

**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: Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ	
Mariana Fontenele Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>34</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927095</b>	

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

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 TRAIPIU – 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**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>150</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>162</b>
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS	
Isabel Cristina Lopes Dias Antonio Carlos Leal de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>173</b>
A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA	
Augusto Nobre Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>182</b>
OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA	
Marcela Almeida Alves Marcos Rodrigues Cordeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>197</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>207</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270922</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>217</b>
INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Fernando Ernesto Ucker	
Maria Clara Veloso Soares Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>229</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>243</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>255</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270926</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>275</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>276</b>

## OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA

**Marcela Almeida Alves**

Universidade Estadual de Montes Claros

Montes Claros – MG

**Marcos Rodrigues Cordeiro**

Universidade Estadual de Montes Claros

Montes Claros – MG

**RESUMO:** 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. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência das águas subterrâneas no município de Montes Claros-MG, a fim de ampliar o conhecimento hidrogeológico da região. A metodologia baseou-se em uma pesquisa quali-quantitativa com caráter descritivo, através de um estudo de caso realizado no município com a utilização de ferramentas do Geoprocessamento. Os resultados apresentaram satisfatoriedade na utilização da Geotecnologia, visto que foram obtidos dados relevantes da região em estudo, como o mapeamento da superfície freática, das vazões dos poços perfurados e da topografia local. Pode-se concluir que este estudo permitiu a contribuição e o suporte técnico às políticas

públicas para a gestão dos recursos hídricos do município.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas Subterrâneas. Hidrogeologia. Geoprocessamento.

### OCCURRENCE OF UNDERGROUND WATERS IN THE MUNICIPALITY OF MONTES CLAROS - MG: A CASE STUDY USING GEOTECHNOLOGY

**ABSTRACT:** The study of groundwater, with globalization, takes on an increasingly significant importance, since it is understood as an instrument capable of providing a solution to problems of water supply. Through certain tools it is possible to synthesize the geographic space and improve the study of this resource. Therefore, this work had as objective to verify the occurrence of groundwater in the municipality of Montes Claros-MG, in order to expand the hydrogeological knowledge of the region. The methodology was based on a qualitative-quantitative research with a descriptive character, through a case study carried out in the municipality with the use of Geoprocessing tools. The results were satisfactory in the use of Geotechnology, since relevant data were obtained from the region under study, such as groundwater mapping, drilling wells and local topography. It can be concluded that this study allowed the contribution and the technical support to the public policies for the management of the municipality's water resources.

## 1 | INTRODUÇÃO

A discussão acerca da gestão dos recursos hídricos e, principalmente, as diretrizes relacionadas à preservação e ao uso racional da água se tornaram assuntos de extrema abrangência no cenário atual. Sabe-se que vivenciamos uma era em que o consumo exacerbado e descontrolado da água gera um déficit na sua quantidade que, por sua vez, desencadeia uma grande preocupação em relação à sua disponibilidade futura. No Brasil esse fato é bem recorrente.

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS (2018), mais de 97% da água doce disponível no mundo para consumo correspondem às águas subterrâneas. Além disso, representam um recurso que, quando comparadas às demais fontes hídricas superficiais, possuem um valor inferior de captação e um menor grau de contaminação. Muitas cidades brasileiras já são abastecidas, total ou parcialmente, por água subterrânea. No estado de São Paulo, por exemplo, cerca de 70% da zona urbana e aproximadamente 90% das indústrias já são abastecidas dessa maneira.

O conceito de aquífero está relacionado a uma formação geológica do subsolo, constituído por rochas que armazenam água em seus poros ou fraturas. Trata-se de um material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água que está armazenada. A constituição geológica do aquífero é que irá determinar a velocidade da água, a quantidade e a sua qualidade como reservatório. (ABAS, 2018). O estudo das propriedades físicas das rochas é fundamental para verificar o comportamento da distribuição dos fluidos no espaço poroso.

O estudo da água subterrânea, 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. O seu uso requer o desenvolvimento de técnicas que possibilitem o conhecimento hidrogeológico a fim de verificar a ocorrência das águas, o comportamento dinâmico dos sistemas físicos e o monitoramento desses recursos. Através de determinadas ferramentas é possível aprimorar o conhecimento das águas subterrâneas, e a utilização da geotecnologia se aplica nesse caso, visto que é uma ferramenta empregada na obtenção das informações necessárias do espaço geográfico e da dinâmica hídrica.

Dentre as maneiras de usufruir deste recurso, encontra-se a perfuração de poços tubulares. O município de Montes Claros, Minas Gerais, dispõe de um sistema de abastecimento de água operado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e é composto, praticamente em sua totalidade, por captações de águas superficiais. No entanto, uma pequena cota provém das águas subterrâneas de alguns poços ativos na região. (ARSAE, 2017). Além dos poços usados no abastecimento da

cidade, existem aqueles perfurados para outros fins, de uso comunitário ou particular.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo verificar a ocorrência das águas subterrâneas no município de Montes Claros - MG, a fim de ampliar o conhecimento hidrogeológico da região através do mapeamento da superfície freática, da vazão de poços perfurados na região e da topografia local. Foram utilizados dados de poços artesianos para configurar tecnicamente o nível freático da área de estudo através da utilização de ferramentas do geoprocessamento.

## 2 | CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ESTUDO

O município de Montes Claros possui uma área de 3.568,941 km<sup>2</sup> e conta com população estimada de 404.804 habitantes. A densidade demográfica é de 101,4 habitantes por km<sup>2</sup> no território do município (BRASIL, 2018). Situa-se no Norte de Minas Gerais, mais precisamente na Bacia do Alto Médio São Francisco.

Em relação ao relevo, possui boa parte do terreno constituída por morros de calcário, pertencentes ao planalto residual do São Francisco. A parte mais baixa e plana é denominada de depressão São Francisco. O relevo caracteriza-se por feições onduladas (60%), planas (30%) e montanhosas (10%). O ponto central da cidade tem uma altitude média de 655,21 metros (TOLMASQUIM, 2009).

