

Rebaixamento do lençol freático nos espaços urbanos da cidade de Montes Claros-MG

Lowering of the water table in the urban spaces of the city of Montes Claros-MG

Descenso del nivel freático en los espacios urbanos de la ciudad de Montes Claros-MG

Recebido: 06/05/2022 | Revisado: 15/05/2022 | Aceito: 14/05/2022 | Publicado: 21/05/2022

Raul César Ferreira Durães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6448-8979>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: raul.duraes@ufvjm.edu.br

Antônio Jorge de Lima Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9560-6213>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: antonio.gomes@ufvjm.edu.br

Jorge Luiz dos Santos Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1143-0001>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: jorge.gomes@ufvjm.edu.br

Resumo

O aumento populacional da cidade de Montes Claros-MG, somado ao baixo índice pluviométrico, a má distribuição do volume de chuva durante o ano, amplificada pelo uso exacerbado d'água na irrigação e as características geológicas da região, resultam em frequentes situações de escassez de água, consequentemente, uma expressiva exploração do volume d'água do lençol freático da área urbana e seu entorno. Nesse sentido, o artigo teve como objetivo principal avaliar o volume explotável de água para o abastecimento urbano. Ao longo do desenvolvimento do artigo, foi elencado o expressivo crescimento populacional, entre os anos de 1975 a 2020, ampliou-se de 125.216 para 413.487 habitantes. E no mesmo período, a vazão de consumo alterou de 1.007,33 m³/h para 3.326,40 m³/h. A identificação dos poços subterrâneos existentes, na localidade do estudo, foi a partir do banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Sendo que dos 2.031 poços cadastrados, 1.033 estão equipados, 303 bombeando, 204 não instalados, 117 abandonados, 74 parados, 28 não utilizáveis, 25 secos, 9 fechados e 238 sem dados. Entre estes, 154 poços tubulares foram selecionados (76 na área urbana e 78 na rural), visto a disponibilidade de dados de perfil litológico. A partir da análise da profundidade do lençol freático, o Nível Estático/Dinâmico dos poços, certificou-se que está ocorrendo o rebaixamento do lençol freático, inferindo pela exploração da água subterrânea e a impermeabilização do solo. Finalmente, é necessário a exploração d'água de forma consciente por toda a sociedade e a necessidade de ações de preservação por todos, imediatamente.

Palavras-chave: Lençol freático; Água subterrânea; Poços tubulares; Montes Claros.

Abstract

The population increase in the city of Montes Claros (MG) in Brazil, added to the low rainfall, the poor distribution of the rain during the year, amplified by the exacerbated use of water in irrigation and the geological characteristics of the region, result in frequent situations of scarcity of water, consequently, an expressive exploration of the water volume of the water table of the urban area and its surroundings. In this sense, the main objective of the article was to evaluate the exploitable volume of water for urban supply. Throughout the development of the article, the expressive population growth was listed, between the years 1975 to 2020, it increased from 125.216 to 413.487 inhabitants. And in the same period, the consumption flow changed from 1.007,33 m³/h to 3.326,40 m³/h. The identification of existing underground wells in the study location was based on the Groundwater Information System database – SIAGAS. Of the 2,031 registered wells, 1,033 are equipped, 303 pumping, 204 not installed, 117 abandoned, 74 stopped, 28 not usable, 25 dry, 9 closed and 238 without data. Among these, 154 tube wells were selected (76 in the urban area and 78 in the rural area), given the availability of lithological profile data. From the analysis of the depth of the water table, the Static/Dynamic levels of the wells, it was verified that the lowering of the water table is taking place, inferring from the exploitation of groundwater and the waterproofing of the soil. Finally, it is necessary to explore water consciously by the whole society and the need for conservation actions by everyone, immediately.

Keywords: Water table; Groundwater; Tubular wells; Montes Claros.

Resumen

El aumento de la población en la ciudad de Montes Claros (MG) en Brasil, sumado a la baja pluviometría, la mala distribución de la lluvia durante el año, amplificada por el uso exacerbado del agua en riego y las características geológicas de la región, resultan en frecuentes situaciones de escasez de agua, en consecuencia, una exploración expresiva del volumen de agua del manto freático del casco urbano y su entorno. En este sentido, el objetivo principal del artículo fue evaluar el volumen aprovechable de agua para abastecimiento urbano. A lo largo del desarrollo del artículo se enumeró el expresivo crecimiento poblacional, entre los años 1975 al 2020, pasó de 125.216 a 413.487 habitantes. Y en el mismo período, el caudal de consumo pasó de 1.007,33 m³/h a 3.326,40 m³/h. La identificación de los pozos subterráneos existentes en el lugar de estudio se basó en la base de datos del Sistema de Información de Aguas Subterráneas – SIAGAS. De los 2.031 pozos registrados, 1.033 están equipados, 303 con bombeo, 204 sin instalar, 117 abandonados, 74 parados, 28 no aprovechables, 25 secos, 9 cerrados y 238 sin datos. De estos, se seleccionaron 154 pozos entubados (76 en el área urbana y 78 en el área rural), dada la disponibilidad de datos de perfil litológico. Del análisis de la profundidad del nivel freático, los niveles Estático/Dinámico de los pozos, se verificó que se está produciendo el descenso del nivel freático, infiriendo de la explotación de las aguas subterráneas y la impermeabilización del suelo. Finalmente, es necesario explorar el agua de manera consciente por parte de toda la sociedad y la necesidad de acciones de conservación por parte de todos, de inmediato.

Palabras clave: Lençol subterráneo; Agua subterránea; Pozos tubulares; Montes Claros.

1. Introdução

O crescimento populacional da cidade de Montes Claros - Minas Gerais somado ao baixo índice pluviométrico, a má distribuição do volume de chuvas durante a estação seca de abril a setembro, amplificada pelo uso exacerbado d'água na irrigação e as características geológicas da região, que por sua vez, dificultam a implantação de barramentos de grande porte para acumulação de água para o abastecimento urbano. Sendo que a somatória destes fatores expande a exploração do volume d'água do lençol freático da área urbana e seu entorno.

Além dos fatores mencionados anteriormente, outro ponto também a ser considerado é a precipitação anual da Região Hidrográfica do São Francisco (em que se encontra a sub-bacia do Rio Verde Grande e a localidade estudada), ser abaixo da média nacional, a qual exhibe frequentes situações de escassez de água, consequentemente, um expressivo impacto no abastecimento urbano. (ANA, 2018).

Além dessas características supracitadas, essa localidade enfrentou, entre o período de outubro de 2015 a março de 2020, a maior crise hídrica da sua história. Assim, resultou em deterioração dos reservatórios que abastecem esse município e foi necessária a implantação do racionamento para o abastecimento urbano (COPASA, 2017, 2020).

A finalidade do estudo foi realizar uma análise detalhada sobre os impactos da utilização d'água subterrânea por meio de poços tubulares, na área urbana da referida localidade, bem como o rebaixamento do lençol freático da região estudada. Identificar, também ações que serão apresentadas ao longo deste artigo, para mitigar a ameaça que se aproxima a cada instante. Por fim, relatar os impactos ambientais sofridos que, por conseguinte, podem ter somado para o feito. Assim sendo, o trabalho será desenvolvido em torno do seguinte problema: a exploração da água subterrânea em que a cidade de Montes Claros-MG está inserida tem impactado no rebaixamento do nível do lençol freático?

O estudo foi realizado com base em pesquisas bibliográficas, análise de dados públicos e oficiais. Este será subsídio para “tomada de decisões” e, se necessário, ações de preservações deverão ser realizadas. Assim, essas informações poderão ser utilizadas por: Órgãos Ambientais Federais, Estaduais e Municipais que atuam perante aos recursos hídricos; Companhia de Saneamento; Prefeitura de Montes Claros; Empresas Autônomas e Privadas que utilizam o lençol freático; Universidades com seus respectivos acadêmicos e a população montes-clarense de modo geral, possibilitando aos mesmos o acesso ao conhecimento da realidade hídrica da região.

A água subterrânea vem sendo uma fonte alternativa para o abastecimento, a fim de suprir a necessidade população urbana local. Isso posto, em 2002, Soares *et al.* (2002, p. 41), relatam que na microrregião de Montes Claros “A água subterrânea tem atualmente um papel significativo para o abastecimento público, contribuindo como parcela complementar no

atendimento às áreas urbanas e como praticamente único manancial nas zonas rurais”.

Observa-se que a sociedade e os pesquisadores têm interesse relevante no assunto. Estes compreenderam a oportunidade de investigação para contribuir com a sociedade montes-clarense, o que justifica sua escolha. Ao mesmo tempo, o momento histórico não poderia ser mais adequado, na necessidade e na razão, em estudar o lençol freático e a crise hídrica vivenciada nos anos de 2015 a 2020, na região de Montes Claros. Sendo necessária a implantação de rodízio do abastecimento, para possibilitar o atendimento de toda a população com volume mínimo necessário para o consumo humano, vista a baixa disponibilidade hídrica no período.

De acordo com Tolman (1937 *apud* Feitosa, 2008, p.5), [...] poços construídos para captação [...] por volta de 800 a.C., comprovam que as águas subterrâneas são aproveitadas pelo homem desde a idade antiga, [...] muito antes da compreensão da sua origem. Reforça assim, a constante necessidade do monitoramento e a realização do estudo.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2020) destaca-se a relevância hídrica no mundo, onde que:

Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. Logo, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que ela tem para a vida humana.

A partir da importância hídrica em todo o planeta, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (2018) monitora a qualidade das águas subterrâneas, para assim, proporcionar benefício à sociedade, estratégias de conservação e de recuperação, e o uso racional dos recursos hídricos.

Neste contexto, o presente artigo visa avaliar os impactos da exploração d'água subterrânea, por meio de poços tubulares, na área urbana de Montes Claros, bem como o rebaixamento do lençol freático da referida localidade.

