

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS E
SUSTENTABILIDADE 3**



Atena
Editora
Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

**Gestão de Recursos Hídricos e
Sustentabilidade**
3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 3 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-667-6 DOI 10.22533/at.ed.676192709 1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 343.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 50 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. A importância dos estudos

dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ADEQUAÇÃO DE TELHADOS VERDES EXTENSIVOS PARA A CIDADE DE CARUARU-PE BASEADA NA MÉDIA DE PRECIPITAÇÕES CHUVOSAS	
José Floro de Arruda Neto Armando Dias Duarte Íalysson da Silva Medeiros Gustavo José de Araújo Aguiar Gilson Lima da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6761927091	
CAPÍTULO 2	9
ANÁLISE DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHO DE AR CONDICIONADO VISANDO O SEU REAPROVEITAMENTO	
Ideana Machado de Carvalho Ideane Machado Teixeira de Sousa André Luiz da Silva Santiago Elisabeth Laura Alves de Lima Valderice Pereira Alves Baydum	
DOI 10.22533/at.ed.6761927092	
CAPÍTULO 3	17
ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ	
Mariana Fontenele Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.6761927093	
CAPÍTULO 4	24
PROJETO DE SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS	
Daniel Kiyomasa Nakadomari Deividi Lucas Paviani Osmar Amaro Rosado William Freitas Petrangelo Camila Brandão Nogueira Borges Camila Fernanda de Paula Oliveira Paulo Sergio Germano Carvalho Daniel Lyra Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.6761927094	
CAPÍTULO 5	34
QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO NOS BEBEDOUROS DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE, CAMPUS ARACAJU	
Rafaella Santos Coutinho Zacarias Caetano Vieira Carina Siqueira de Souza Carlos Gomes da Silva Júnior Daniel Luiz Santos Any Caroliny Dantas Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6761927095	

CAPÍTULO 6	39
DEMANDA ESPECÍFICA DE ÁGUA EM PRÉDIOS PÚBLICOS: VERIFICAÇÃO DE SUPERESTIMAÇÃO DE VALORES UTILIZADOS NO MEIO TÉCNICO PARA DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - ESTUDO DE CASO	
Marcelo Coelho Lanza Maria da Glória Braz	
DOI 10.22533/at.ed.6761927096	
CAPÍTULO 7	51
ANÁLISE ENTRE VAZÃO DE PROJETO E VAZÃO DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	
Angelis Carvalho Menezes Michelli Ferreira de Oliveira Luciana Coêlho Mendonça	
DOI 10.22533/at.ed.6761927097	
CAPÍTULO 8	61
ANÁLISE DAS SOBREPRESSÕES E SUBPRESSÕES NA ADUTORA DO POXIM, PROPONDO DISPOSITIVOS ALTERNATIVOS DE MANUTENÇÃO DO GOLPE DE ARIETE	
Abraão Martins do Nascimento Keila Giordany Sousa Santana Paulo Eduardo Silva Martins Nayara Bezerra Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.6761927098	
CAPÍTULO 9	68
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN E ÁGUAS ALTERNATIVAS DE ALMINO AFONSO-RN EM SEUS MÚLTIPLOS USOS	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael Larissa Janyele Cunha Miranda Rokátia Lorrany Nogueira Marinho Renata de Oliveira Marinho Antonio Ferreira Neto Mônica Monalisa Souza Valdevino Lígia Raquel Rodrigues Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6761927099	
CAPÍTULO 10	77
ÁREAS PRESERVADAS E QUALIDADE DA ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA REMONTA NO RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA/MG	
Geisa Dias Gaio Pedro José de Oliveira Machado	
DOI 10.22533/at.ed.67619270910	
CAPÍTULO 11	89
CONTRIBUIÇÃO DA GEOFÍSICA PARA A HIDROGEOLOGIA DA APA GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS	
Giancarlo Lastoria	

Guilherme Henrique Cavazzana
Andresa Oliva
Sandra Garcia Gabas
Chang Hung Kiang

DOI 10.22533/at.ed.67619270911

CAPÍTULO 12 96

ESPACIALIZAÇÃO POR INTERPOLADOR KERNEL DA POTENCIALIDADE DE
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO LESTE DO ESTADO
DE SERGIPE

Kisley Santos Oliveira
Thais Luiza dos Santos
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.67619270912

CAPÍTULO 13 107

INUNDAÇÕES E USOS DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SESMARIA,
RESENDE/RJ