Em relação ao clima, destaca-se o clima subúmido-úmido e subúmido-seco, com temperatura média anual de 24,20°C e índice médio pluviométrico anual de 1.074 mm. Encontra-se inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio Verde Grande e na bacia do Rio São Francisco. A vegetação dominante é o cerrado, além de trechos de transição com a caatinga (VELOSO; NERY, 2011).

No contexto hidrológico, na porção sudeste da área, encontra-se a zona das cabeceiras do Rio Macaúbas, um afluente da bacia do Rio Jequitinhonha. O vale do Rio Verde Grande constitui a principal drenagem a nível regional. Seu principal afluente é o Rio Juramento, que serve de reservatório para o abastecimento de água da cidade.

O Sistema de Abastecimento de Água do município é realizado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e é constituído principalmente por captações superficiais. A sua principal fonte de abastecimento é a Barragem de Juramento que, de acordo com a Companhia, atingiu níveis críticos e conseqüentemente dificultou o fornecimento de água para a população. Ainda segundo a prestadora, a cidade de Montes Claros tem uma demanda de água próxima de 1000L/s. Porém, atualmente, a distribuição está cerca de 20% abaixo da demanda (ARSAE, 2017).

Além das medidas emergenciais adotadas, a Companhia está realizando estudos e planejamentos para suprir as necessidades hídricas do município. A obra do Rio Pacuí é um exemplo de aplicação. Caracteriza-se como um projeto para fornecer água e complementar o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Montes Claros.

A obra contempla dois quilômetros de adutora de água bruta captada no rio Pacuí, no município de Coração de Jesus, até uma Estação de Tratamento de Água (ETA), de onde segue, através de 54 quilômetros de redes, para o reservatório de distribuição em Montes Claros (COPASA, 2018).

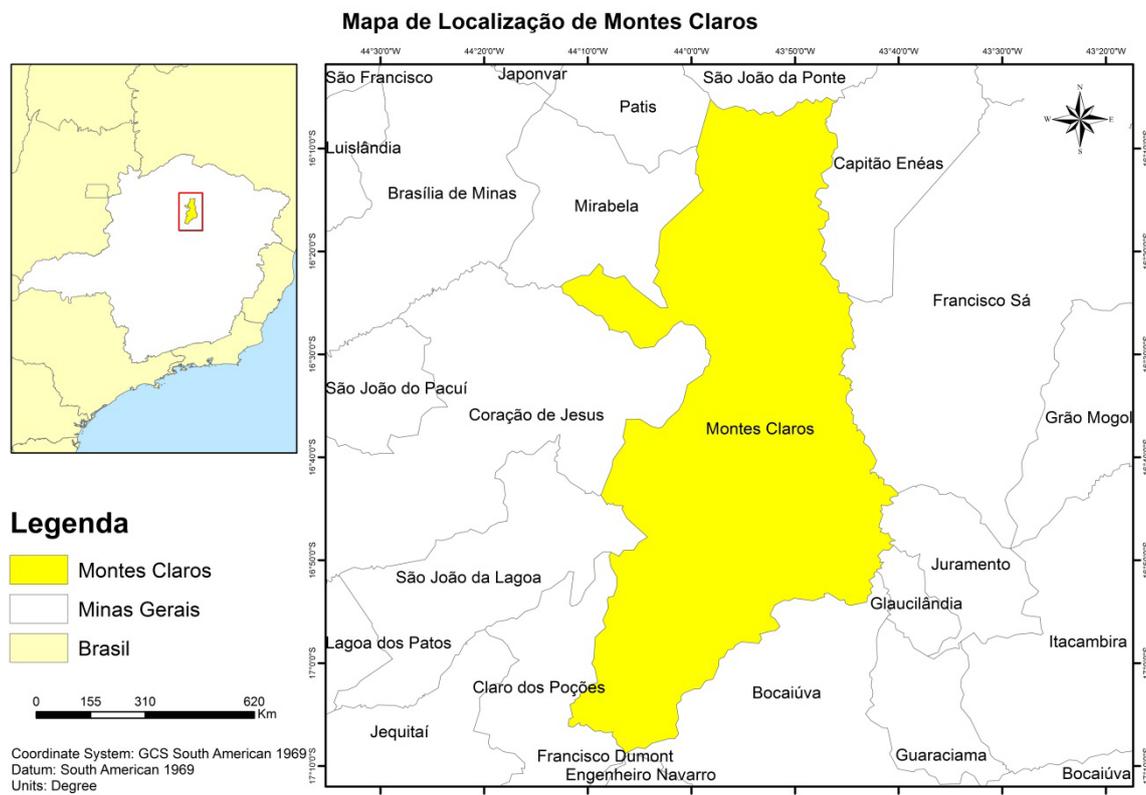


Figura 1 – Delimitação territorial do município de Montes Claros.

Fonte: Os autores, 2018.

### 3 I MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo refere-se a uma pesquisa quali-quantitativa com caráter descritivo, visto que esta etapa objetiva levantar, compor e organizar as informações através de um estudo de caso realizado na cidade de Montes Claros. Os dados foram coletados e abordados através de tópicos relativos ao desenvolvimento do trabalho. Alguns dados do estudo resultaram de uma revisão bibliográfica.

Para a execução deste estudo, optou-se pela subdivisão em 3 etapas para que houvesse uma melhor coerência técnica e científica para a análise, sendo estas etapas: análise bibliográfica; coleta de dados sobre nível estático e os pontos georreferenciados dos poços artesianos; e a análise por Geotecnologias. Os processos metodológicos realizados neste trabalho estão representados a seguir:

1<sup>a</sup> etapa: Buscou-se na literatura estudos com aplicações semelhantes, bem como a busca da compreensão de fenômenos hidrológicos em conjunto da geologia e geomorfologia, aplicações técnicas das geotecnologias às análises tangentes aos

recursos hídricos. No aspecto hidrológico, esse procedimento contribui de forma imprescindível para informações referentes à natureza e a localização dos pontos de água, além da verificação das direções de fluxo subterrâneo. Além disso, a busca auxiliará no reconhecimento das potencialidades relativas dos aquíferos, com informações sobre a profundidade, capacidades específicas e composição da água captada.