2. Metodologia

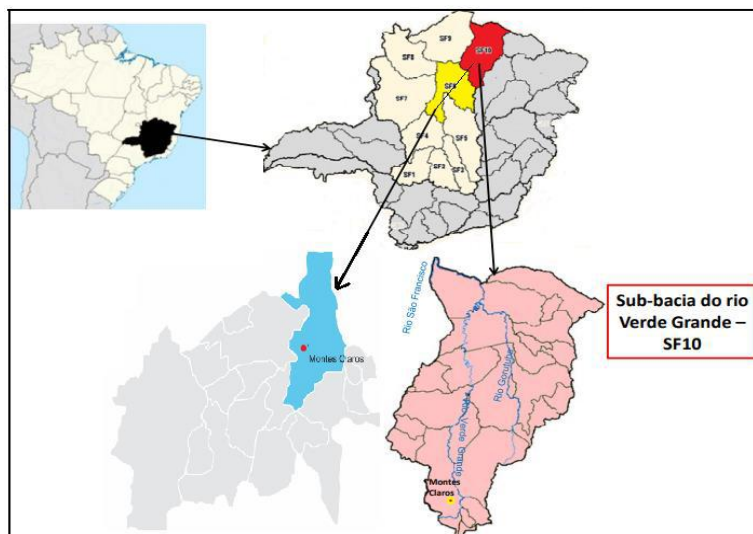
A cidade de Montes Claros-MG está inserida principalmente no sistema aquífero do Grupo Bambuí e situada na região de clima semiárido, com variações pluviométricas de 800 a 1.200 mm/ano e temperaturas médias superiores aos 24° C. (Chaves *et al.*, 2014; Fiume *et al.*, 2019).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020), a cidade de Montes Claros possui uma área territorial total de 3.589.811 km² e uma área de perímetro urbano de 38,7 km². A mesma apresenta uma população estimada de 413.487 pessoas e localiza-se no Norte de Minas. Ademais, é considerada o 6º município em população de Minas Gerais e o 62º do Brasil, sendo conhecida como a Capital do Norte de Minas. A localização da cidade estudada está representada na Figura 1.

A população da cidade de Montes Claros tem ampliado a cada ano e conforme o IBGE, a estimativa da população residente na área urbana de Montes Claros era de 125.216 habitantes no ano de 1975 e assim, a mesma vem crescendo a cada ano, de acordo apresentado no Gráfico 1 – Evolução da População da Cidade de Montes Claros-MG.

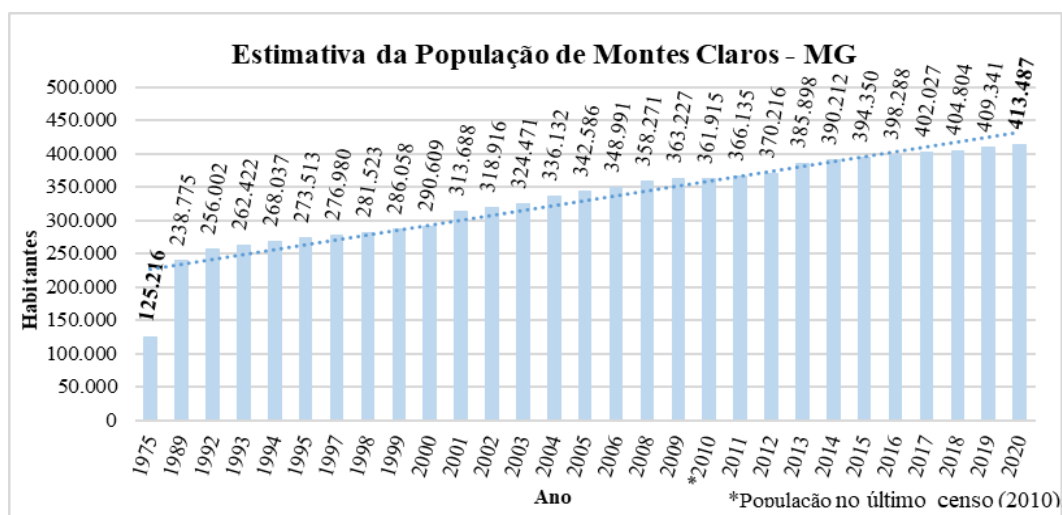
Em relação ao crescimento populacional na área de estudo, dentre os anos de 1975 a 2020, que compreendem 45 anos, a população multiplicou em aproximadamente 3,3 vezes, ou seja, 330,22%, alterando de 125.216 para 413.487 munícipes. (IBGE, 2022).

Figura 1 – Mapa de localização de Montes Claros e da sub-bacia Verde Grande.



Fonte: Souza *et al* (2012). Adaptado pelos autores.

Gráfico 1 – Evolução da População da Cidade de Montes Claros – MG.

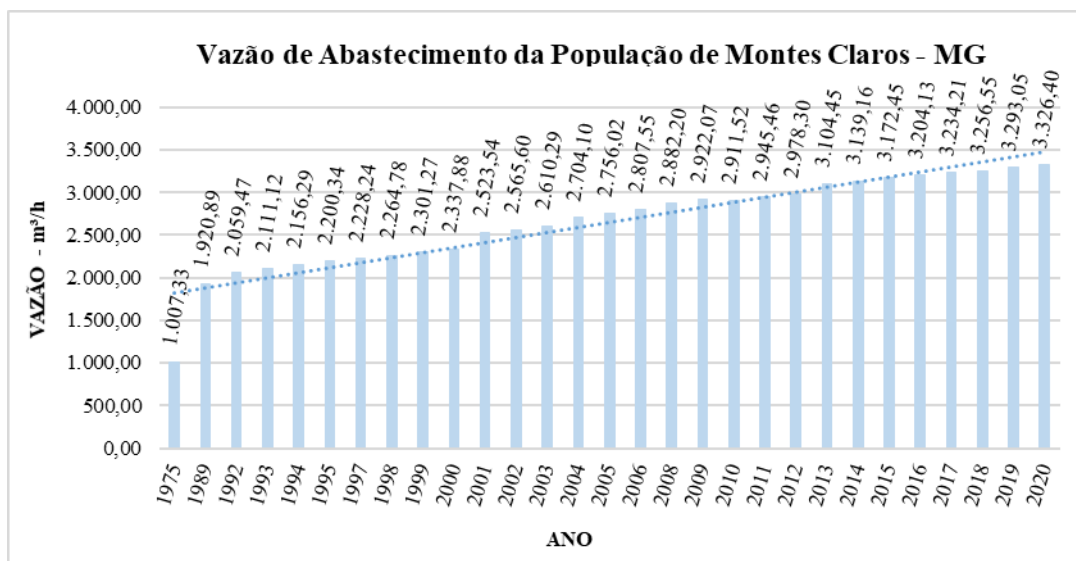


Fonte: Autores (2022).

Segundo os dados apresentados pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais – ARSAE (2020), para o abastecimento da população urbana de Montes Claros, é preciso uma vazão média de 924 l/s, isto é, 3.326,40 m³/h. Neste cenário, para manter o abastecimento dos 413.487 habitantes, a vazão necessária é de 3.326,40 m³/h, o que representa o volume diário de 79.833,60 m³/dia, em outras palavras, 79.833.600 litros/dia. Desta forma, o consumo médio per capita de água calculado é de 193,07 l/hab./dia.

Considerando a ausência de identificação da vazão nos anos mencionados por meio de dados oficiais da localidade estudada, será utilizado o consumo médio per capita de água calculado em 2020 de 193,07 l/hab./dia. Assim, retrocedendo no ano de 1975, a vazão que era necessária para o abastecimento de Montes Claros era de 24.175.957 litros/dia, isto é, 1.007,33 m³/h. Diante do exposto e do atual cenário do volume necessário para manter o abastecimento populacional de Montes Claros, o Gráfico 2 apresenta o crescimento da vazão em m³/h ao longo dos anos e que o cenário projeta crescimento para os anos futuros da vazão da cidade de Montes Claros-MG.

Gráfico 2 – Crescimento da Vazão para Abastecimento da População Urbana de Montes Claros-MG entre os anos 1975 a 2020



Fonte: Autores (2022).

-Características Hidrográficas

De acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (2003) e a ANA (2010) *apud* Diniz *et al* (2014), o Mapa Hidrogeológico do Brasil tem uma classificação específica e essa é definida pela Resolução 32/2003. Assim, entre as 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras, estão inseridas a Região Hidrográfica do São Francisco e a Sub-bacia Verde Grande – São Francisco, em que se encontra a região de estudo (lençol freático que está inserida a área urbana de Montes Claros - Minas Gerais). (Chaves *et al.*, 2014; Diniz *et al.*, 2014).

Conforme Chaves e Andrade (2014, p. 21), no aspecto hidrográfico:

A Folha Montes Claros situa-se quase integralmente no contexto da bacia do Rio São Francisco. No extremo sudeste da área, encontra-se a zona das cabeceiras do Rio Macaúbas, um afluente da bacia do Rio Jequitinhonha. Na porção central da folha, o vale do Rio Verde Grande constitui a principal drenagem a nível regional. Seu principal afluente é o Rio Juramento, que foi represado nas proximidades do vilarejo de Traçadal, servindo de reservatório para o abastecimento de água potável da cidade de Montes Claros.

Segundo Leite (2020), o município de Montes Claros é drenado por várias bacias hidrográficas e a principal destas, é a Bacia do Rio Verde Grande, cuja a extensão é de 147,15 km.

-Características Geoambientais

Citado por Chaves e Andrade (2014), no contexto Geológico Regional, a região de Montes Claros está inserida na zona de transição entre o Cráton São Francisco e a Faixa de Dobramentos Araçuaí. Os domínios de natureza geotectônica correspondem às seguintes unidades litoestratigráficas (reconhecidas na região): Supergrupo Espinhaço; Supergrupo São Francisco (objeto do estudo); Grupo Areado; Depósitos Detrítico-Lateríticos, Colúvio-Eluviais e Aluvionares.

O Supergrupo São Francisco, conforme Chaves e Andrade (2014), é representado pelos Grupos Macaúbas e Bambuí. O primeiro domínio tectônico, Grupo Macaúbas encontra-se em pequeno trecho da borda oeste do Orógeno Araçuaí e já o segundo, o Grupo Bambuí ocorre sobre a maior parte da Folha Montes Claros.