Angel Loo
Pedro José de Oliveira Machado

DOI 10.22533/at.ed.67619270913

CAPÍTULO 14 120

ANÁLISE HIDROMORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA DO RIACHO DO SERTÃO NA
REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPU – AL

Luana Kívia Lima de Paiva
Lucas Araújo Rodrigues da Silva
Thiago Alberto da Silva Pereira

DOI 10.22533/at.ed.67619270914

CAPÍTULO 15 127

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO
METROPOLITANA DO CARIRI - CEARÁ

Ana Beatriz Nunes Oliveira
Diego Arrais Rolim Andrade de Alencar
Edson Paulino de Alcântara
Thamires Figueira da Penha Lima Gonçalves
Sávio de Brito Fontenele

DOI 10.22533/at.ed.67619270915

CAPÍTULO 16 139

APLICAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA MOLECULAR E REDE NEURAL DE KOHONEN
PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA
PRESENTE NOS RIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SERGIPE E
SÃO FRANCISCO

Adnivia Santos Costa Monteiro
Erik Sartori Jeunon Gontijo
Igor Santos Silva
Carlos Alexandre Borges Garcia
José do Patrocínio Hora Alves

DOI 10.22533/at.ed.67619270916

CAPÍTULO 17	150
MÉTODO GEOELÉTRICO - POTENCIAL INSTRUMENTO PARA AUXÍLIO DA GESTÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: ESTUDOS DE CASO, ALAGOINHAS, BAHIA	
Rogério de Jesus Porciúncula Olivar Antônio Lima de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.67619270917	
CAPÍTULO 18	162
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS	
Isabel Cristina Lopes Dias Antonio Carlos Leal de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.67619270918	
CAPÍTULO 19	173
A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA	
Augusto Nobre Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.67619270919	
CAPÍTULO 20	182
OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA	
Marcela Almeida Alves Marcos Rodrigues Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.67619270920	
CAPÍTULO 21	197
AVALIAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DA ZONA NORTE DO MUNICÍPIO DE ARACAJU-SERGIPE ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E BTEX	
Carlos Alexandre Borges Garcia Nathália Krissi Novaes Oliveira Helenice Leite Garcia Ranyere Lucena de Souza Silvânio Silvério Lopes da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.67619270921	
CAPÍTULO 22	207
DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SEGUNDO PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DO DISTRITO DE MARACAJÁ EM NOVO REPARTIMENTO-PA	
Agnes da Silva Araújo Lucas Nunes Franco Davi Edson Sales e Souza Raisa Rodrigues Neves Vanessa Conceição dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.67619270922	

CAPÍTULO 23	217
INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Fernando Ernesto Ucker Maria Clara Veloso Soares Rosa	
DOI 10.22533/at.ed.67619270923	
CAPÍTULO 24	229
O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO: CASO DE ESTUDO EM UM MUNICÍPIO RIBEIRINHO E EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO PIAUÍ	
Bruna Peres Battemarco Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira Osvaldo Moura Rezende Ana Caroline Pitzer Jacob Matheus Martins De Sousa Luiza Batista De França Ribeiro Paulo Canedo de Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.67619270924	
CAPÍTULO 25	243
ANÁLISE QUANTITATIVA DA VEGETAÇÃO CILIAR DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA E DO RIO MUQUI DO NORTE - TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE MUQUI (ES)	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Vinicius Rocha Leite Gabriel Adão Zechini da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.67619270925	
CAPÍTULO 26	255
AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UMA BACIA CONTRIBUINTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
Valdeci Antônio de Oliveira Daniela Maimoni de Figueiredo Simoni Maria Loverde Oliveira Ibraim Fantin-Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.67619270926	
SOBRE O ORGANIZADOR	275
ÍNDICE REMISSIVO	276

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

Rogério de Jesus Porciúncula

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Núcleo de Estudos de Impactos da Mineração (NEIM)
Santo Amaro, Bahia

Olivar Antônio Lima de Lima

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada
Salvador, Bahia

RESUMO: Dois estudos de caso 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, 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,

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.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogeofísica, gestão de solo e águas subterrâneas.

GEOELECTRIC METHOD – POTENTIAL INSTRUMENT FOR AID TO MANAGEMENT OF SOIL AND UNDERGROUND WATER RESOURCES: CASE STUDIES, ALAGOINHAS, BAHIA

ABSTRACT: Two 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: 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.

KEYWORDS: Hidrogeophysic, soil and groundwater manegement.

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, auxiliando nas tomadas de decisão para melhor gestão das águas subterrâneas e uso e ocupação do solo.

