta associada a sobreposicao de diversas fontes contaminantes: das atividades de um antigo lixao e do atual aterro municipal, da atividade de um curtume (da empresa BRESPEL) e de um autoposto. Essa anomalia foi investigada por Pereira (2004). Silva (2011) tambem realizou estudos geofisicos no entorno; (v) outras anomalias condutivas, denotadas por interrogacoes, as quais nao lhe foram atribuidas fontes de contaminacao, por nao terem sido observados potenciais atividades/processos de relevancia proximos a elas. Estas podem estar associadas a contaminantes de fontes desconhecidas, a atividades agropastoris, por exemplo. Tambem, a possiveis influencias de argilas ou folhelhos, ou a possiveis acumulos de agua. Estes locais devem ser investigados com maior detalhe para dirimir interpretacoes ambigüas ou precipitadas e garantir maior conhecimento da condicao geoambiental da regioao. Portanto, estudos complementares devem ser idealizados e dirigidos nesse sentido.

## 8.2. Estudo de caso 02

O estudo geoeletrico de detalhe (**Estudo de caso 02**) investigou com detalhe a anomalia 03 (da **Figura 03**) apontada pelo estudo regional (**Estudo de caso 01**) a qual esta associada a plumas de contaminacao oriundas de um posto de combustiveis e servicos (posto Lubrijau) e de uma salgadeira, localizados ao longo da BR 101, sentido Entre Rios, a NE do perimetro urbano.

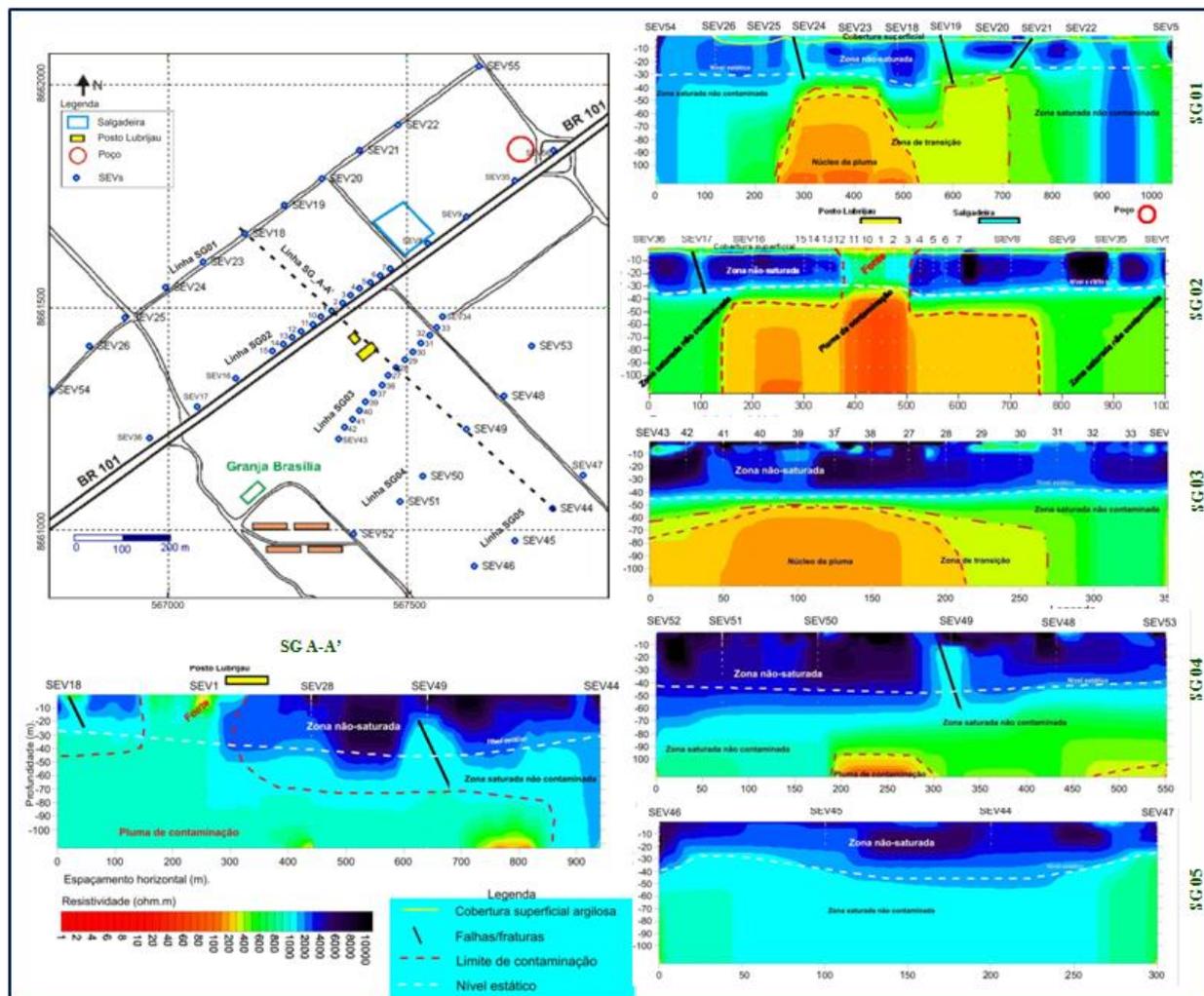
A **Figura 04** apresenta a area de estudo, o croqui do levantamento de dados e os mapas de isorresistividade aparente. A anomalia 01 (**Figura 04b**) esta associada a possiveis processos incipientes de contaminacao oriundos das atividades da salgadeira. Essa pluma e rasa e ocupa porcoes mais superficiais do solo. Na mesma figura, a anomalia 02 esta associada a possivel pluma de contaminacao oriunda das atividades do autoposto. Nota-se que esta anomalia persiste nos mapas de maiores valores de  $AB/2$ , conseqüentemente, maiores profundidades (**Figura 04b e c**), atingindo o lençol freatico e migrando no sentido do fluxo subterraneo (SE) (**Figura 04d**).