-Características Hidrogeológicas

A partir do pressuposto de Feitosa *et al.* (2008, p. 13), esse menciona a importância da água subterrânea, fato este que “o manancial subterrâneo constitui o maior volume de água doce que ocorre na Terra na forma líquida”. E “de acordo com as informações de usos do IGAM”, a Bacia do Rio Verde Grande, é a região de maior exploração de água subterrânea do Norte de Minas, em que o volume de reserva explorável é de aproximadamente 169,5 hm³/ano. (Cândido, 2019).

Estratificando a região do estudo, que por sua vez, encontra-se na Bacia do Rio Verde e na sub-bacia - Médio Verde Grande Trecho Alto, a disponibilidade hídrica subterrânea, do mesmo modo que o recurso potencial explorável, o mesmo tem variação de 1,20 m³/s (PRH Verde Grande) a 4,61 m³/s (CPRM - 2019). (Cândido, 2019 *apud* HIDROBR, 2019).

O IGAM (2018) realiza o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas desde 2005, por meio do Programa Águas de Minas, e este traz o benefício à sociedade de modo geral, visto que permite a caracterização hidrogeologia regional e a avaliação das condições, bem como conhecer a qualidade e a quantidade das águas no Estado de Minas Gerais. A ferramenta permite definir estratégias para a conservação, a recuperação e o uso racional dos recursos hídricos.

Segundo o IGAM (2018):

O monitoramento das águas subterrâneas no Norte de Minas Gerais – região do semiárido que abrange três sub-bacias hidrográficas da bacia do rio São Francisco – a sub-bacia do rio Verde Grande (UPGRH SF10), a sub-bacia dos rios Jequitaí e Pacuí (UPGRH SF6) e a sub-bacia do rio Pandeiros (UPGRH SF9). Nesta região de monitoramento, há predomínio do aquífero Bambuí, do tipo cárstico, cárstico-fissurado e fissurado, com prevalência de duas primeiras feições hidrogeológicas.

Esta pesquisa se caracteriza por utilizar métodos quantitativos, qualitativos, exploratórios e estatísticos, aliados ao levantamento bibliográfico e identificação dos poços subterrâneos existentes na área de estudo.

Silva (2014) aborda estes métodos da seguinte forma:

Na abordagem quantitativa, as análises serão feitas a partir da quantificação dos dados levantados e, para isso, serão utilizados gráficos, tabelas e porcentagens.

Já a abordagem qualitativa será utilizada com o intuito de interpretar e analisar os resultados encontrados, bem como dar significado e respostas aos mesmos.

Em relação aos métodos exploratórios, esses serão utilizados com objetivo de compreender os dados e resultados analisados através de pesquisas bibliográficas, ou seja, proporcionar visão geral acerca das informações encontradas.

Os métodos estatísticos serão utilizados para simplificar toda a pesquisa, desde a definição do problema à análise e interpretação dos dados, através de soluções, para que os dados encontrados possam ser estudados e analisados de forma objetiva, mediante os parâmetros estabelecidos.

Por fim, serão utilizadas as metodologias e as normativas, de acordo com as diretrizes sobre a qualidade da água para o consumo humano da Organização Mundial da Saúde – OMS, a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, Capítulo II, Art. 5º e a Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, ambas do Ministério da Saúde – MS. (OMS, 2020; Ministério da Saúde, 2020, 2021). No que diz respeito a coleta das informações será a partir de base de dados oficiais e públicos.

3. Levantamento de Dados

O levantamento dos dados foi realizado com base em informações oficiais e públicas. A identificação dos poços subterrâneos no Município de Montes Claros-MG foi realizada a partir da coleta das informações disponibilizadas no banco de dados da CPRM, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, e permitiu o entendimento da realidade hídrica da região, bem como, as características hidrográficas, geográficas, hidrogeológicas e geoambientais.

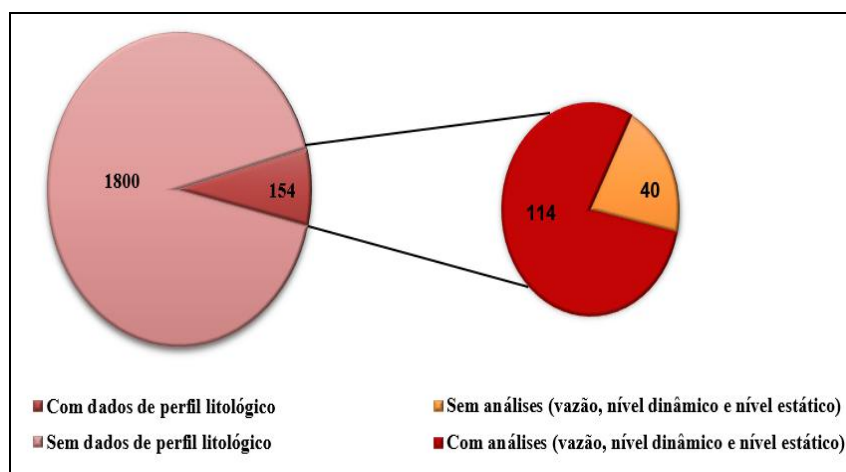
De acordo com a última atualização dos dados, extraída do site do SIAGAS em 30/04/2021, a área de estudo possui 2.031 poços cadastrados, sendo que desses, 1.033 estão equipados, 303 bombeando, 204 não instalados, 117 abandonados, 74 parados, 28 não utilizáveis, 25 secos, 9 fechados e 238 não apresentam informação da situação em que se encontram (nomeados como “indefinidos”).

Inicialmente foram selecionados apenas os poços tubulares para serem estudados, resultando em 1.954, sendo que os outros não tubulares, avaliados como: poços escavados (49), poços de monitoramento (10), poço amazonas (2), fonte natural (3), piezômetro (2), nascente (9) e não apresentaram a natureza do ponto (2), foram excluídos do estudo.

Assim, observa-se que dos 2.031 poços, 1.954 são poços tubulares e 77 não são tubulares (outros). Desses 1.954 poços tubulares, apenas 154 apresentaram informações “Com dados de perfil litológico” e os outros 1.800 “Sem dados de perfil litológico”. Por fim, além desses parâmetros apresentados, foi utilizado o teste de bombeamento com os seguintes componentes: nível estático, nível dinâmico e vazão.

Desta maneira, a partir desse método, dos 154 poços que exibiram descrições com dados de perfil litológico, apenas 114 poços apresentaram simultaneamente as análises para medições de nível estático, nível dinâmico e vazão (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Poços com dados de Nível Estático, Nível Dinâmico e Vazão (abril, 2021).



Fonte: CPRM - SIAGAS (2021), adaptado pelos autores.

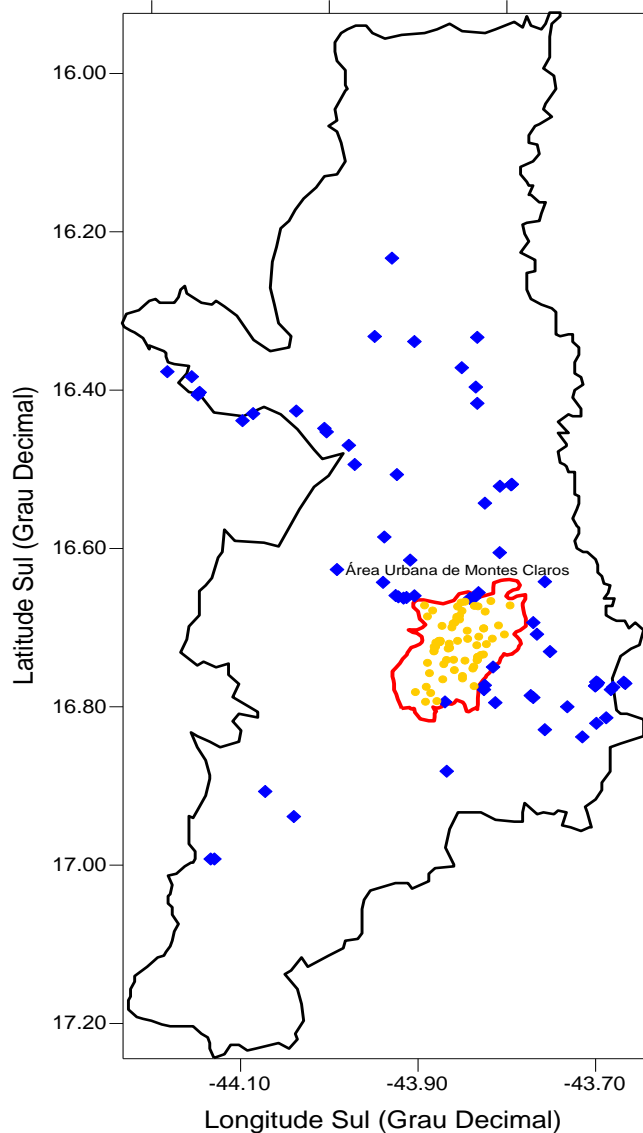
4. Resultados e Discussão

Neste tópico, serão apresentados os resultados ao longo deste artigo, em que dos 2.031 poços cadastrados, no banco de dados do SIAGAS da região estudada, somente 154 poços tubulares foram selecionados, visto que apresentaram informações técnicas, isto é, dados de perfil litológico. E a partir das análises destes, foi avaliado o impacto da exploração da água subterrânea na cidade de Montes Claros-MG e o nível do lençol freático. A localização dos 154 poços é apresentada na Figura 2.

Os dados gerais dos poços analisados, isto é, os 154 poços tubulares selecionados para estudos estão na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Região Sudeste do Brasil, no Estado de Minas Gerais, Município de Montes Claros-MG, e na Sub-bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e do Rio Verde Grande. Esses, ilustrados na Figura 2, estão delimitados na área, -44,2 a -43,6 Longitude Sul, e -17,0 a -16,2 Latitude Sul, cujas coordenadas geográficas estão em grau decimal.

Destes, 76 poços estão situados na área urbana, destacados na cor amarela, e os outros 78 poços estão na área rural e distritos de Montes Claros, destacados na cor azul.

Figura 2 – Mapa de Localização dos Poços em Montes Claros (Cor Amarela Área - Urbana e Cor Azul - Rural)



Fonte: Autores (2022).