O método 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. 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 apoio para a gestão do solo e dos recursos hídricos subterrâneos, a partir da apresentação de dois estudos de caso realizados no município de Alagoinhas, Bahia.

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 km². 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).

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) e de detalhe (Estudo de caso 02 – retângulo menor). 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).

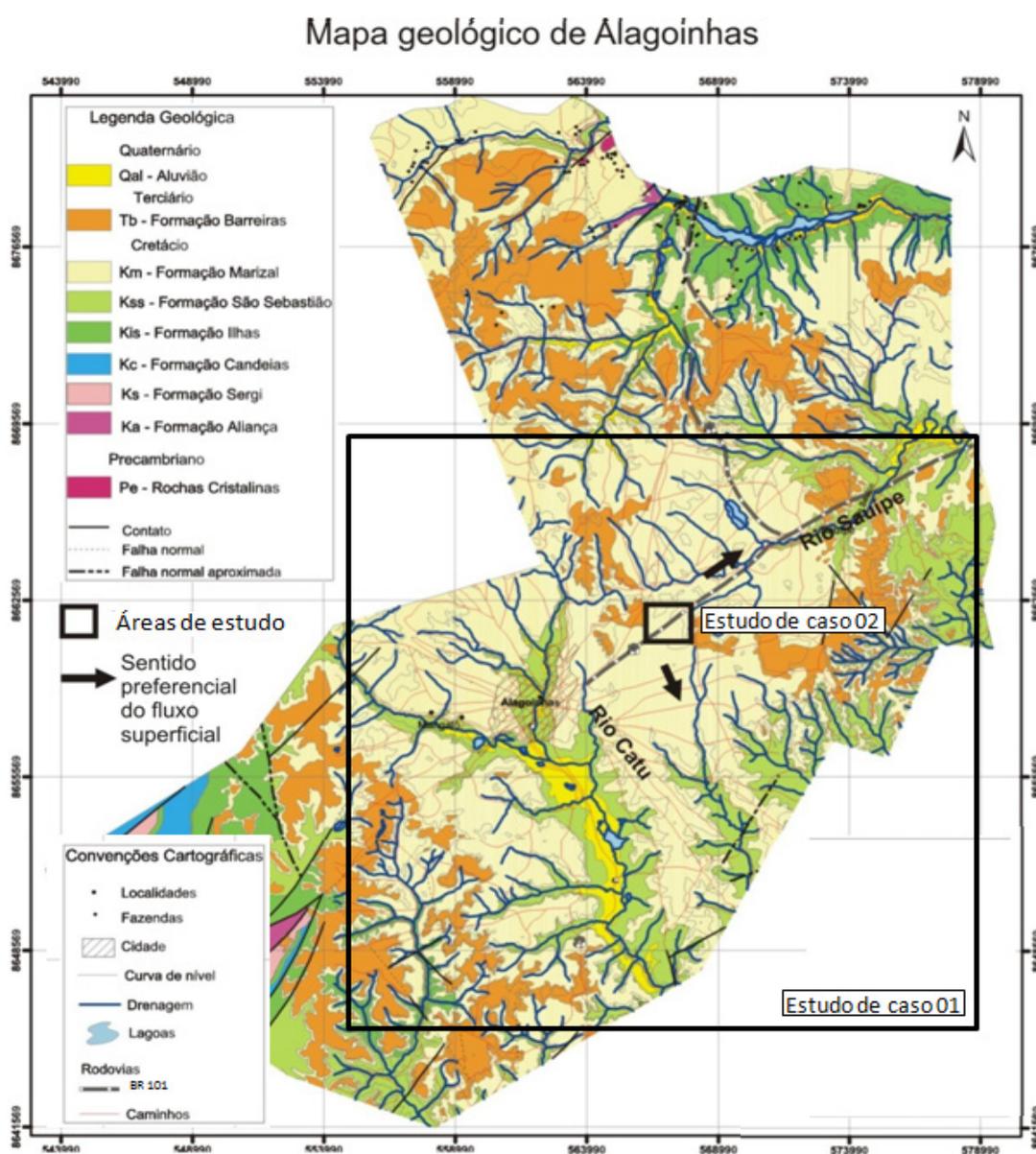


Figura 01 – Representação esquemática do mapa geológico de Alagoinhas/BA. Em destaque, as respectivas áreas de estudo (regional e de detalhe).

