ANPEGE

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia

REVISTA DA ANPEGE

ISSN 1679-768X

VOLUME 19

N. 39 (2023)

30 ANOS ANPEGE

DOI: 10.5418/RA2023.V19I39.17503

REVISTA DA ANPEGE | v. 19 nº. 39 (2023) | e-issn: 1679-768x

ENSAIO SOBRE A FLUTUAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO EM CONDIÇÕES DE CHUVA E ESTIAGEM EM IPORÁ-GO

Test on float of the water table in rain and dry conditions in Iporá-GO

Prueba sobre flotación del nivel fresco en condiciones de lluvia y seco en Iporá-GO

FLÁVIO ALVES DE SOUSA
Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Iporá

DERICK MARTINS BORGES DE MOURA
Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Iporá

Resumo: O estudo faz uma avaliação do rebaixamento e recomposição do lençol freático num período de quatorze meses (março de 2020 a abril de 2021), abrangendo a estação chuvosa e de estiagem. Foram utilizados sete poços de controle, sendo um do tipo tubular e outros seis do tipo cisterna com profundidade variando entre 7 m e 20 m. Foi determinada ainda a quantidade de precipitação ao longo da duração da pesquisa e feita a correlação entre chuva e variação do nível freático, influência da distância do poço em relação à drenagem mais próxima. Poços mais perto do nível de base apresentaram reação ligeiramente maior ao retorno das chuvas; nos mais distantes e em altitudes maiores a reação foi mais lenta, principalmente em rochas cristalinas (granitos/gnaisses). Houve um retardo médio de oitenta dias entre o reinício das chuvas e a elevação do nível freático.

Palavras-chave: poços, chuvas, rebaixamento, recomposição

Abstract: The study evaluated the lowering and restoration of the water table over a period of fourteen months (March 2020 to April 2021) covering the rainy and dry seasons. Seven control wells were used, one of which was tubular and the other six were cisterns with depths ranging from 7 m to 20 m. The amount of precipitation over the duration of the survey was also determined and a correlation was made between rainfall and variation in the water table, influence of the distance from the well in relation to the nearest drainage. Wells closer to the base level showed a slightly greater reaction to the return of rains, in the more distant ones and at higher altitudes the reaction was slower, mainly in crystalline rocks (granites/gneisses). There was an average delay of eighty days between the restart of the rains and the rise in the water table.

Keywords: wells, rains, lowering, recomposition.

Resumen: El estudio evaluó el descenso y la restauración del nivel freático durante un período de catorce meses (marzo de 2020 a abril de 2021) cubriendo las estaciones lluviosa y seca. Se utilizaron siete pozos de control, uno de los cuales era tubular y los otros seis eran cisternas con profundidades que oscilaban entre 7 m y 20 m. También se determinó la cantidad de precipitación durante el tiempo que duró el sondeo y se hizo una correlación entre la precipitación y la variación del nivel freático, influencia de la distancia al pozo con relación al drenaje más cercano. Los pozos más cercanos al nivel base mostraron una reacción ligeramente mayor al retorno de las lluvias, en los más distantes ya mayor altura la reacción fue más lenta, principalmente en rocas cristalinas (granitos/gneises). Hubo un retraso promedio de ochenta días entre el reinicio de las lluvias y el aumento del nivel freático.

Palabras clave: pozos, lluvias, bajada, recomposición.

INTRODUÇÃO

A região Centro-Oeste de Goiás onde se situa o município de Iporá se caracteriza, juntamente com grande parte do Centro-Oeste brasileiro, por apresentar dois períodos distintos de distribuição das chuvas, sendo um seco, que por vezes dura cinco meses, de maio a setembro, e outro chuvoso, que vai de outubro a abril, onde se concentram os maiores volumes de chuva, conforme descrito em Sousa (2019) e em Moura, Nascimento e Oliveira (2023).