2ª etapa: No sítio do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) foram coletados pontos georreferenciados em extensão de *shapefile*, para serem representados e espacializados em ambiente computacional, bem como a análise de planilhas dispostas nos arquivos, onde estas possuíam valores de: nível estático (NE), nível dinâmico (ND), vazão (sendo a água retirada dos poços) e entre outros dados, e neste caso fez-se o uso incisivo do NE.

3ª etapa: Nessa última etapa foram gerados mapas temáticos com dados topográficos, superfície freática e zonas de vazão com a representação dos poços artesianos. Através de um processo de interação computacional no software de Geoprocessamento, *ArcGis* 10.3.1 através da plataforma *ArcMap*, delimitou-se o município de Montes Claros. O software é licenciado pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

O processo de interação mencionado foi feito através do seguinte procedimento: Extensão *EspatialAnalystTools*>Ferramenta *Hidrology*>*FlowDirection*>*Sink*>*Fill*>*FlowDirection*>*Flow Accumulation*> *Map Algebra*> *Stream Feature*> *Basin*. Após isto, foi feita a extração do limite da região no Modelo Digital de Elevação (MDE), onde consistem os dados em x, y, z, sendo as localizações dos pontos nas duas variáveis iniciais e na terceira é dada a altitude das localidades. Esta extração foi feita pela ferramenta *extract by mask*, e após iniciou-se o processo com os pontos dos poços, estando georreferenciados.

Extraíu-se os pontos dos poços (sendo 1273 poços) no MDE através da ferramenta *extract value to point*. Depois, obtiveram-se os valores da altitude do relevo onde se encontram os poços em uma parte da planilha do *shapefile* de pontos. Essa planilha foi exportada para o Excel para posterior geração de gráficos.

Tendo em posse os dados de cotas altimétricas dos poços, foi feito um processo interativo, entre o NE e as cotas altimétricas. O nível estático, conforme Leinz e Amaral (2001), pode ser compreendido também como nível hidroestático, em que a água se encontra inerte abaixo da camada piezométrica, e, os valores de NE é compreendido como a profundidade em que o técnico perfurou a superfície até atingir a água no subsolo. Sendo assim, realizou-se uma equação básica entre o NE e o ARP (Altitude do Relevo dos Poços) para geração do NF (Nível Freático), conforme na equação 1:

$$NF = ARP - NE \quad (1)$$

Oteve-se assim a diferença entre a altitude do relevo dos poços e o nível estático. Esta diferença é o nível freático, ou seja, como o NE é representado pela

profundidade (dada em metros) da perfuração dos poços até atingir a água, ao analisar a altitude do relevo onde se situa os poços tendo esta subtração do NE, obterá em seguida a posição/localização do nível da água no relevo. Estes dados foram salvos como *shapefile* para posterior uso.

Após ter esta diferença e conseqüentemente a localização pontual do NF, buscou-se compreender o NF espacializado para toda a extensão da região de estudo. Para tanto, é necessário dispor de técnicas inerentes ao Geoprocessamento, sobretudo de métodos de interpolação, que “é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região” (JACOB e YUNG, 2006. p.7) e para esta análise utilizou-se a Ponderação do Inverso das Distâncias (IDW) do inglês *Inverse Distance Weighting*, um interpolador acoplado na plataforma *ArcMap*.

O IDW considera as amostras informadas no campo de entrada e, a partir dessas amostras, estima valores para distâncias circunvizinhas onde não possuem dados amostrais. Este interpolador é bastante utilizado no meio técnico e científico para diversas análises e em diferentes campos.

Essa interpolação ocorreu utilizando o *shapefile* com as informações de nível freático dos poços. Inicialmente é preciso preparar o ambiente computacional para esta atividade interativa, assim seguiu o processo: *Geoprocessing>Environments>* indicação da aplicação dos dados a serem interpolados. Após esta preparação, foi acionada a extensão *interpolation* e depois a ferramenta IDW, sendo o interpolador. Por fim, foram gerados ainda no ArcGis os mapas temáticos.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocorrência das águas subterrâneas envolve diversas abordagens e, diante disso, é preciso entender como a mesma acontece considerando todas as variáveis relacionadas. Deve-se considerar, por exemplo, os contextos geológico e litológico, já que eles determinam a percolação e infiltração da água. Foram reconhecidas na região em estudo onze unidades geológicas, individualizadas como formações e/ou coberturas cenozoicas, são elas: (1) Supergrupo São Francisco (formações Duas Barras e Serra do Catuni, do Grupo Macaúbas; e formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade, do Grupo Bambuí). Na Formação Lagoa do Jacaré foram ainda reconhecidas duas subunidades; (2) Grupo Areado (Formação Abaeté); (3) Formação Urucua; (4) Depósitos Detrítico-Lateríticos; (5) Depósitos Colúvio-Eluviais; e (6) Depósitos Aluvionares. (CHAVES, 2014). O Gráfico 1 apresenta a distribuição em porcentagem dessas unidades geológicas no município de Montes Claros.

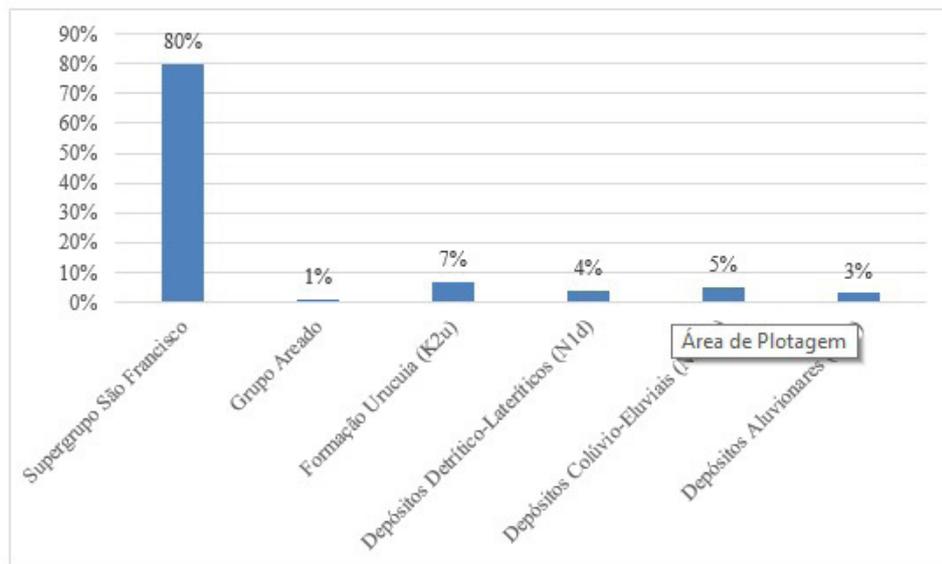


Gráfico 1 - Distribuição em % das unidades geológicas do município de Montes Claros

Fonte: CHAVES, M. L. de S., 2014.