4 | MÉTODO GEOELÉTRICO

O método geoeletrico (eletrorresistividade) 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 geoeletrico 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. As vantagens de utilização 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 e a redução de custos e de tempo de serviço quando comparado aos métodos convencionais.

5 | AQUISIÇÃO DOS DADOS

O equipamento utilizado para a aquisição geoeletrica foi o eletrorresistímetro modelo Syscal R2 da Iris Instruments (França), pertencente ao CPGG/UFBA. 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.

A aquisição dos dados geoeletricos 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.

6 | PROCESSAMENTO DOS DADOS

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.

7 | RESULTADOS

7.1 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.

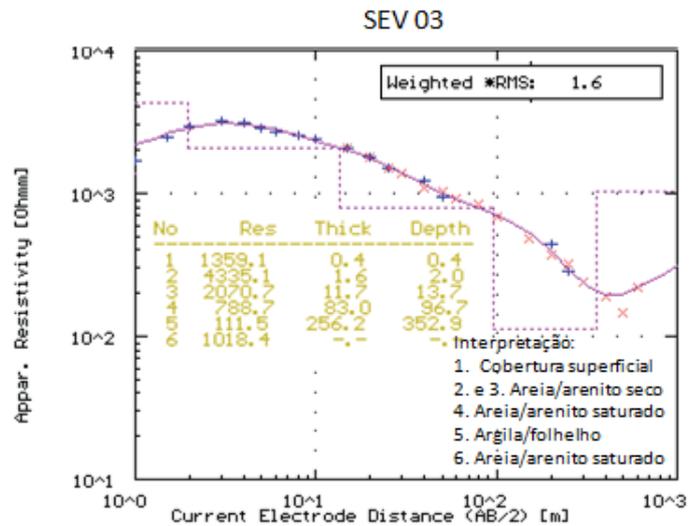


Figura 02 – Exemplo de SEV invertida unidimensionalmente.

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.