Durante o período de estiagem, as vazões dos principais rios da região diminuem muito devido à escassez de chuva e consequentemente ao rebaixamento do lençol freático. Estudo de Sousa e Moura (2022) aponta um decréscimo da vazão nos últimos dez anos no rio Caiapó, que é um importante manancial hídrico da região oeste de Goiás, fazendo divisa com o município de Iporá e desaguando no rio Araguaia, que juntamente com o rio Tocantins forma uma importante bacia hidrográfica brasileira. O estudo supracitado apontou decréscimo natural no período de estiagem, mas este decréscimo se tornou mais acentuado nos últimos dez anos, indicando que de alguma forma a recarga do lençol freático na bacia vem diminuindo.

Moura e Sousa (2021) monitoraram a vazão no período de estiagem (do início de maio ao começo de outubro de 2020) do manancial que abastece a cidade de Iporá, o Ribeirão Santo Antônio, onde foi possível estimar a vazão total do período de estiagem, que foi de 12,37 milhões de metros cúbicos de água que chegou ao exutório da bacia, o que corresponde a 6,1% do acumulado anual de chuva precipitada na área da bacia, ou seja, as reservas renováveis dos aquíferos freáticos no período de estiagem equivalem a 6,1% do volume anual de água que entra na área da bacia através da chuva.

Em outro estudo, Sousa (2019) fez uma caracterização do sistema freático com mapeamento das áreas de recarga e estimativa das reservas renováveis, permanentes e explotáveis dos aquíferos do município de Iporá, concluindo que a litologia reflete junto com a precipitação no baixo volume de reserva permanente por se tratar de domínios de rochas cristalinas fraturadas, influenciando por sua vez na capacidade de explotação dos aquíferos, caso o consumo de água subterrânea venha a aumentar.

Moura (2021) fez a caracterização e análise dos solos e aquíferos freáticos de duas bacias hidrográficas do município e constatou que os aquíferos freáticos existentes nas bacias compõem dois sistemas aquíferos freáticos (II e III), conforme propõe Almeida *et al*. (2006). As áreas que possuem maior ocorrência de Latossolos, Argissolos e Nitossolos são mais favoráveis a recarga hídrica, o que significa maior ocorrência do sistema aquífero freático II e III. De acordo com o autor, as áreas de recarga dos aquíferos freáticos são mais eficientes principalmente onde se situam os Latossolos em relevo plano na forma de platôs.

Andrade *et al*. (2016) destacam o aumento cada vez maior do uso da água subterrânea como forma de suprir a escassez da água superficial. No município de Iporá, esta prática também vem sendo empregada e, embora não se consiga determinar o número de poços abertos até o momento, sabe-se que são muitos, pelo menos um para cada propriedade rural, sem contar os diversos empreendimentos comerciais e residenciais, que é sabido que se utilizam da água subterrânea, como postos de gasolina, clubes, lojas, supermercados etc., bem como um grande número de residências de alto padrão e, na sua maioria, não apresentam outorga, como mostram os dados do Sistema de Informações Geográficas Ambientais do Estado de Goiás (Siga, 2023), onde existem apenas 7 pontos outorgados no município, corroborando com o noticiário do jornal *O dia*, que destaca um total de 97% dos poços do Estado de Goiás como clandestinos.

Dessa maneira, fica difícil estimar o grau de vulnerabilidade do lençol freático a contaminações e definir uma política pública para regulamentar a explotação, uma vez que não há informações do número de poços no município, suas profundidades, vazão etc.

> Segundo a Lei Federal 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, os poços artesianos fazem parte da Política Nacional de Recursos Hídricos. Essa lei determina que perfurar ou operar poços artesianos, sem as devidas autorizações dos órgãos e entidades competentes, é uma infração, bem como desobedecer às normas legais e regulamentares (Santos; Viana; Roriz; 2017, p. 4).