Resumidamente, para ampliar o entendimento do exposto, é válido destacar as propriedades das principais unidades identificadas em Montes Claros. No Subgrupo São Francisco as rochas pertencentes são de natureza sedimentar e constituem a maior parte de Montes Claros. Destaca-se dentro do Grupo Bambuí, na Formação Serra da Saudade, o predomínio de siltitos e argilitos. A Formação Lagoa do Jacaré apresenta em sua constituição calcários cinzas escuros, muitas vezes puros e maciços. Em outra subunidade, há alternâncias de níveis milimétricos argilo-siltosos. É importante ressaltar que o Grupo Bambuí ocorre largamente sobre a maior parte da região em estudo. Dentro do Grupo Macaúbas, na Formação Serra do Catuni, é perceptível a composição da matriz geral por sílica e rara incidência de quartzo e quartzito. Na Formação Duas Barras encontra-se a formação de quartzito-metarenitos de granulação fina e média.

No Grupo Aerado, na Formação Abaeté, predominam conglomerados clasto-sustentados, seixos de quartzitos, quartzos e metapelito. A Formação Urucua conta com arenitos finos com intercalações locais de siltitos.

Os Depósitos Aluvionares são compostos por sedimentos arenosos com cascalhos inconsolidados, com predomínio de seixos de quartzos e sedimentos de silte e argila. Os Depósitos Colúvio-Eluviais são formados por sedimentos areno-siltosos com fragmentos angulosos de quartzo. Por fim, os Depósitos Detrítico-Lateríticos demonstram coberturas arenosas finas a médias.

Ainda de acordo com as informações do Gráfico 1, o supergrupo São Francisco predomina sobre a maior parte da região, sendo constituído pelos grupos Macaúbas e Bambuí. O grupo Macaúbas é a região base do supergrupo São Francisco, sendo composto principalmente de quartzitos e metadiamicititos. Já o grupo Bambuí é composto por uma sucessão de siltitos na base, folhelhos rítmicos de calcário na

porção intermediária e argilitos no topo (CHAVES, 2014).

Verifica-se, ainda, que a Geomorfologia de Montes Claros é constituída predominantemente de formação cárstica. A formação do relevo cárstico está relacionada à geologia da região pertencente ao Grupo Bambuí Formação Lagoa do Jacaré (OLIVEIRA, 2016).

O entendimento da caracterização das unidades é importante para ter noção da capacidade de armazenamento de água que a região possui, isso porque segundo Leinz e Amaral (2001), as rochas são elementares nesta discussão, pois a porosidade e permeabilidade das mesmas definem significativamente o potencial de armazenamento. Além disso, as rochas sedimentares são boas armazenadoras de água devido ao nível de porosidade elevado.

As rochas mais importantes como aquíferos são aquelas que apresentam de regular a boa permeabilidade. As rochas pouco permeáveis, como arenitos muito argilosos e siltitos, embora possam armazenar quantidades importantes de água, são de natureza semipermeável e, portanto, transmitem água a uma taxa muito baixa (aquítardos). Os argilitos são classificados como aquícludes, pois apesar de terem uma grande porosidade, possuem uma permeabilidade baixa que não permite que a água flua em seu meio, se comportando como um meio impermeável. Já as rochas carbonáticas apresentam porosidades variáveis e significativa condutividade hidráulica (MANOEL FILHO, 2008).

Sendo assim, através da compreensão das principais formações geológicas de Montes Claros e a caracterização das mesmas, pode-se inferir a respeito da ocorrência e circulação das águas subterrâneas no meio. A Figura 2 demonstra a vazão de poços perfurados no município, fator que é diretamente influenciado pelo tipo de material rochoso.