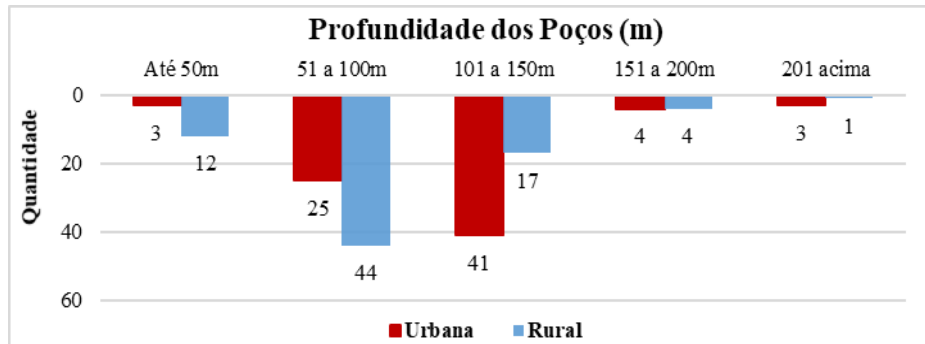
-Profundidade dos Poços da Área Rural e Urbana

As profundidades dos 154 poços perfurados foram separadas para análise da profundidade em cinco distinções, a saber: Até 50 m; 51 a 100 m; 101 a 150 m; 151 a 200 m; e 201 m acima.

Neste contexto, a maioria dos poços está com a profundidade variando de 51 a 150 m, ou seja, 128 poços que representam 83,2% dos poços estudados, em que a profundidade média geral é 106,19 m. Assim sendo, dos poços perfurados na área rural, 57,1% estão com a profundidade entre 51 a 100 m e a profundidade média é de 88,60 m. Enquanto na área urbana a situação é diferente, ou seja, 53,2% dos poços perfurados estão no elo de 101 a 150 m de profundidade e a média é 121,60 m. O Gráfico 4 permite a visualização da quantidade dos poços versus a relação de profundidades e o Gráfico 5, a profundidade real dos 142 poços.

A Figura 3 apresenta o Mapa da Profundidade dos Poços e, entre as várias observações, é possível inferir que os poços das proximidades do centro urbano estão mais profundos.

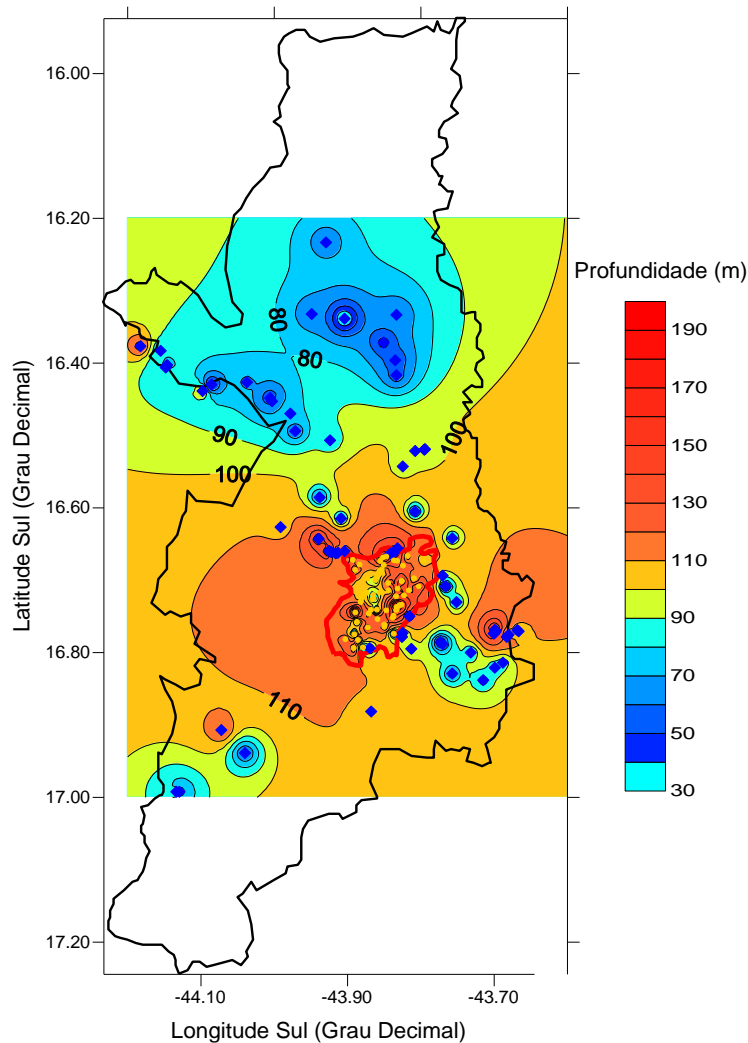
Gráfico 4 – Quantidade de Poços por Profundidade do Município de Montes Claros.



Fonte: Autores (2022).

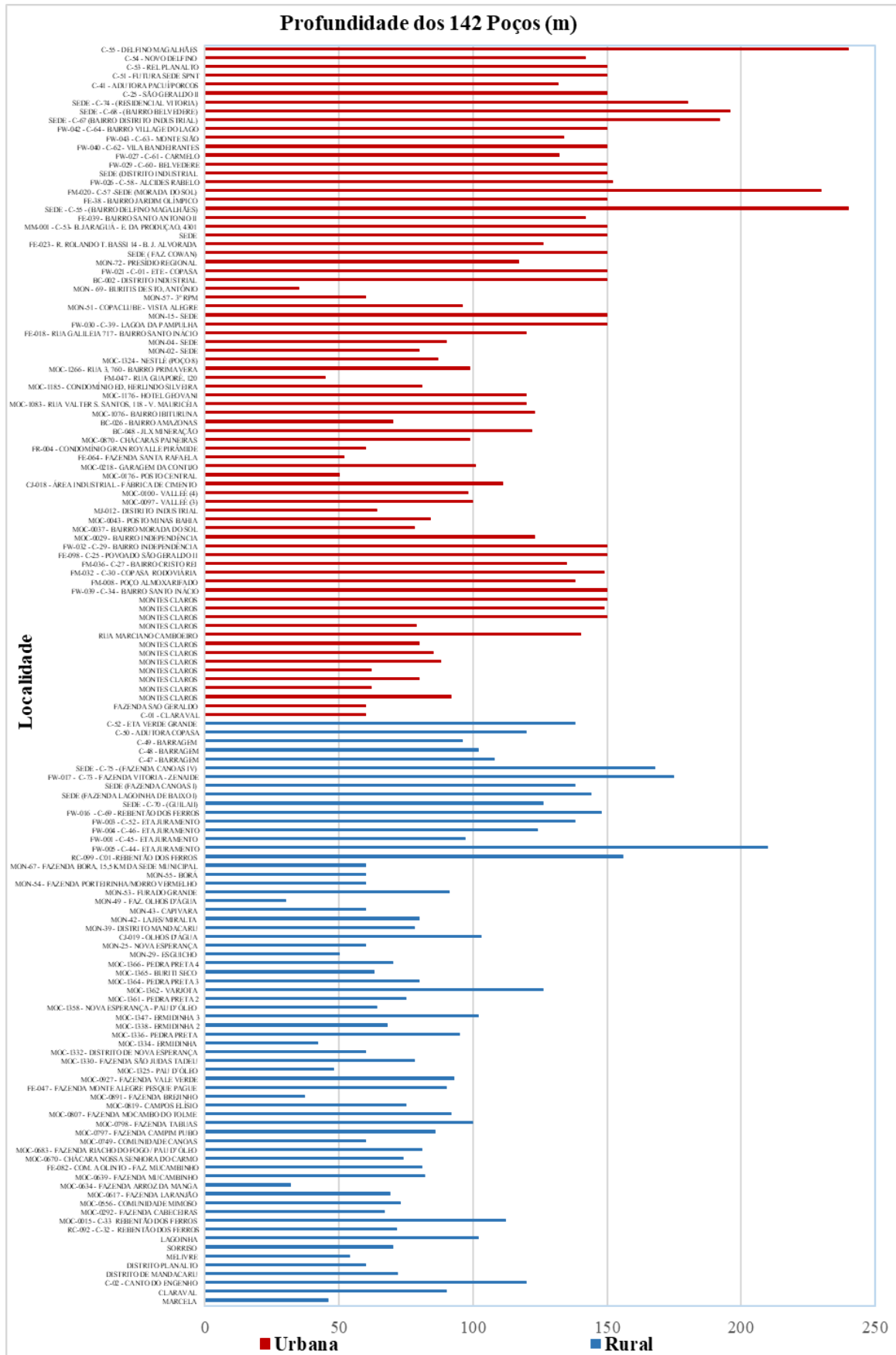
Além disso, a profundidade dos poços está diretamente ligada à impermeabilização do solo na área urbana, vista a dificuldade de infiltração da água e a exploração dos mesmos. Na área rural verificam-se alguns pontos isolados destacados na cor azul claro/azul escuro, que certifica-se área de recarga do lençol freático.

Figura 3 – Mapeamento Regional da Profundidade dos Poços de Montes Claros.



Fonte: Autores (2022).

Gráfico 5 – Distribuição da Profundidade Urbana e Rural dos Poços de Montes Claros.



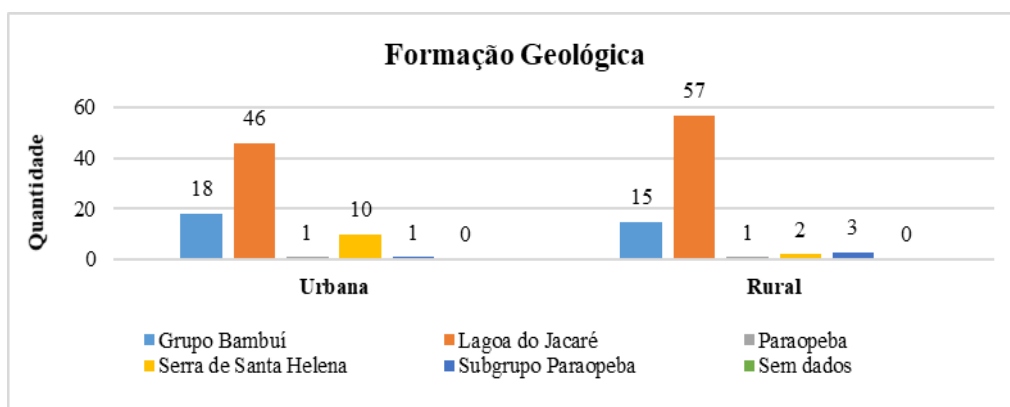
-Formação Geológica dos Poços Analisados

Na Folha Geológica de Montes Claros identificada no artigo, todos os 154 poços analisados apresentaram o tipo de formação. Desta forma, os 5 tipos de formações geológicas identificadas, são: Grupo Bambuí; Lagoa do Jacaré; Paraopeba; Serra de Santa Helena; e Subgrupo Paraopeba.