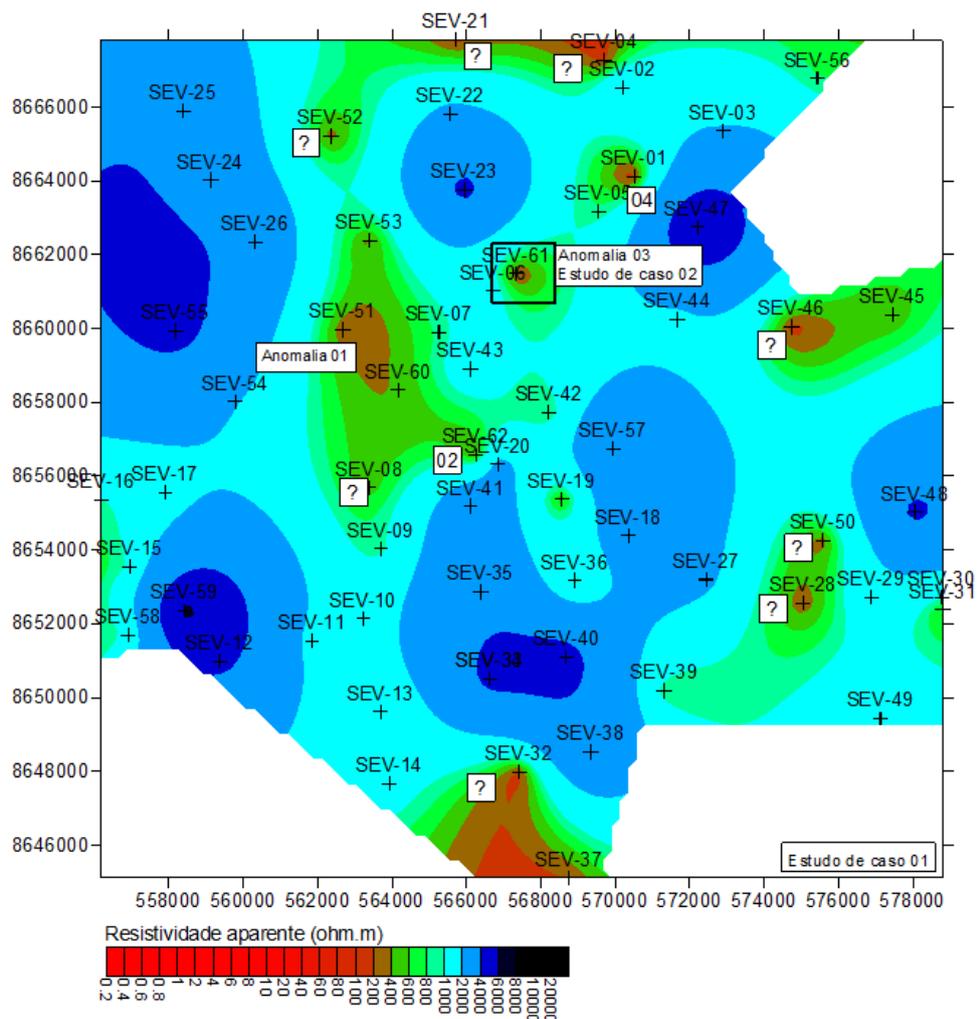


Figura 03 – Mapa de isoresistividade aparente do município de Alagoinhas e entorno.

De modo geral, o estudo geoeletrico regional (Estudo de caso 01) permitiu construir um modelo estrutural do sistema aquifero Marizal-São Sebastião do município de Alagoinhas, Bahia, o qual foi inferido ser constituído por duas unidades aquiferas: 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 geoeletrica 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 perímetro urbano, sentido Entre Rios, está relacionada a atividades de um posto de combustíveis e serviços, posto Lubrijau. Esta pluma foi escolhida para ser tratada neste trabalho, como exemplo de investigação detalhada, Estudo de caso 02, apresentado adiante; (iv) a anomalia 04, também locada na BR 101, sentido Entre Rios, está associada à sobreposição de diversas fontes contaminantes: das atividades de um antigo lixão 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) também realizou estudos geofísicos no entorno; (v) outras anomalias condutivas, denotadas por interrogações, as quais não lhe foram atribuídas fontes de contaminação, por não terem sido observados potenciais atividades/processos de relevância próximos a elas. Estas podem estar associadas a contaminantes de fontes desconhecidas, a atividades agropastoris, por exemplo. Também, a possíveis influências de argilas ou folhelhos. Estes locais devem ser investigados com maior detalhe para dirimir interpretações ambíguas ou precipitadas e garantir maior conhecimento da condição geoambiental da região. Portanto, estudos complementares devem ser idealizados e dirigidos nesse sentido.

7.2 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 está associada a plumas de contaminação oriundas de um posto de combustíveis e serviços (posto Lubrijau) e de uma salgadeira, localizados ao longo da BR 101, sentido Entre Rios, a NE do perímetro urbano.

A Figura 04a apresenta a área de estudo, o croqui do levantamento de dados e os mapas de isorresistividade aparente. A anomalia 01 (Figura 04b) está associada a possíveis processos incipientes de contaminação oriundos das atividades da

salgadeira. Essa pluma é rasa e ocupa porções mais superficiais do solo. Na mesma figura, a anomalia 02 está associada a possível pluma de contaminação 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 freático e migrando no sentido do fluxo subterrâneo (SE) (Figura 04d).