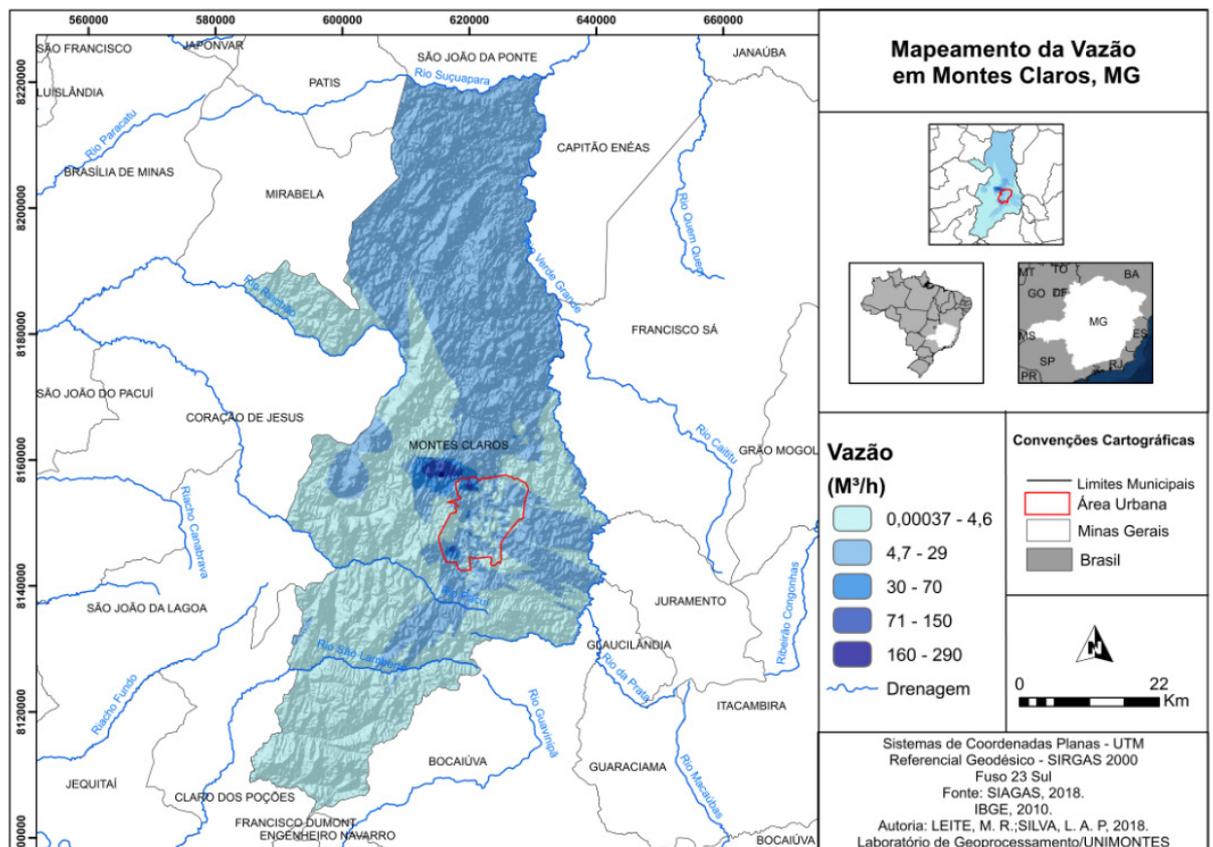


Figura 2 - Mapeamento da vazão em Montes Claros-MG

Fonte: Os autores, 2018.

As zonas identificadas no mapa com as maiores vazões coincidem, portanto, com as regiões que possuem rochas mais permeáveis e porosas, com boa condutividade hídrica. Um desses pontos, localizado na parte central do mapa, corresponde à região de ocorrência da bacia do Rio Vieira. Segundo Soares (2014), a bacia hidrográfica do rio Vieira se encontra sobre terrenos da unidade do Grupo Bambuí. A rocha predominante é o calcário. A principal nascente do rio Vieira está localizada a - 43° 56' 04'' W e -16° 47' 22'' S, cerca de oito quilômetros da cidade de Montes Claros. A Figura 3 demonstra a delimitação da bacia do Rio Vieira.

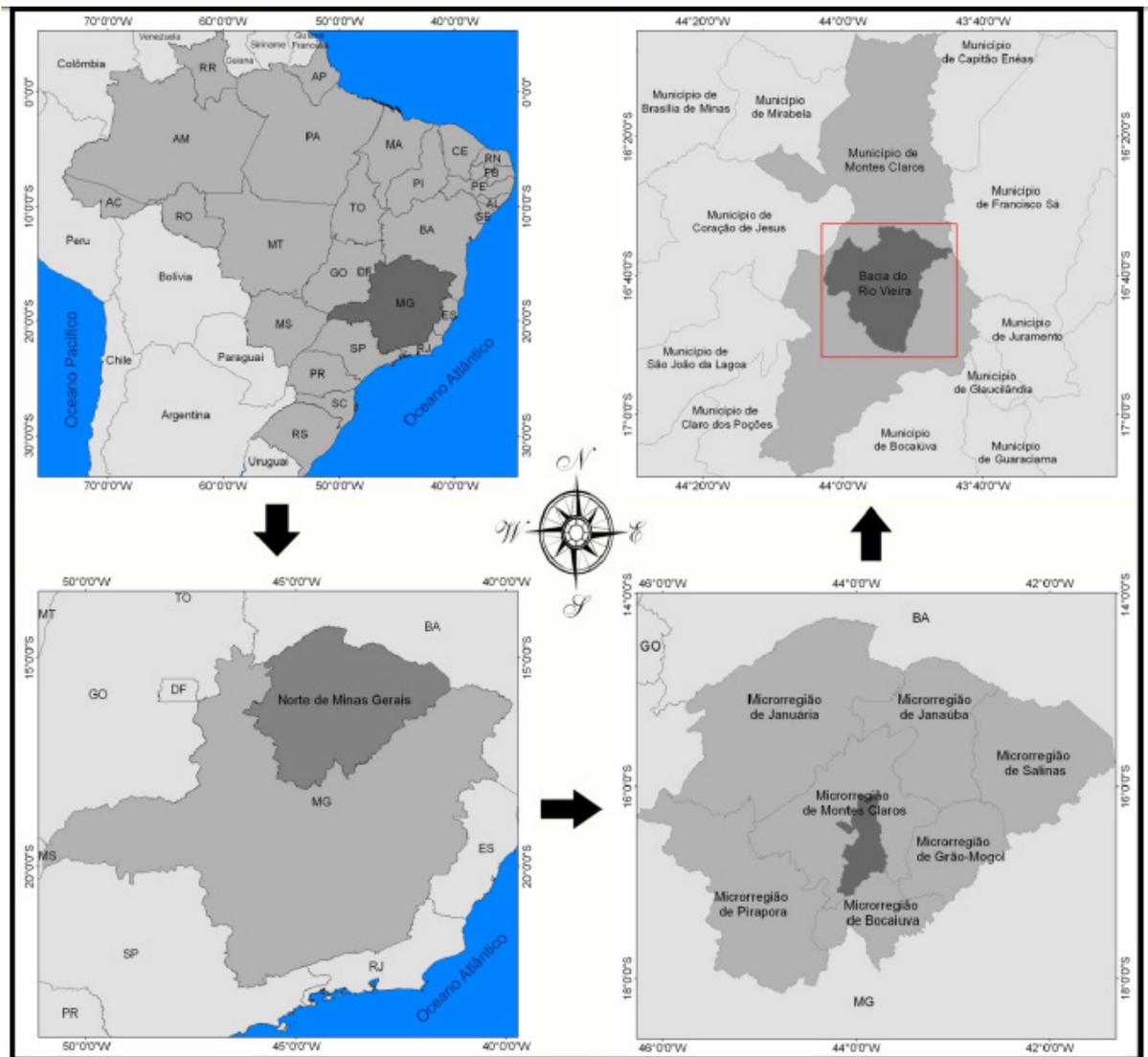


Figura 3 - Delimitação da bacia do Rio Vieira, Montes Claros- MG.