Por outro lado, a demanda por água superficial tem aumentado e sua oferta diminuído, principalmente em função da contaminação dos mananciais e períodos de escassez de chuvas, sobretudo a escassez provocada pelo desflorestamento dos diversos biomas brasileiros, fazendo com que a pressão sobre a exploração da água subterrânea venha aumentando a cada dia, e o poder público não conseguindo acompanhar a demanda por gestão e controle na abertura dos poços.

Informações disponibilizadas pelo Plano Nacional de Águas Subterrâneas (PNAS, 2009) indicam um volume total de água subterrânea existente no Brasil da ordem de 112.311 Km^3, que corresponde a 112,3 quatrilhões de litros. Este valor, considerando o consumo diário de 240 litros/pessoa e a população brasileira de 215 milhões conforme prévia do IBGE, daria para abastecê-la por 5.968 anos.

Sobre os números apresentados acima, temos que considerar que este volume é um volume de reserva permanente, e estimado com base em princípio hidrogeológico, mas que não considera que o mesmo esteja disponível para utilização integral, sob o risco de um colapso geológico. Além do mais, é preciso considerar valores de recarga e estimar valores explotáveis compatíveis, principalmente num mundo onde as alterações climáticas se fazem presentes, influenciando no regime de chuvas, além do processo galopante dos desflorestamentos e outras implicações de ordem ambiental que tantos danos causam ao meio ambiente.

No Brasil, dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM/Siargas, 2018) apontam os principais usos da água subterrânea como sendo o abastecimento doméstico (30%), agropecuário (24%), abastecimento público urbano (18%) e abastecimento múltiplo (14%), industrial (10%) e outros (4%), como lazer etc.

Como a água subterrânea necessita ser recomposta, o que se dá através das chuvas e da proporção de água que efetivamente infiltra através do solo até camadas mais profundas alimentando o lençol freático, os estudos que busquem avaliar as condições de precipitação, as condições de solo, relevo e cobertura vegetal associados a estimativas de recarga do lençol freático são muito importantes, no sentido de colaborar com atividades de planejamento e controle do uso das águas subterrâneas pelo poder público; todavia, dados sobre água subterrânea são de difícil aquisição, primeiro pela dificuldade de poços de monitoramento, e também pela indisponibilidade de equipamentos e recursos financeiros para financiar pesquisas de longa duração, principalmente em regiões que não fazem parte dos grandes centros urbanos brasileiros.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar em forma de ensaio a variação do nível da água em poços localizados em diferentes litologias no município de Iporá de março de 2020 a abril de 2021, período que envolveu uma estação seca e outra úmida na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