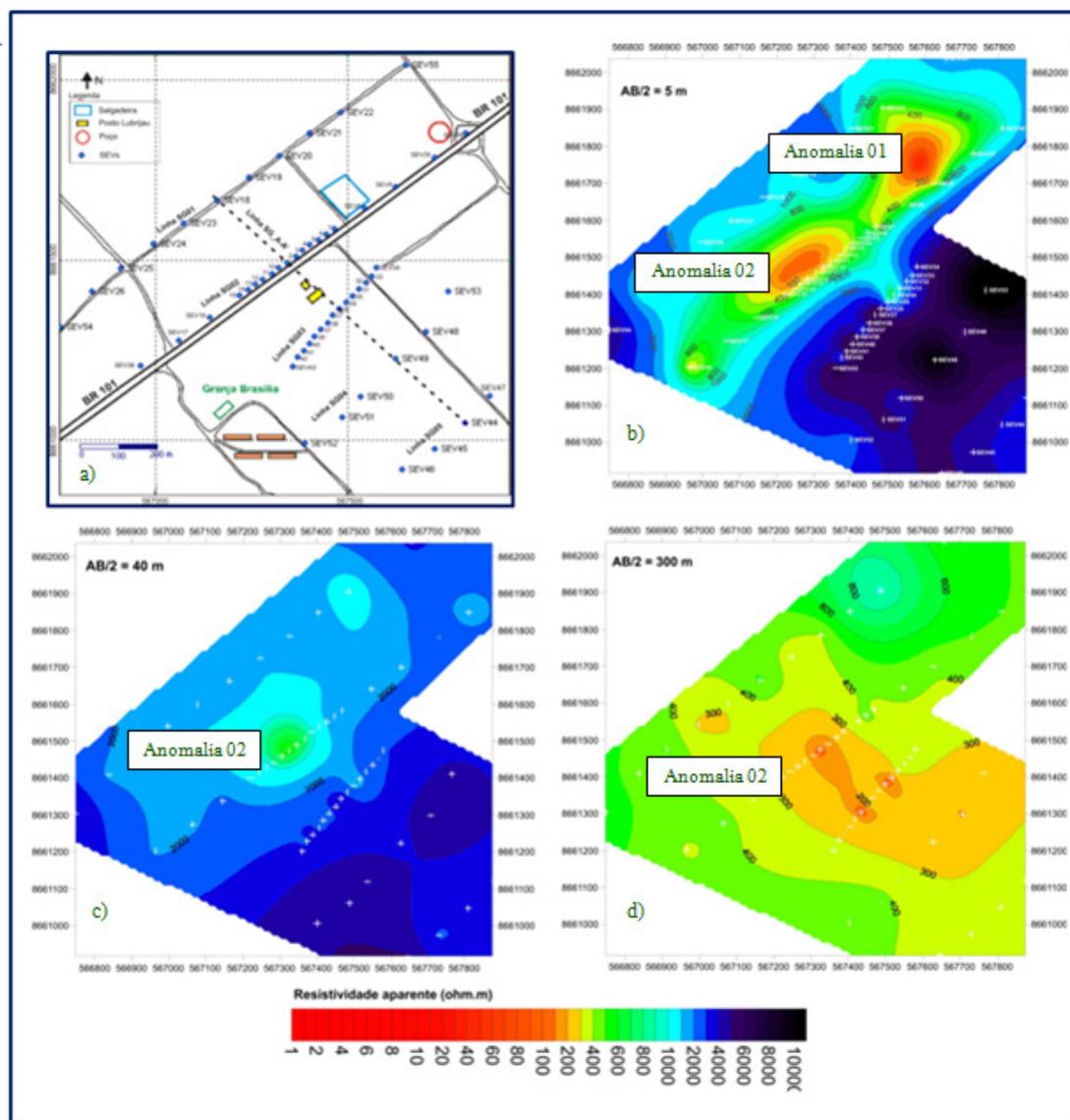


Figura 04 – a) área de estudo; b), c) e d) mapas de isorresistividade aparente.

Na Figura 05, são apresentadas algumas das seções geoeletricas invertidas bidimensionalmente a partir da integração de SEVs alinhadas (Figura 04a). Objetivamente, as interpretações atribuídas aos resultados estão marcadas sobre os perfis. O modelo geral interpretado sugere que o nível estático ocorre em torno de 40 m de profundidade. Também sugere a ocorrência de estruturas geológicas (falhas/fraturas) e/ou variações de heterogeneidade do material.