**Figura 04** – Mapas de isorresistividade aparente do entorno do autoposto Lubrijau.

Na **Figura 05**, são apresentadas as seções geoeletricas invertidas bidimensionalmente. A partir das SEVs, construíram-se 06 transectos. O modelo geral interpretado sugere que o nível estático varia em torno de 30 a 45 m na área. Também sugere a ocorrência de estruturas geológicas (falhas/fraturas) e/ou variações da heterogeneidade do material. Os resultados demonstram que a pluma (anomalia marcada em vermelho a laranja) oriunda das atividades do posto migrou verticalmente, além do lençol freático. A mesma ocorre a profundidades superiores a 110 m, flui em sentido SE, possui geometria elipsoidal, apresenta comprimento longitudinal de 850 m e transversal de 600 m, aproximadamente. A natureza condutiva e o comportamento da anomalia inferem que a origem do contaminante está associada a processos de lançamentos de esgotos do autoposto

Lubrijau e não a processos de vazamentos ou derrames de combustíveis e/ou óleos. Essa pluma ainda não atingiu o poço de extração mantido pelo SAAE localizado a aproximadamente 550 m a NE do autoposto, devido ao fluxo principal ser em sentido SE. Todavia, o processo de difusão pode favorecer à invasão de componente da pluma contaminante ao poço e comprometer a qualidade da água por ele extraída e consequentemente a vida e a saúde das pessoas que se abastecem dela e que a utilizam para os mais variados usos e consumos.



**Figura 05** – Seções geoeletricas invertidas de resistividade do entorno do autoposto Lubrijau .

Em suma, os resultados contribuíram para construir o modelo hidrogeológico e geoambiental do município de Alagoinhas o qual pode servir de subsídio para tomadas de decisões e ações até mesmo de remediação ou monitoramento da qualidade do solo e água subterrânea local, dentre outras providências. Tais estudos surgem como potenciais ferramentas para a caracterização e avaliação hidrogeofísica, podendo ser adotados como modelos para auxílio da gestão ambiental do solo e das águas subterrâneas em outros municípios.