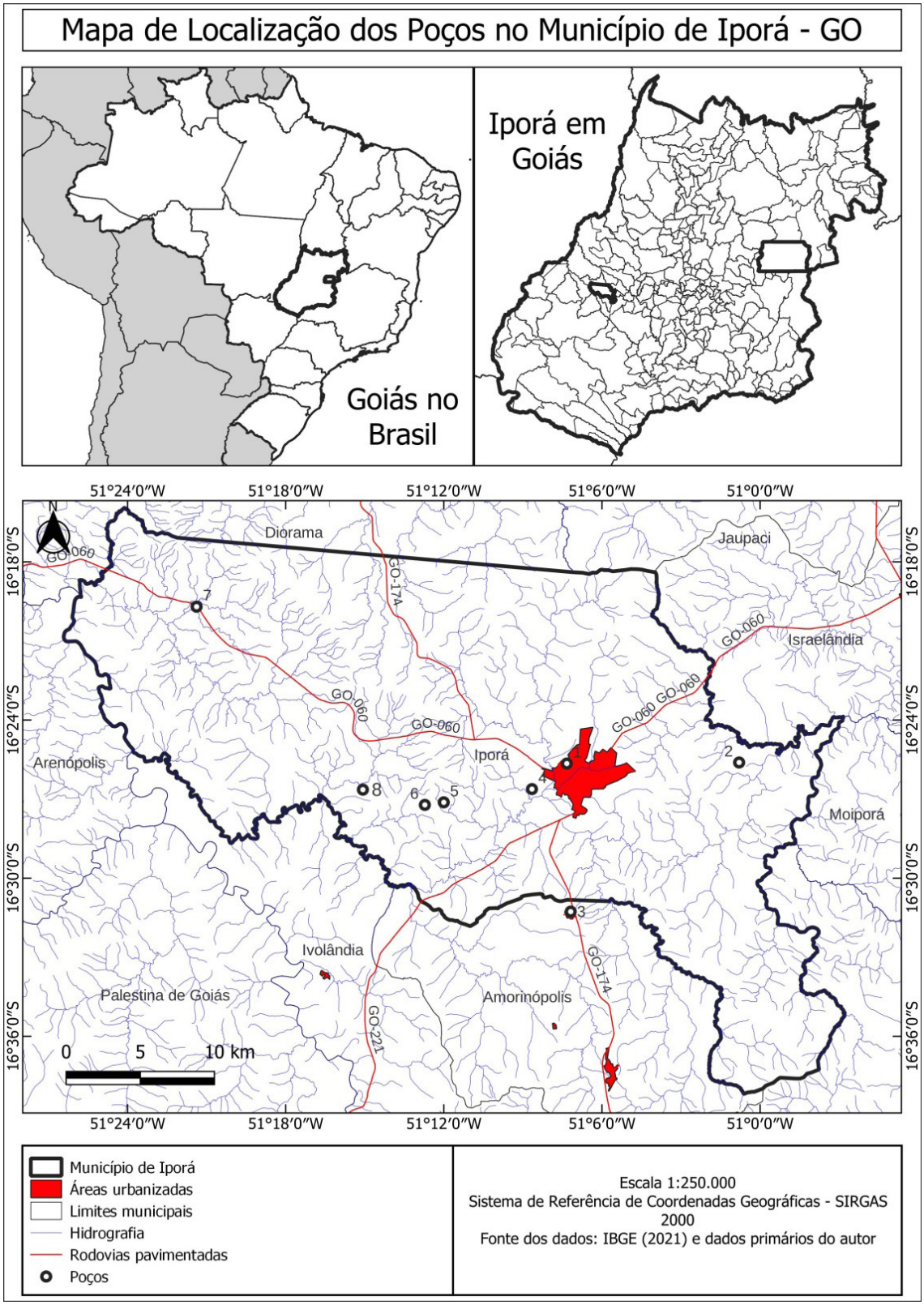
Localização e caracterização da área de estudo

O município de Iporá faz parte da região de planejamento denominada Oeste Goiano, e possui área territorial de 1.026,3km². A cidade se encontra a uma distância de 216 km de Goiânia, capital do Estado de Goiás, tendo como vias de acesso as rodovias GO-060, GO-174 e GO-221. De acordo com a prévia da população calculada com base nos resultados do censo demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a população do município corresponde a 35.284 habitantes. Os limites do município estão circunscritos nas latitudes 16º16' e 16º40' sul e longitudes 50º56' e 51º25' oeste (Mapa 1).

A região de Iporá faz parte da área *core* do bioma Cerrado, que possui uma diversidade de fitofisionomias, de formações campestres, savânicas e florestais (Ribeiro e Walter, 2008; Moura, 2021); entretanto, no município as formações florestais são predominantes. A altitude média do município é de 563m, variando entre 379 e 889 m, com as menores cotas representadas por planícies e depressões e as maiores relacionadas aos planaltos.

O município está inserido no divisor entre três bacias hidrográficas, do Rio Caiapó, do Rio Claro e uma pequena parte do Rio dos Bois ou Almas, sendo que ambas deságuam na bacia hidrográfica do Rio Araguaia/Tocantins.