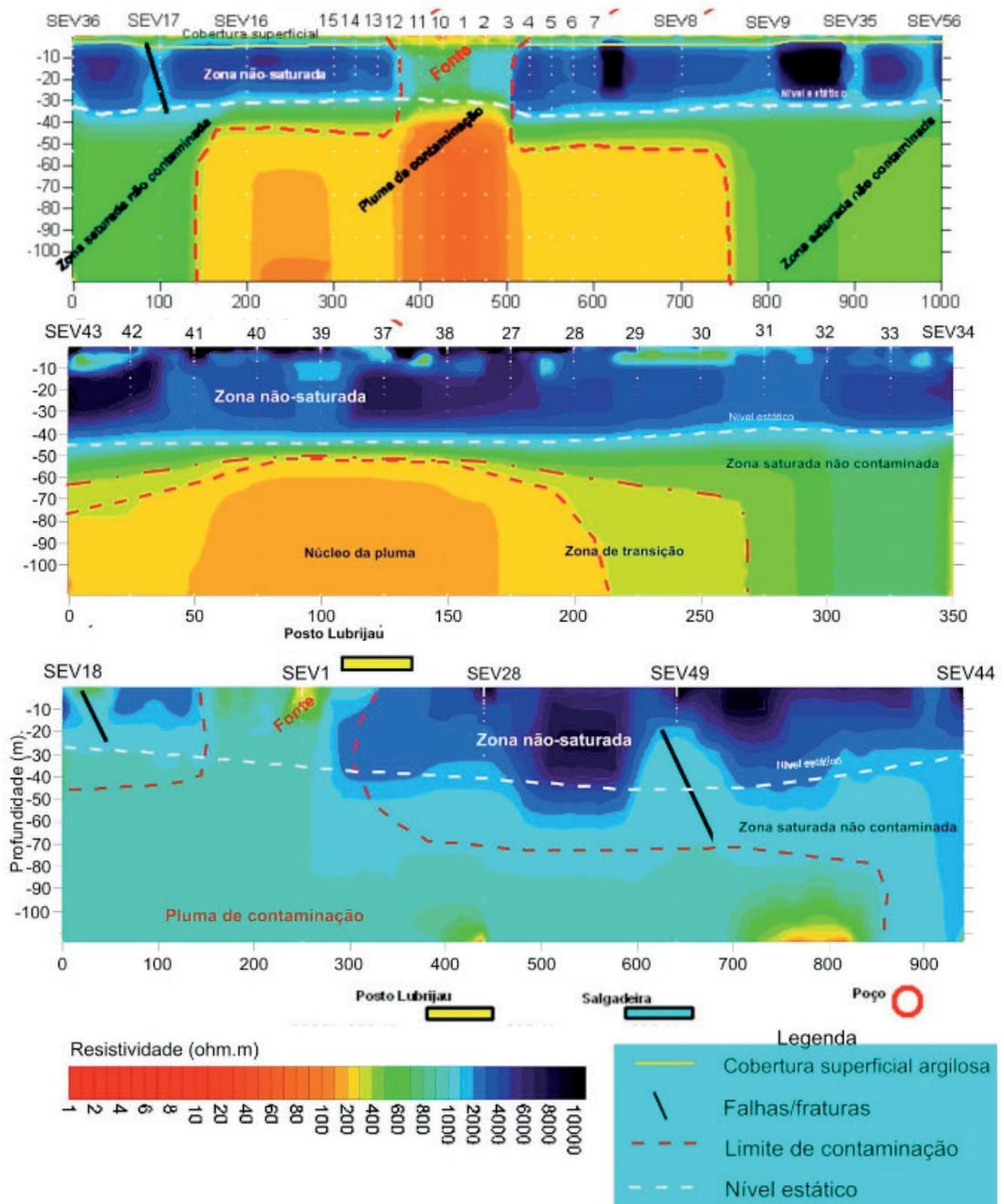


Figura 05 – Seções geoeletricas invertidas bidimensionalmente.

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 à profundidade de investigação que é de 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 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 adicionado à extração de água pelo poço, pode favorecer à invasão de

componente da pluma contaminante ao mesmo e comprometer a qualidade da água por ele extraída e conseqüentemente a vida e a saúde das pessoas que se abastecem dela e que a utilizam para os mais variados usos e consumos.

Em suma, os resultados hidrogeofísicos contribuíram para construir o modelo hidrogeológico e geoambiental do município de Alagoinhas, a partir de estudos regionais de detalhe, que podem servir de subsídios para tomadas de decisões e ações de remediação ou monitoramento da qualidade do solo e água subterrânea local, dentre outras providências. Tais estudos surgem como potenciais exemplos para a caracterização e avaliação hidrogeológica, podendo ser adotados para auxílio da gestão ambiental do solo e das águas subterrâneas em outros municípios.

8 | CONCLUSÕES

O uso do método geofísico geoeletrico mostrou-se importante para determinação do nível estático e do sentido do fluxo subterrâneo; construção do modelo geológico e hidrogeológico da região; e 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 referentes à qualidade do solo e água subterrânea local. Tais estudos surgem como potenciais ferramentas de investigação, plausíveis de serem adotados como instrumento para auxílio da gestão ambiental desses recursos em outros municípios.

9 | 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.

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.
- 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.
- KOEFOD, 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 curume 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.
- 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.
- PORCIÚNCULA, R. J. e LIMA, O. A. L. (2012) **Geoelectric Evaluation of Subsurface Contamination at a Gas and Service Station, Alagoinhas, BA, Brazil**. Revista Brasileira de Geofísica, 30(2), 201-212.
- 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.
- 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.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. E KEYS, D. A., (1990) **Applied Geophysics**, Cambridge Un. Press, Cambridge.