Fonte: Os autores, 2018.

Outro ponto de destaque pela alta vazão encontrada, localizado também na parte central do mapa, refere-se ao Complexo da Lapa Grande. O Parque Estadual da Lapa Grande localiza-se no município de Montes Claros a oeste da zona urbana da cidade. Compreendido pelas coordenadas UTM 604400 e 617000 de latitude e 8143000 e 8158000 de longitude, distante 8 Km do centro urbano.

Ressalta-se que a criação do Parque Estadual da Lapa Grande teve como finalidade principal a proteção e conservação do complexo de grutas e abrigos da Lapa Grande. A região ainda abriga diversos mananciais e nascentes, que são responsáveis por cerca de 40% do abastecimento de água ao município de Montes Claros. Devido a sua importância para os recursos hídricos ao município de Montes Claros, a gestão é realizada pelo Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF) em conjunto com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA (VELOSO; NERY, 2011).

Em relação às demais delimitações do mapa percebem-se nas regiões sul e

sudoeste as menores vazões encontradas, fato que se justifica devido à ocorrência de material impermeável, que dificulta a circulação da água no meio e dessa maneira, contribui para poços de baixas vazões. Nesse caso, pode-se deduzir a respeito da predominância de argilitos nesses locais.

Quanto à seleção dos poços artesianos, foram escolhidos unidades dentro de uma variação no relevo, das partes mais planas às montanhosas. Dessa maneira, é válido apresentar o nível estático dos poços, ou seja, o quanto foi perfurado em relevo para a obtenção de água. As informações, obtidas através do sitio do SIAGAS, podem ser visualizadas no Gráfico 2.

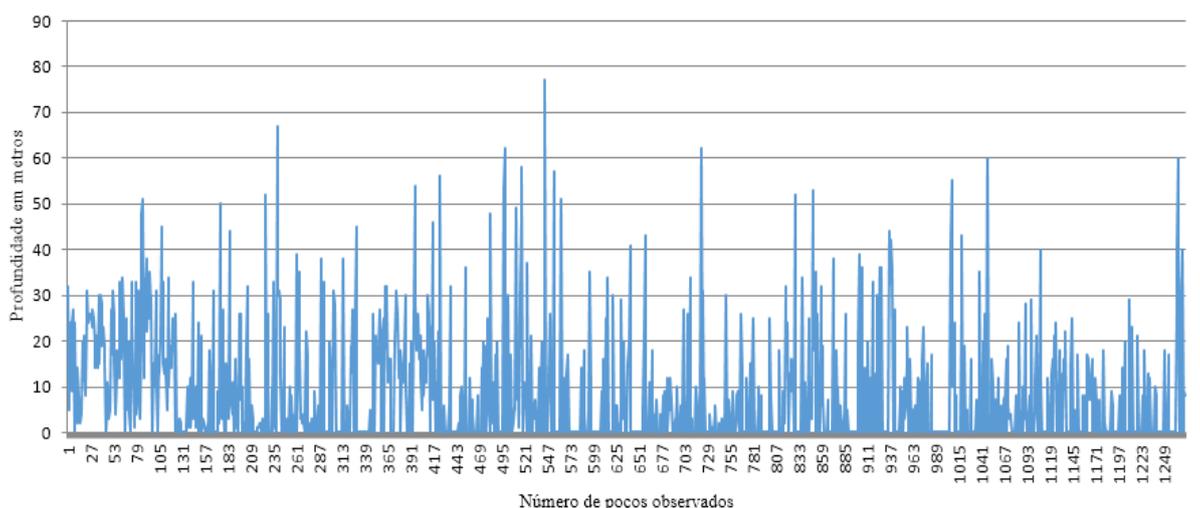


Gráfico 2 - Níveis Estáticos dos poços

Fonte: Os autores, 2019.

Os níveis estáticos são bem diferenciados dentro da análise, variando de 0 a 77 metros de profundidade. O valor zero pode estar relacionado a aquíferos superficiais, onde a água está praticamente sobre a terra sem que precisar assim de furos para obtenção de água. O poço de maior vazão registrou 290 m<sup>3</sup>/h.

No tocante à topografia da região, como o mapeamento do nível de água utiliza-se das cotas altimétricas como informação secundária, deve-se então, englobar um mapeamento planialtimétrico considerando a influência do relevo. A planialtimetria permite simular os acidentes geográficos do terreno em função das suas coordenadas planas, compondo-se de uma grade de cotas de cada ponto, permitindo a inclusão de altitude na sua representação (PINHEIRO, 2012).

Todas as análises do relevo desenvolvidas em uma região devem ponderar uma análise das estruturas a fim de evidenciar o comportamento morfodinâmico do ambiente estudado (OLIVEIRA, 2016). Dessa maneira, é necessário esclarecer que o nível freático, conforme Boezio et al. (2006) e Leinz e Amaral (2001), segue as cotas altimétricas de uma determinada área. Ou seja, quanto maior for a altitude do relevo, maiores os níveis freáticos para tal área. A Figura 4 representa a topografia do município:

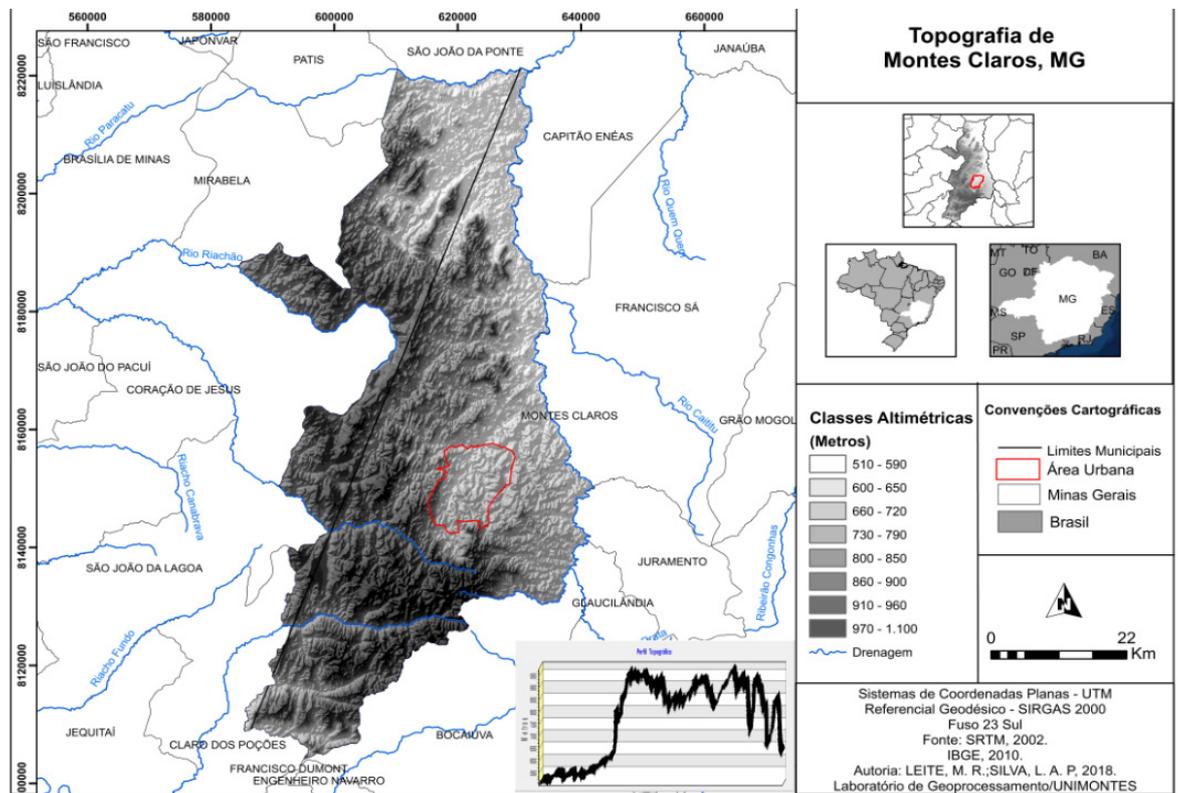


Figura 4 - Topografia de Montes Claros- MG

Fonte: Os autores, 2018.

Observa-se que as maiores altitudes estão relacionadas a oeste e sul da região, onde as cotas altimétricas variam de 970 a 1100 metros. Para adentrar na análise da espacialização do nível freático, é de extrema importância mencionar que, ao analisar o mapa de nível freático e o de topografia, verifica-se que as cotas do mapeamento topográfico se aproximam dos valores obtidos no mapeamento da superfície freática. Essa relação também pode ser verificada na Figura 5.

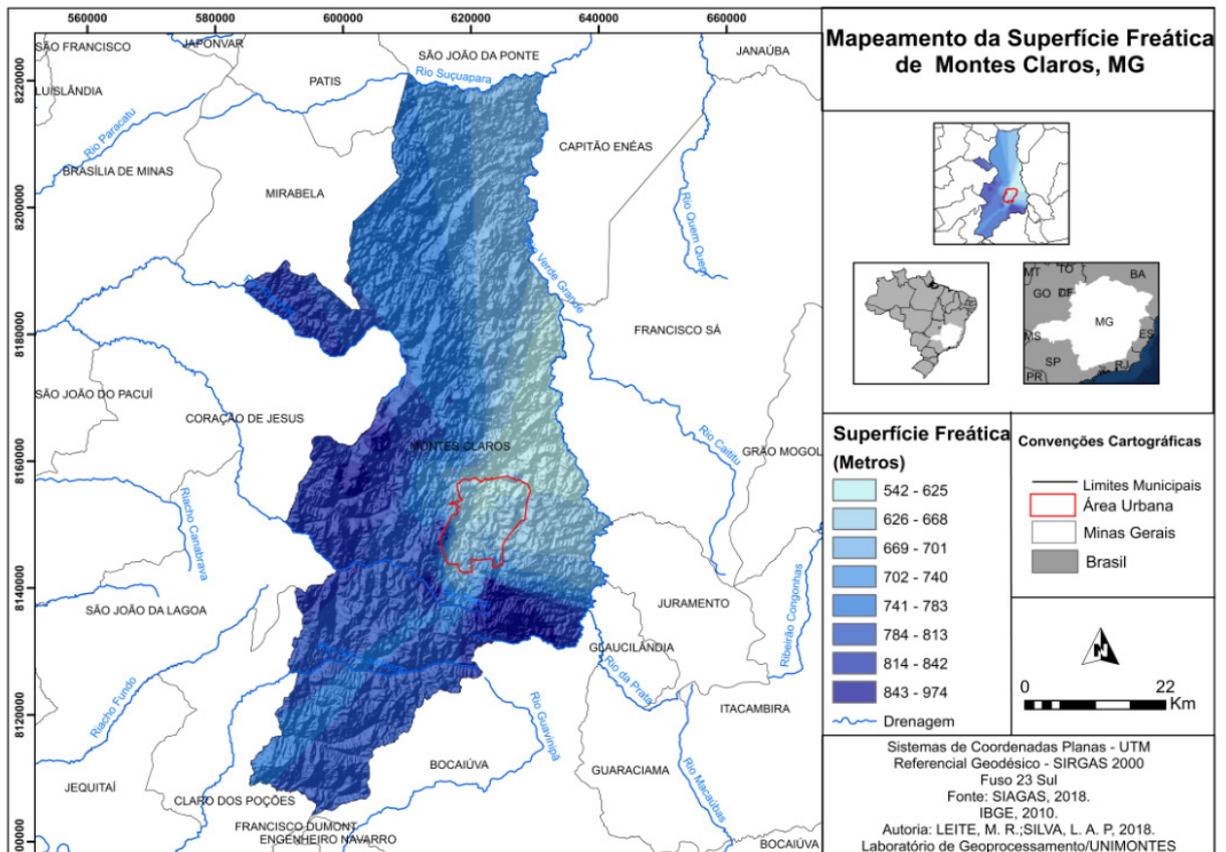


Figura 5 -Mapeamento da Superfície Freática de Montes Claros- MG

Fonte: Os autores, 2018.