A Formação Geológica predominante na região de Montes Claros, de acordo com o estudo é a Lagoa do Jacaré, que significa 66,9% da totalidade, sendo mais presente na área rural, equivalente a 74,0% e 59,7% na área urbana. O segundo Tipo de Formação relevante é o Grupo Bambuí, que corresponde a 21,4% do total, porém, o predomínio é na área urbana de 23,4%. E o terceiro é a Serra de Santa Helena, que representa 7,8% de todas as áreas.

A somatória dos três Tipos de Formação Geológica é de 96,1%. Assim sendo, o Gráfico 6 apresenta a formação geológica dos poços na área urbana e na área rural.

Gráfico 6 – Formação Geológica dos Poços do Município de Montes Claros.

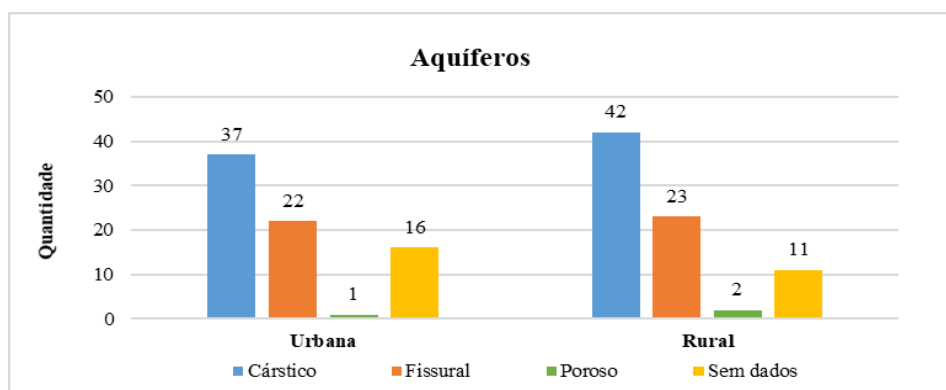


Fonte: Autores (2022).

-Aquíferos

Na análise Hidrogeológica, os 154 poços, 127 poços têm dados dos Aquíferos, o que significa 82,5% do total, dos seguintes tipos: Cárstico, Fissural e Poroso. Dos poços que têm dados para avaliação, o Aquífero Cárstico está na maior abrangência do estudo, isto é, em 62,2% da área do trabalho, enquanto o Aquífero Fissural representa 35,4% da mesma área e o Aquífero Poroso concebe os 2,4%. Confirmando, assim, as informações relatadas pelo IGAM (2018) e ANA (2018). Para melhor entendimento, o Gráfico 7 exibe os Aquíferos na área Rural e na área Urbana.

Gráfico 7 – Tipos de Aquíferos dos Poços da Área de Estudo.



Fonte: Autores (2022).

-Nível Estático

O Nível Estático - NE é uma importante referência na verificação do teste de bombeamento dos poços tubulares, pois além de especificar a profundidade do início da camada disponível da água, está diretamente proporcional ao nível do lençol freático. Desta forma, decorrente da ausência de dados específicos do “Nível Água” dos 154 poços, que permitissem o aprofundamento na análise dos poços, o nível do lençol freático será verificado em conjunto com o nível estático dos poços.

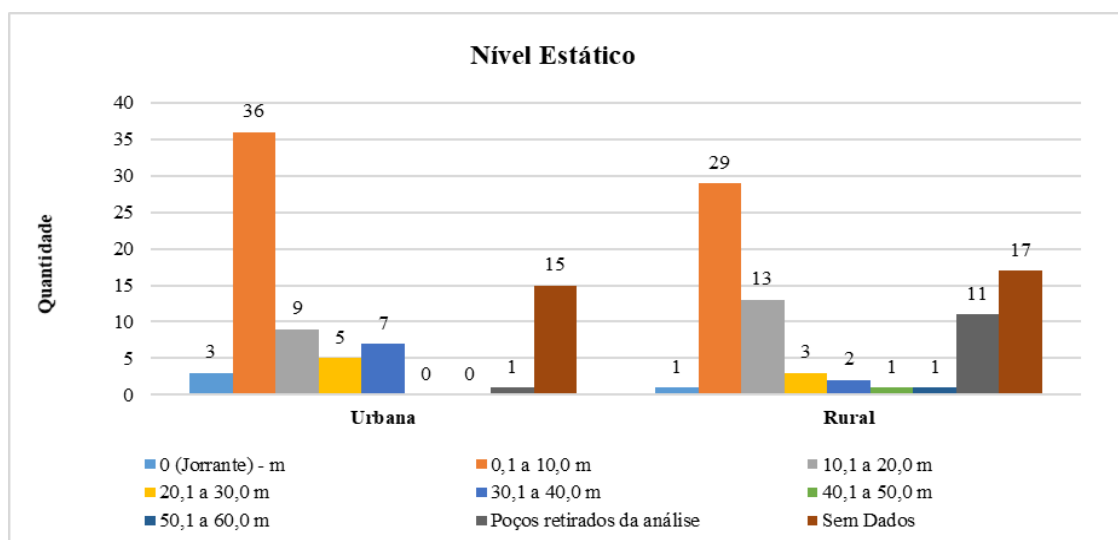
Dos 154 poços tubulares explanados, há dados de Nível Estático para análise em 122 desses, que por sua vez, representam 79,2% do completo. Mas, considerando que os dados disponíveis não condizem com o atual cenário, alguns foram retirados do estudo, permanecendo 110 poços, isto é, 71,4% do total. Para apropriação, foram adotadas as medidas de separações a cada 10 metros, que consistem em:

- 0 (Poço jorrante);
- 0,1 a 10,0 m;
- 10,1 a 20,0 m;
- 20,1 a 30,0 m;
- 30,1 a 40,0 m;
- 40,1 a 50,0 m;
- 50,1 a 60,0 m.

O Nível Estático em 59,1% dos poços em que há dados, tem mantido a estabilidade variando de 0,1 a 10,0 m. Ampliando a escala de 0,1 a 20,0 m, esse índice aumenta para 79,1%, ou seja, 87 dos 110 poços.

O Gráfico 8 demonstra o Nível Estático dos 110 poços, que por sua vez a média total do nível estático é 11,42 m. Já a média do nível estático dos poços na área urbana e na área rural, são respectivamente, 11,40 m e 11,43 m. Isso significa, que o lençol freático quando é analisado nesse quesito encontra-se estável. Na análise do nível estático, variando acima de 30,1 m, 10,0% dos poços têm mantido a estabilidade acima, representando 11 poços do inteiro.

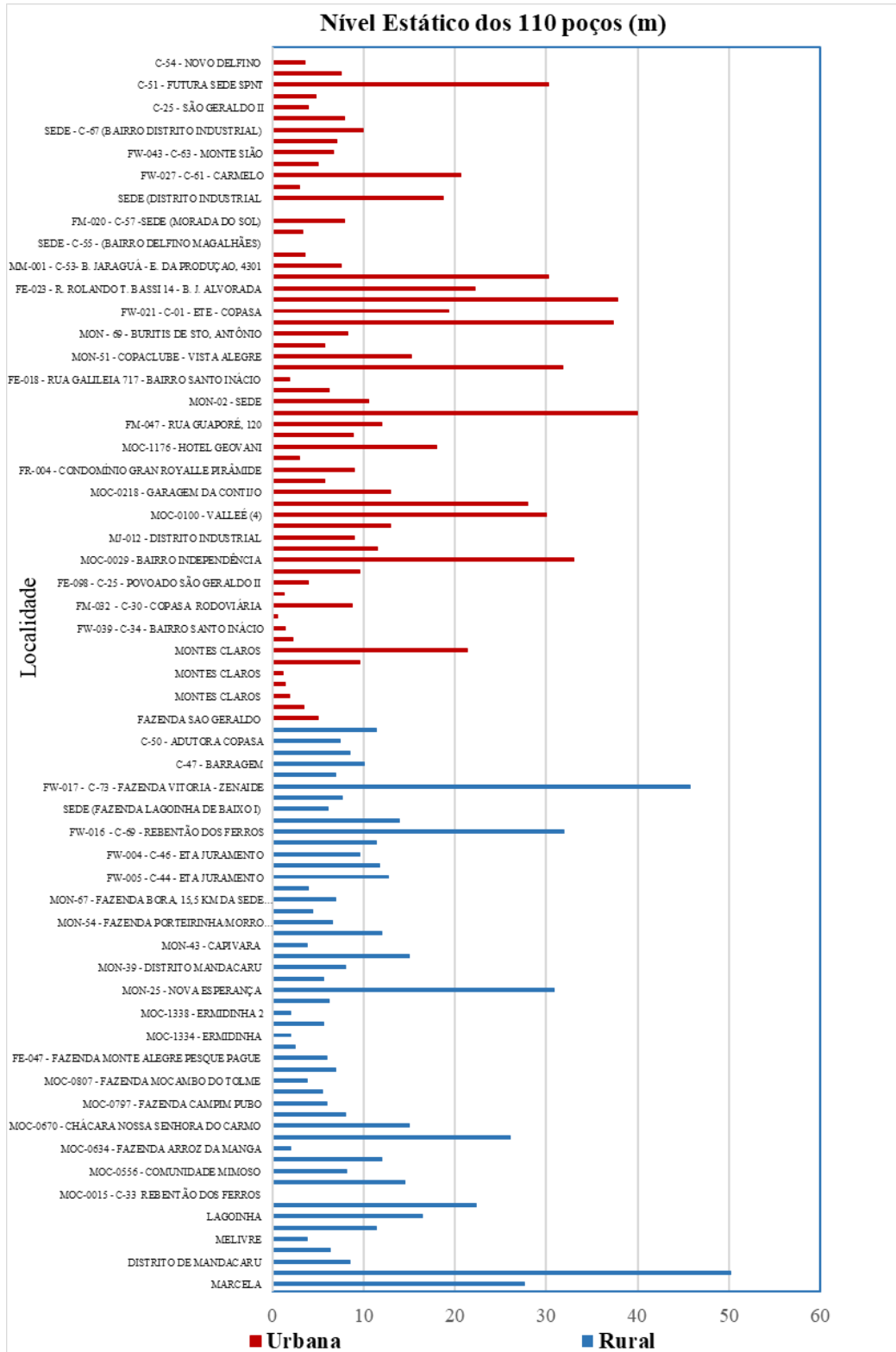
Gráfico 8 – Quantidade de Poços com Nível Estático da Área Estudada.