## 9. CONCLUSÕES

O método geofísico geoeletrico eletroresistivo mostrou-se eficaz na determinação do nível estático e do sentido do fluxo subterrâneo; na construção do modelo geológico e hidrogeológico da região; e no mapeamento de plumas de contaminação;

Os produtos gerados são tabelas, perfis, seções e mapas que, interpretativamente, caracterizam o terreno quantitativa e qualitativamente;

As vantagens de utilização do método são a não invasão ao terreno, a versatilidade e relativa rapidez de execução, o grande volume de dados adquiridos em relativo curto espaço de tempo, a redução de custos e de tempo de serviço e aos sucedidos resultados alcançados disponíveis na literatura;

Os estudos geoeletricos regional e de detalhe apresentados configuram-se como potenciais exemplos de investigação hidrogeofísica. Em suma, os resultados contribuíram para construir o modelo hidrogeológico e geoambiental do município de Alagoinhas o qual pode servir de subsídio para tomadas de decisões e ações até mesmo de remediação ou monitoramento da qualidade do solo e água subterrânea local, dentre outras providências. Tais estudos surgem como potenciais ferramentas de investigação, plausíveis de serem adotados como instrumento para auxílio da gestão ambiental do solo e das águas subterrâneas em outros municípios.

## 10. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal da Bahia, pelas instalações e recursos disponibilizados;

Ao Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA/UFBA) e ao Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (CPGG/UFBA), pelo apoio infraestrutural, logístico e técnico-científico;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela disponibilidade de bolsas de estudo.

## 11. REFERÊNCIAS

AMARANTES, E. M. S. (2013) **Avaliação geofísica da contaminação subterrânea no entorno do cemitério municipal de Alagoinhas-BA**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador. <http://www.pggeofisica.ufba.br/dissertacoes>

- GHIGNONE, J. I., (1979) **Geologia dos Sedimentos Fanerozóicos do Estado da Bahia**, in: Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia, Textos Básicos, SME/COM, 1.
- KOEFOED, O. (1979) **Geosounding principles: Resistivity sounding measurements**, Elsevier, Amsterdam.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente (2007) **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**, Brasília.
- PEREIRA, P. A. (2004) **Alterações ambientais causadas por depósito de lixo urbano e curtume no município de Alagoinhas, Bahia**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Bahia.
- PORCIÚNCULA, R. J. (2007) **Aplicação do método eletrorresistivo na avaliação ambiental da região de Alagoinhas, Bahia**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador. <http://www.cpgg.ufba.br/gr-geof/>
- PORCIÚNCULA, R. J. P. (2011) **Avaliação Geofísica da contaminação subterrânea em posto de combustíveis e serviços, Alagoinhas-BA**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil. <http://www.pggeofisica.ufba.br/dissertacoes>
- PORCIÚNCULA, R. J. e LIMA, O. A. L. (2012) **Goelectric Evaluation of Subsurface Contamination at a Gas and Service Station, Alagoinhas, BA, Brazil**. Revista Brasileira de Geofísica, 30(2), 201-212. [file:///C:/Users/roger/Downloads/108-293-1-SM%20\(1\).PDF](file:///C:/Users/roger/Downloads/108-293-1-SM%20(1).PDF)
- RIBEIRO, G. L. (2008) **Avaliação geolétrica da contaminação urbano-industrial do aquífero Recôncavo no entorno de Alagoinhas, Bahia**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador. <http://www.cpgg.ufba.br/gr-geof/>
- SEI (1999) Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, **Análise de Atributos Climáticos do Estado da Bahia**.
- SILVA, R. T. S. (2011) **Contaminação do subsolo no entorno de um posto de abastecimento de combustíveis e serviços, município de Alagoinhas, Bahia, avaliada por IP-resistividade**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador. <http://www.cpgg.ufba.br/gr-geof/>
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. E KEYS, D. A., (1990) **Applied Geophysics**, Cambridge Un. Press, Cambridge.