Nota-se que o nível freático na porção leste da região é menos elevado, visto que essas áreas são as de menores cotas altimétricas e, fazendo uma análise detalhada, pode-se dizer que nessas localidades o nível é raso, ou seja, está em maior proximidade com o relevo, no caso em específico o relevo plano. Sendo assim, conforme já discutido, a Figura 5 mostra que o nível freático segue a cota altimétrica do relevo em tese.

## 5 | CONCLUSÕES

A realização desta pesquisa, que propôs a verificação do fluxo e dos níveis da água subterrânea no município de Montes Claros-MG, evidenciou a importância desse levantamento no processo de gestão de recursos hidrogeológicos. Existem inúmeras maneiras para análises e obtenção das características do lençol freático, sendo a aplicação das ferramentas da Geotecnologia opções eficientes e satisfatórias.

Atenta-se ao fato de o nível freático ter se comportado de acordo das cotas altimétricas, visto que a pequena diferença entre o relevo e o nível estático deve ser algo abordado e analisado em diversas oportunidades no campo científico. Quanto às áreas de relevo montanhoso, merecem atenção e destaque ímpar, já que são fundamentais para a manutenção dinâmica dos recursos hídricos, sendo áreas de

recarga hídrica.

Em relação aos poços perfurados com pouca profundidade, em especial, mencionam-se os poços onde se obteve águas superficiais e com vazão elevada, visto que podem ser tratados como áreas de afloramento hídrico, que merecem certo cuidado ambiental. Os poços com vazões elevadas, indicados preferencialmente na região central do município, implicam áreas de grande importância e utilização local abrangendo, inclusive, áreas essenciais para o abastecimento de água do município.

Sendo assim, a obtenção dos níveis da água subterrânea favoreceu a ampliação do conhecimento hidrogeológico da região, bem como a criação de uma síntese de informações e dados relevantes para a área. O estudo servirá de subsídio para a gestão do município, além de da extrema importância para estudos ambientais, norteamentos de perfuração de poços, análises dinâmicas entre variáveis morfométricas e recursos hídricos. Essas aplicações são de grande relevância para a Engenharia Civil.

Do ponto de vista técnico, este trabalho se apresenta como uma proposta metodológica que pode vir a beneficiar diferentes escalas e áreas do conhecimento, e, podendo dar suporte técnico às políticas públicas para a gestão dos recursos hídricos. As Geotecnologias se apresentam com boas opções para estudos que necessitam de análises do espaço geográfico e sobretudo considerando a dinâmica hídrica.

## REFERÊNCIAS

ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Educação**. Disponível em:< <http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 04 jun., 2018.

ARSAE. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. **Relatório de Fiscalização de Racionamento N° GFO-09/2017**. Disponível em:< [http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/Rf\\_tec\\_montes\\_claros.pdf](http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/Rf_tec_montes_claros.pdf)>. Acesso em: 26 abr., 2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). **Panorama da cidade de Montes Claros- MG**. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>>. Acesso em: 16 jun., 2018.

BOEZIO Maria Noel Morales; COSTA, João Felipe Coimbra Leite; KOPPE, Jair Carlos. **Cokrigagem colocada aplicada ao mapeamento do nível de água subterrânea**. REM. Revista Escola de Minas (Impresso), v. 59, p. 159-164, 2006.

CHAVES, Mário. Luiz de Sá. **Geologia e recursos minerais da folha Montes Claros SE.23-X-A-VI: Estado de Minas Gerais** / Mario Luiz de Sá C. Chaves [e] Kerley W. Andrade. – Belo Horizonte: CPRM, 2014.80 p.: il.: 30 cm

COPASA. **Companhia de Saneamento de Minas Gerais**. Disponível em< <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/>>. Acesso em: 25 mai., 2018.

JACOB; Alberto Augusto Eichman; YOUNG, Andrea Ferraz. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**, 2006. Disponível em <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006\\_388.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_388.pdf)>. Acesso em 06 out.2018.>

LEINZ, Viktor; AMARAL, Sérgio Estanislau. **Geologia Geral**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2001.

LEITE, Manoel. Rodrigues. **Sensoriamento remoto aplicado à análise temporal da relação uso da terra / temperatura e albedo de superfície na bacia do rio Vieira no Norte de Minas Gerais**. 2011.111f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

MANOEL FILHO, J. **Ocorrência das águas subterrâneas**. In: Feitosa, A. C. F. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. 3ed. Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, Mercione Ribeiro de. Perfil Geológico - Geomorfológico e de Montes Claros e susceptibilidades à erosão. In: V Congresso em Desenvolvimento Social, jun./jul., 2016.

PINHEIRO, Sebastião Jarbas. **Topografia e Geodésia II**. 50 p. 2012. Disponível em: <[http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15014/material/Apostila%20Top%20II%20Rev.2012-1%20\(Reparado\).pdf](http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15014/material/Apostila%20Top%20II%20Rev.2012-1%20(Reparado).pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2018.

SIAGAS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SOARES, Adenise Thais. **Sistema Ambiental da Bacia do Rio Vieira - Montes Claros/ Norte de Minas**. In: VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. ANAIS do VII CBG. Vitória, ES. 10 a 16 de agosto de 2014.

TOLMASQUIM Maurício. Tiomno. **Análise socioambiental de alternativas para o atendimento à Interligação Pirapora – Montes Claros**; Rio de Janeiro, 2009.

VELOSO, Anderson Ribeiro; NERY, César Vinícius Mendes. **Geoprocessamento aplicado à caracterização do Parque da Lapa Grande em Montes Claros/MG**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR. 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. P. 3711

## **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