Fonte: Autores (2022).

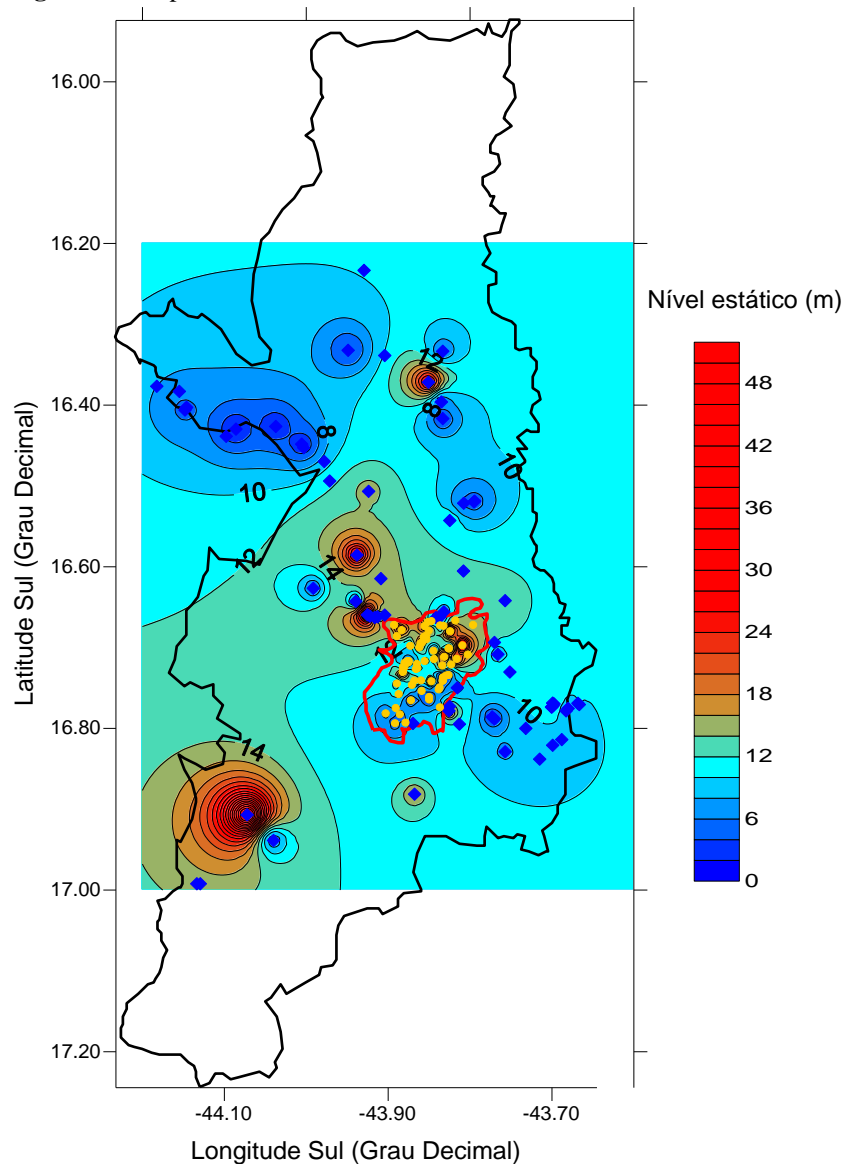
A Figura 4 exibe o Mapa do Nível Estático, onde é possível visualizar com clareza os níveis e, assim, complementar o entendimento. O Gráfico 9 apresenta a quantidade de poços versus o nível estático variando de 0 a 50,0 m.

Gráfico 9 – Distribuição do Nível Estático dos Poços do Município de Montes Claros.



Fonte: Autores (2022).

Figura 4 – Mapa do Nível Estático na Área Urbana e Rural de Montes Claros



Fonte: Autores (2022).

-Nível Dinâmico

O Nível Dinâmico - ND é um outro dado extraordinário na averiguação do teste de bombeamento dos poços tubulares, pois o mesmo menciona o nível da permanência do lençol freático a partir da exploração constante d'água, bem como a estabilização da vazão.

Prosseguindo na análise do Teste de Bombeamento, bem como o Nível Dinâmico, entre os 154 poços estudados, 121 existem dados para investigação. Todavia, considerando que os dados disponíveis não condizem com o atual cenário, alguns foram retirados do estudo, permanecendo 110 poços, isto é, 71,4% do total. Portanto, para a assimilação dos elementos serão utilizadas medidas de separações a cada 10 metros, semelhantes a avaliação do Nível Estático, citado anteriormente, a saber:

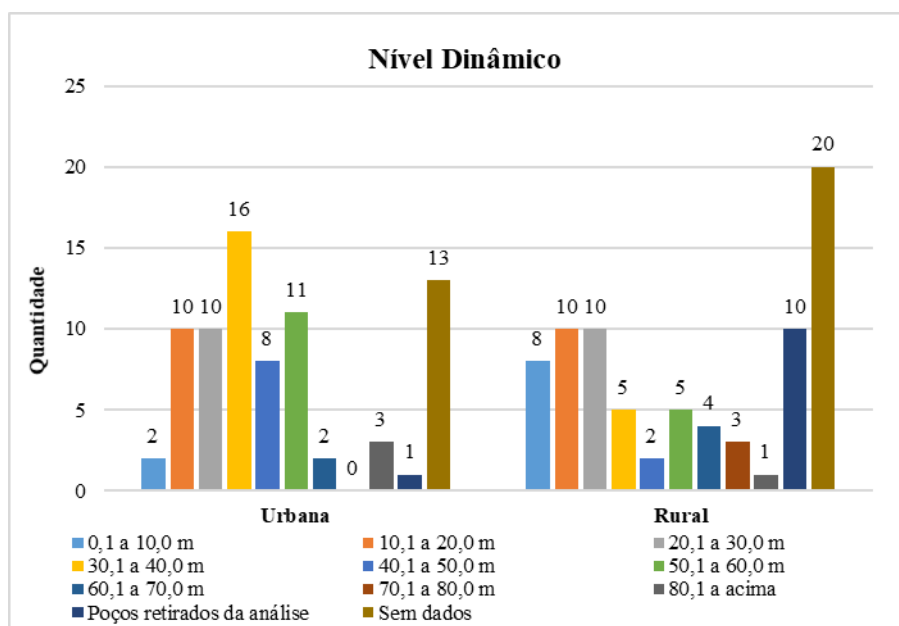
- 0,1 a 10,0 m;
- 10,1 a 20,0 m;
- 20,1 a 30,0 m;
- 20,1 a 30,0 m;
- 30,1 a 40,0 m;

- 40,1 a 50,0 m;
- 50,1 a 60,0 m;
- 60,1 a 70,0 m;
- 70,1 a 80,0 m;
- 80,1 acima.

Dos 110 poços apresentados, na análise geral, 27,3% dos poços têm mantido o Nível Dinâmico na faixa de 0,1 a 20,0 m e ampliando a abrangência para 40 m de coluna d'água, em outras palavras, de 0,1 a 40 m a relação passa a ser 64,5%. Já analisando o Nível Dinâmico na faixa entre 0,1 a 30 m, na área rural é 58,3%, enquanto na área urbana na mesma relação a situação altera para 35,4%. Mudando a faixa para acima de 30,1 m, os poços na área rural, representam 41,7% e na área urbana alteram para 64,5%, identificando que o lençol freático na área urbana a partir da exploração dos poços está mais baixo que na área rural.

A partir do Gráfico 10, torna-se possível certificar a relação da quantidade de poços por faixa do nível dinâmico.

Gráfico 10 - Quantidade de Poços com Nível Dinâmico no Município de Montes Claros.