SOBRE O ORGANIZADOR

Helenton Carlos da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de água 10, 25, 43, 61, 76, 164, 183, 184, 191, 195, 197, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216

Abatedouro 162, 163, 164, 166, 168, 170

Água 1, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 106, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 126, 127, 128, 132, 133, 136, 139, 141, 142, 146, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 241, 245, 248, 250, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274

Água de reuso 22, 24

Águas cinzas 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 50

Águas subterrâneas 96, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 150, 151, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 171, 175, 182, 183, 184, 186, 187, 189, 195, 196, 197, 198, 202, 205, 206, 213, 218, 226, 227

Água subterrânea 92, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 152, 156, 157, 160, 162, 163, 166, 168, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 194, 195, 197, 198, 200, 201, 204, 214, 217, 218, 219, 221, 222, 226, 227

Alunos 34, 35, 38, 55, 56

Aquífero misto 96, 97, 100, 103, 104, 105

B

Bacia do salgado 127, 137

Bacia hidrográfica 77, 78, 79, 81, 83, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 101, 102, 107, 108, 120, 121, 122, 126, 128, 131, 132, 137, 138, 184, 190, 205, 253, 254, 257, 258, 259, 260, 261, 267, 268, 271, 272, 273, 274

Bacia sedimentar do Araripe 127

Biorreatores com membrana submersa 24

C

Conscientização 31, 39, 43, 47, 48

Contaminação 20, 72, 86, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 161, 168, 170, 171, 183, 197, 198, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 213, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 238, 239, 256, 262, 270, 274

Critérios de potabilidade 197, 215

Cromo trivalente 173, 179, 180

D

Demanda de água 39, 49, 184, 211

Descontinuidade urbana 77, 79, 88

Desempenho 8, 47, 61

Desperdício 15, 18, 22, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 48

Diagnóstico 82, 88, 118, 205, 207, 209, 214, 215, 216, 227, 229, 230, 231, 233, 234, 241, 253, 254

E

Eletrorresistividade 89, 93, 154, 228

G

Geoprocessamento 98, 100, 105, 120, 125, 126, 182, 184, 186, 187, 196, 243, 245

Gestão sustentável 39, 47, 48, 233

H

Hidráulica 50, 59, 61, 67, 91, 104, 176, 189, 220, 232, 233, 234, 235, 236

Hidrogeologia 89, 90, 97, 182, 196, 205, 206

Hidrologia 2, 23, 88, 90, 119, 120, 126, 138, 141

I

Inundações 3, 107, 108, 109, 110, 117, 118, 119, 128, 134, 231, 232, 234, 235, 236, 238, 241

L

Lineações 96, 97, 101, 102, 103, 104, 105

Lixiviação 140, 144, 173, 175, 200, 219, 268

M

MBR 24, 25, 28, 30, 31, 32

Medição de vazão 51, 53, 55, 59

Monitoramento 5, 39, 51, 53, 56, 83, 84, 121, 122, 160, 164, 166, 167, 169, 170, 171, 176, 179, 183, 199, 205, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 239, 261, 262, 273, 274

N

Necrochorume 157, 217, 218, 219, 221, 225, 226, 227, 228

Neotectônica 96, 97, 98, 100, 101, 103, 105

Níquel 173, 175, 176, 177, 179, 180, 181

P

Precipitações médias 2, 6

Q

Qualidade da água 15, 16, 20, 32, 69, 70, 75, 76, 77, 82, 160, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 224, 255, 257, 258, 262, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 274

Qualidade da água subterrânea 166, 172, 217, 218

R

Residências unifamiliares 17, 18, 19, 21, 22

Reuso 9, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 50

Reuso de águas cinzas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 50

Reutilização 19, 34, 42

S

SIG 98, 120, 121, 130, 137, 259, 260

Sistema aquífero bauru 89, 90

Sistema de informação geográfica 98, 127, 130

Solo 3, 52, 69, 71, 75, 83, 85, 99, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 125, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 141, 150, 151, 152, 156, 157, 158, 160, 168, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 197, 198, 201, 204, 205, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 227, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 241, 248, 252, 255, 257, 258, 260, 262, 263, 267, 268, 270, 271, 273

T

Telhados verdes 1, 2, 3, 6, 7, 8

Tratamento de efluentes 51, 52, 53, 54, 59

Tubulações 61, 62, 64, 66, 73, 201, 210

U

Urbanização 2, 52, 77, 78, 87, 88, 107, 233, 234, 235, 236, 256, 271

Uso da terra 107, 110, 118, 119, 196, 261, 273

Uso racional 9, 10, 11, 16, 17, 26, 34, 40, 43, 50, 183

Usos múltiplos 18, 162, 257, 270, 271

Usuários 20, 35, 39, 41, 47, 48, 49, 70, 89, 92, 162, 207, 208, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 257

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-667-6