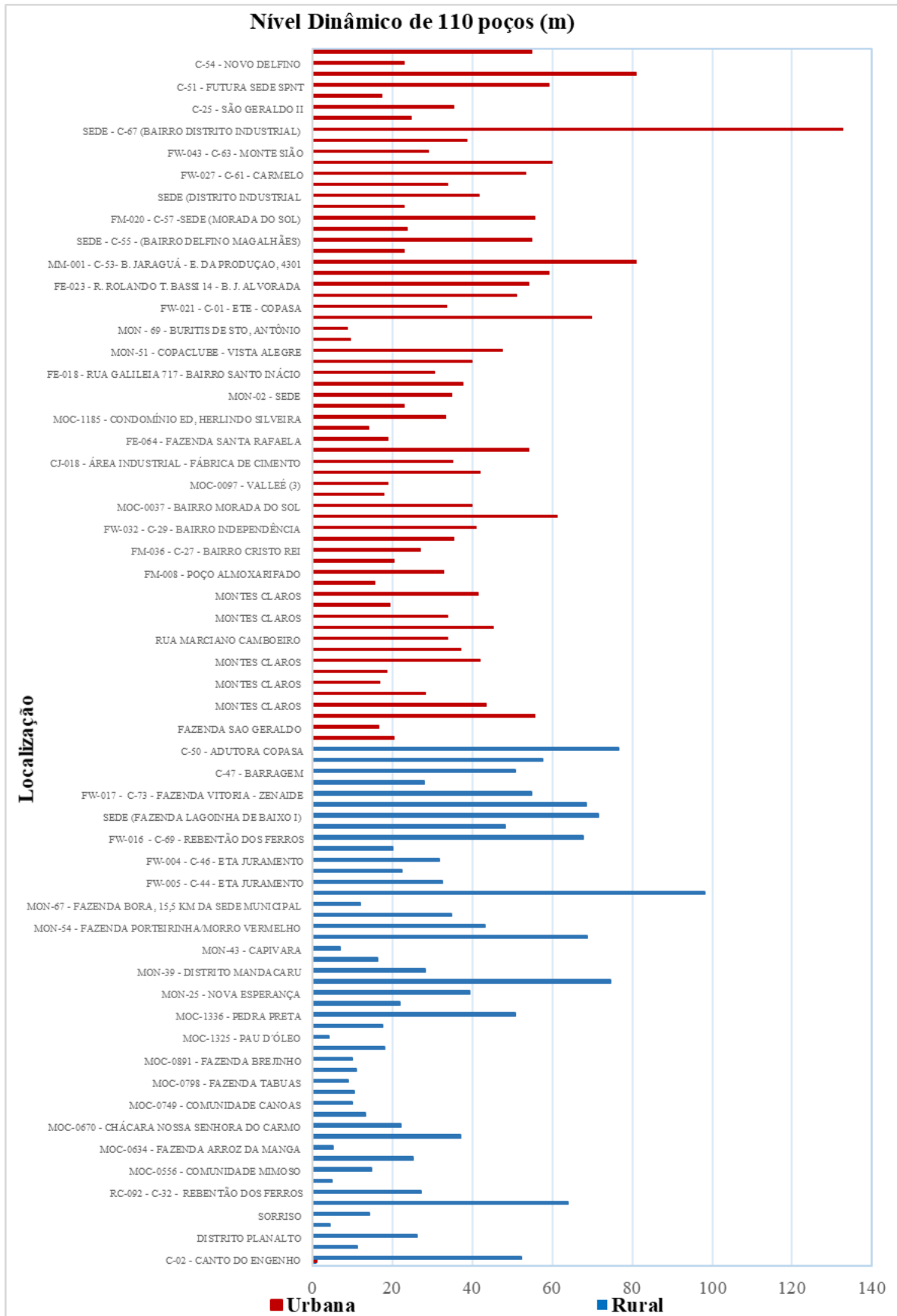


Fonte: Autores (2022).

O Gráfico 11 apresenta a relação do nível dinâmico de cada poço, bem como os 13 poços com o nível superior a 60 m. Acerca do nível dinâmico médio total dos poços da área estudada é de 35,82 m e, em contrapartida, quando analisa apenas a área rural, o mesmo altera para 32,40 m e a investigação exclusivamente da área urbana, ocorre alteração para 38,47 m. Por conseguinte, confirmando mais uma vez o rebaixamento do nível dinâmico em 6,07 m na área urbana, comparando com a área rural.

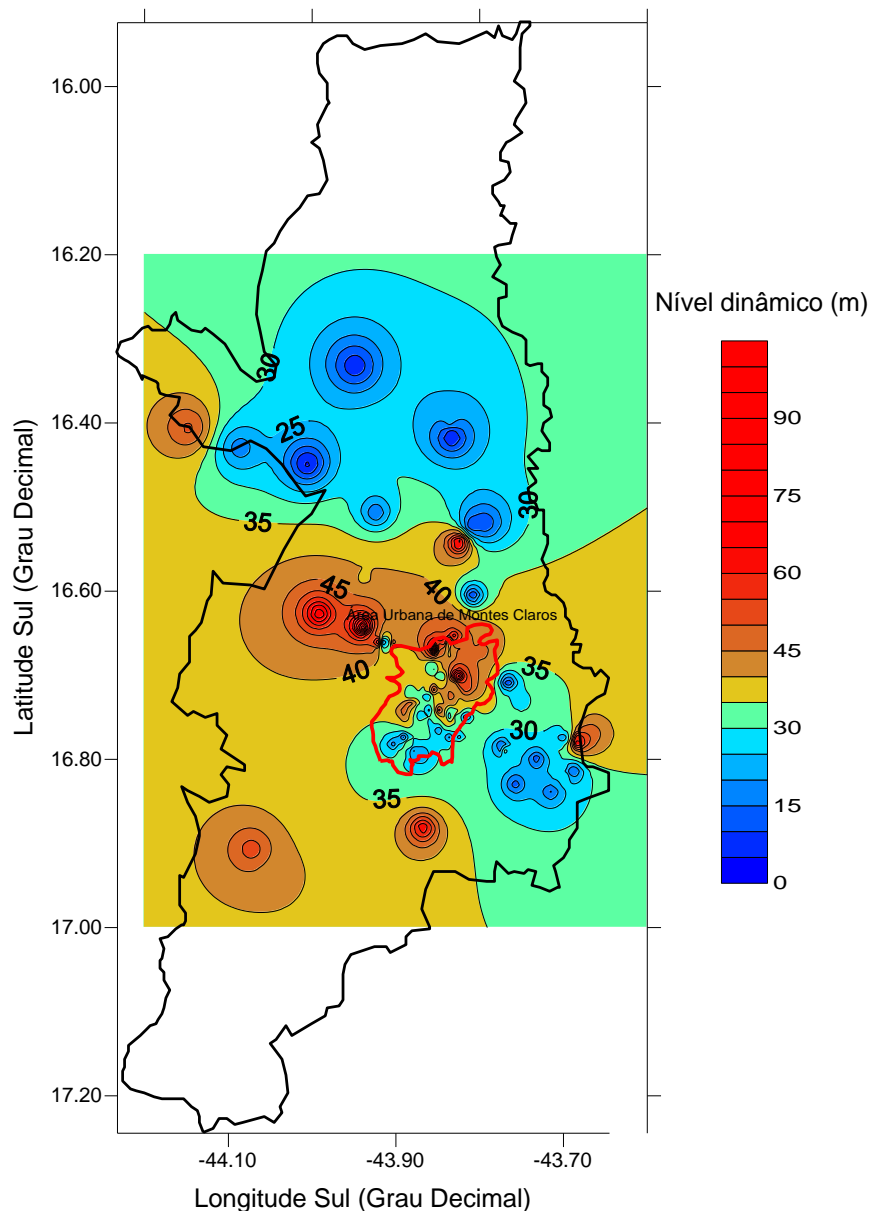
A Figura 5 mostra o Mapa do Nível Dinâmico na área urbana e rural, com destaque para a região Norte da área rural, em que a prevalência do nível dinâmico é menor que 25 metros, proporcionando uma exploração menos trabalhosa.

Gráfico 11 – Distribuição do Nível Dinâmico dos Poços do Município de Montes Claros.



Fonte: Autores (2022).

Figura 5 – Mapa do Nível Dinâmico na Área Urbana e Rural de Montes Claros.



Fonte: Autores (2022).

5. Conclusão

A realização deste artigo teve como objetivo principal avaliar os impactos da exploração do volume de água do lençol freático dos aquíferos situados no município de Montes Claros-MG. Ao longo do desenvolvimento, foi possível verificar o expressivo crescimento populacional na área de estudo, entre os anos de 1975 a 2020. A população multiplicou em mais de 3,3 vezes, ou seja, 330,22%, alterando de 125.216 para 413.487 habitantes. E no mesmo período, a vazão necessária para manter o abastecimento da população urbana, ampliou de 1.007,33 m³/h para 3.326,40 m³/h.

O levantamento dos dados foi realizado com base em informações oficiais e públicas, disponibilizadas no banco de dados da CPRM – SIAGAS, ARSAE, COPASA e da literatura, que serviu para o desenvolvimento e o conhecimento da área de estudo, e permitiu o entendimento da realidade hídrica da região, bem como as características hidrográficas, geográficas, hidrogeológicas e geoambientais.

Os dados dos poços foram extraídos do banco de dados SIAGAS e a área de estudo possui 2.031 poços cadastrados,

sendo que desses, 1.033 estão equipados, 303 bombeando, 204 não instalados, 117 abandonados, 74 parados, 28 não utilizáveis, 25 secos, 9 fechados e 238 não apresentam informação da situação em que se encontram (nomeados como “indefinidos”).

Os resultados, ao longo deste artigo, dos 2.031 poços cadastrados, somente 154 poços tubulares foram selecionados, visto que apresentaram informações técnicas, isto é, dados de perfil litológico. E a partir das análises destes, foi avaliada exploração da água subterrânea da cidade de Montes Claros-MG e os impactados no rebaixamento do nível do lençol freático. Destes, 76 poços estão na área urbana, destacados ao longo do trabalho na cor amarela, e os outros 78 poços estão na área rural e distritos de Montes Claros, destacados na cor azul.

A Formação Geológica predominante na região de Montes Claros, de acordo com o estudo, é a Lagoa do Jacaré, que representa 66,9% da totalidade, sendo mais presente na área rural, equivalente a 74,0% e 59,7% na área urbana. O segundo Tipo de Formação relevante é o Grupo Bambuí, que corresponde a 21,4% do total, porém, o predomínio é na área urbana de 23,4%. E o terceiro é a Serra de Santa Helena, que representa 7,8% de todas as áreas. A somatória dos três Tipos de Formação Geológica é de 96,1%. Ainda na conjuntura Geológica, cabe ressaltar que a espessura da camada sedimentar variou-se de 5,1 a 20 m dos poços estudados, em que representou 63,4% do total.

Já na feição hidrogeológica, a prevalência é do aquífero Bambuí, do tipo cárstico, fissurado e cárstico-fissurado. Desta forma, dos poços avaliados, o Aquífero Cárstico está na maior abrangência do estudo, isto é, em 62,2% da área do trabalho, enquanto o Aquífero Fissural representa 35,4% da mesma área e o Aquífero Poroso concebe os 2,4%.

Um ponto de atenção, apresentado ao longo do artigo, por meio da Figura 3 - Mapa da Profundidade dos Poços, foi possível inferir que os poços das proximidades do centro urbano estão mais profundos, e, isto caracteriza que está ocorrendo o rebaixamento do lençol freático da região de Montes Claros e seu entorno, decorrente da exploração dos mesmos. Além desse acontecimento, outro fator que também está contribuindo é a impermeabilização do solo na área urbana, vista a dificuldade de infiltração da água.

Observa-se que a vazão mediana total dos poços estudados é 27,72 m³/h. Já tratando da vazão média dos poços, na área urbana é de 26,31 m³/h e na área rural é de 29,55 m³/h. Assim, conclui-se que a vazão média da área rural se apresenta 12,3% maior que a vazão média da área urbana, pois está diretamente uniforme à impermeabilização do solo e à acentuada exploração de poços na área urbana, constatando assim, a existência de número significativo de poços não cadastrados e que estão sendo explorados. No contexto geral e considerando o atual cenário, os poços subterrâneos poderão contribuir como fonte de produção na área urbana de Montes Claros, desde que seja realizada a exploração consciente.

Ainda de acordo com o que foi apresentado, o resultado deste estudo vem com o intuito de subsidiar gestores e a sociedade de modo geral, na tomada de decisão, inspiração para novos estudos em regiões análogas e a preservação do meio ambiente, bem como o uso consciente da água e controle na perfuração de poços, principalmente na área urbana de Montes Claros-MG e seu entorno. Sendo assim, faz-se necessário refletir sobre a gestão dos recursos hídricos da região, pois o combate a escassez de água só terá efetividade a partir do envolvimento de todos, principalmente dos exploradores dominantes da água subterrânea.

Desta forma, este artigo contribuirá com informações relevantes sobre o lençol freático da região em questão, para as organizações, as entidades e a população de modo geral de Montes Claros-MG, com o intuito dos mesmos preservarem os recursos hídricos e o meio ambiente. Outrossim, apresenta a necessidade de uma sequência de investigações sobre a imprescindível temática, ampliando os dados de amostragens.

Finalmente, é importante salientar que o uso adequado da água de forma consciente resulta em benefícios para toda a sociedade. E ao contrário, os prejuízos são imensuráveis, principalmente às famílias de baixa renda. Os dados relatados ao longo deste artigo demonstraram que o objetivo foi alcançado, superando as expectativas. E que as ações de preservação

deverão ser realizadas por todos e de imediato, para assim manter as gerações futuras na região do semiárido do Norte de Minas.

Uma sugestão para dar continuidade à pesquisa é o mapeamento de 100% dos poços na área urbana de Montes Claros-MG e seu entorno, independentemente se trata do uso insignificante ou volume controlado. E, para isso, a população, as instituições, as empresas, os produtores, os governos, as escolas, entre outros, têm de entender que o objetivo é comum, pois com a ausência da água, todos serão prejudicados. Ainda na proposta de continuidade da pesquisa, os autores propõem análise aprofundada do rebaixamento do lençol freático e as movimentações tectônicas (tremores), ocorridas nos últimos anos na região do estudo.

Referências

- ANA. (2005). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Agência Nacional das Águas. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: ANA. *Cadernos de Recursos Hídricos*. <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>.
- ANA. (2010). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Sub-Bacias Hidrográficas do Brasil*.
- ANA. (2018). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Hidrogeologia dos ambientes cársticos da bacia do Rio São Francisco para a gestão de recursos hídricos: *Resumo Executivo*. Brasília: ANA. <https://www.ana.gov.br/noticias/estudo-da-ana-aponta-vulnerabilidades-em-aquiferos-da-bacia-do-sao-francisco/resumo-executivo-carste-sao-francisco.pdf>.
- ANA. (2020). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Situação da Água no Mundo*. Brasília: ANA. <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo/agua-no-mundo>.
- ARSAE-MG. (2020). Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais *Relatório de Fiscalização Operacional Nº 124/2020: Sistema De Abastecimento De Água/Sede Municipal De Montes Claros*. Belo Horizonte, ARSAE. http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/RFR_SAA_Montes_Claros.pdf.
- Brasil. (2017). Ministério da Saúde. *Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017*. Brasília. <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida---o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>.
- Brasil. (2020). Ministério da Saúde. *Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021*. Brasília. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>.
- Cândido, M. O., Fiume, B., Carneiro, F. L., Nascimento, F. M. F., Coutinho, M. M., Socorro, A. S., Santana, M. S., Ribeiro, R. S., & Cordeiro, B. H. O. L. (2019). *Atlas Cartográfico Projeto Águas Norte de Minas: Síntese do Estudo da Disponibilidade Hídrica subterrânea*. Belo Horizonte. CPRM: Serviço Geológico do Brasil, p. 32. http://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/projetos/panm/atlas_cartografico.pdf.
- Cândido, M. O., Beato, D. A. C., Fiume, B., Scudino, P. C. B., Carneiro, F. L., Nascimento, F. M. F., Coutinho, M. M., Almeida, C. S. C., Socorro, A. S., Santana, M. S., Ribeiro, R. S., & Cordeiro, B. H. O. L. (2019). Relatório de Integração – Projeto Águas do Norte de Minas – PANM: Estudo da Disponibilidade Hídrica Subterrânea Hidrogeologia Norte de Minas Gerais. CPRM - Serviço Geológico do Brasil e IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21117>.
- Chaves, M. L. S. C., & Andrade, W. A. (2009). *Folha Bocaiúva 1:100.000: relatório final*. Belo Horizonte: CPRM - Serviço Geológico do Brasil.
- Chaves, M. L. S. C., & Andrade, W. A. (2014). *Programa Geologia do Brasil: Geologia e Recursos Minerais da Folha Montes Claros*. Belo Horizonte: CPRM - Serviço Geológico do Brasil & UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais. http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/18279/3/relatorio_montes_claros.pdf.
- COPASA MG. (2017). Companhia de Saneamento de Minas Gerais. *Relatório de Sustentabilidade 2017*. Belo Horizonte - MG: COPASA MG. <http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/e7459efd-ccb7-4dd7-95d2-8e43e453d8cd/RelSustentabilidade2017.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-e7459efd-ccb7-4dd7-95d2-8e43e453d8cd-mJ1rcGI>.
- COPASA MG. (2020). Companhia de Saneamento de Minas Gerais. *Plano de Racionamento*. Belo Horizonte - MG: COPASA MG. <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/plano-de-acionamento/filter?area=/site-copasa-conteudos/internet/perfil/imprensa/noticias/plano-de-acionamento/acionamento-encerrado/co-montes-claros>.
- CNRH. (2014). Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução nº 32/2003 - Institui a Divisão Hidrográfica Nacional*. 2003.
- CPRM. (2021). Serviço Geológico do Brasil. *Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS*. CPRM. <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>.
- Diniz, J. A. O., Monteiro, A. B., Silva, R. C., & Paula, T. L. F. (2014). *Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo: Instruções Técnicas*. Brasília. CPRM: Serviço Geológico do Brasil. <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15556>.
- Feitosa, F. A. C., Filho, J. M., Feitosa, E. C. & Demetrio, J. G. A. (2008). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3. ed. Revisada e Ampliada. - Rio de Janeiro. CPRM: Serviço Geológico do Brasil & LABHID. p. 13. <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14818>.

Fiume, B., Beato, D. A. C., Cândido, M. O., Scudino, P. C. B., & Socorro, A. S. (2019). *Projeto Águas do Norte de Minas – PANM: Estudo da Disponibilidade Hídrica Subterrânea do Norte de Minas Gerais – Mapa hidrogeológico: Águas do Norte de Minas - Pluviometria - Período 1975 A 2016*. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21118>.

HIDROBR. (2019). *Elaboração do Manual Operativo do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande: MOP – PRH Verde Grande - Atualização do balanço hídrico e proposição de nova estrutura do Plano de Ações do PRH Verde Grande*. Belo Horizonte: HIDROBR CONSULTORIA LTDA. https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2020/01/P2_Proposi%C3%A7%C3%A3o-Nova-Estrutura-Programa-Rev3.pdf.

IBGE. (2020). Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística. *Área Territorial de Montes Claros*. IBGE. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/montes-claros.html>.

IBGE. (2022). Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística. *Estimativas da População – Informações técnicas - Notas metodológicas - 1975 (inclui tabelas de resultados)*: IBGE. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=17283&t=notas-tecnicas>.

IBGE. (2022). Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística. *Estimativas da População (Downloads 1989 a 2020)*: IBGE. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=17283&t=downloads>.

IGAM. (2018). Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Portal InfoHídrica - Informações sobre Recursos Hídricos: Água Subterrânea - Parâmetros selecionados para as águas subterrâneas monitoradas*. Belo Horizonte: IGAM. <http://por.talinfohidro.igam.mg.gov.br/sem-categoria/359-monitoramento-da-qualidade-das-aguas-sub-terreanas>.

Leite, M.E. (2020). *Atlas Ambiental de Montes Claros/MG*. Montes Claros: Editora Unimontes. <https://www.posgraduacao.unimontes.br/uploads/sites/7/2020/03/atlas-compactado.pdf>.

OMS. (2020). Organização Mundial de Saúde. *4ª edição das Guias da OMS sobre Qualidade da Água para Consumo Humano*. https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=2345:4a-edicao-das-guias-da-oms-sobre-qualidade-da-agua-para-consumo-humano&Itemid=839.

Silva, A. J. H. (2014). *Metodologia de pesquisa: conceitos gerais*. Unicentro: Paraná, p. 57. <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/bitstream/123456789/841/1/Metodologia-da-pesquisa-cientificadica-conceitos-gerais.pdf>.

Soares, A.G., Simões, E. J. M., Oliveira, E. S., & Viana, H. S. (2002). Caracterização Hidrogeológica da Microrregião de Montes Claros. *Projeto São Francisco*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM. <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/2354/116/Anexos%20-%20Montes%20Claros.pdf>.

Souza, M. C. F. B., Oliveira, S. C., Paixão, M. M. L. M., & Haussmann, M. G. (2012). *Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Bambuí no Norte de Minas Gerais*. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento22/TrabalhosCompletosPDF/IV-125.pdf>.

Tolman, C. F. *Groundwater*. McGraw-Hill, 1937.