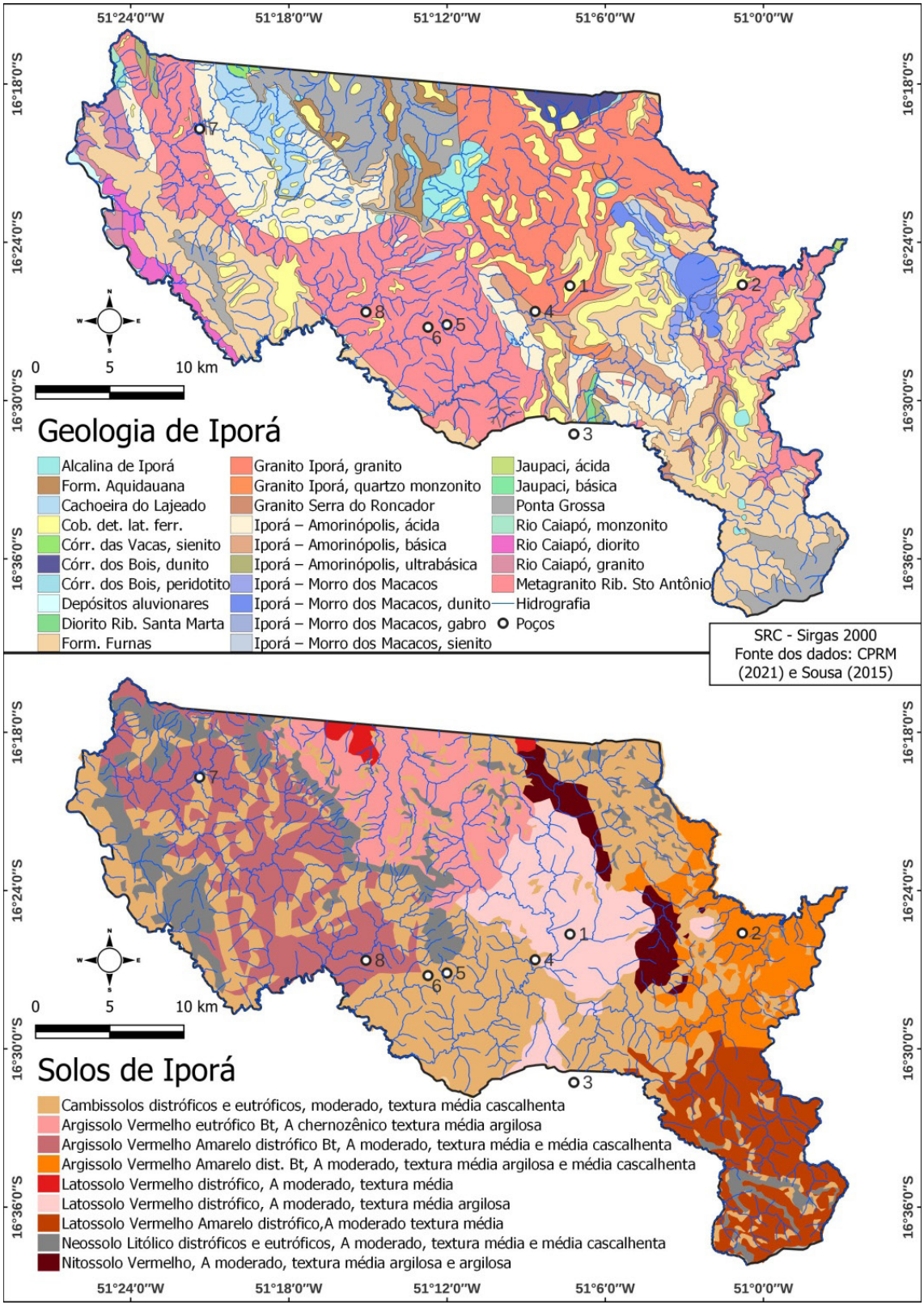
Mapa 1 – Localização da área de estudo e distribuição dos poços.



Fonte: elaborado pelos autores.

As medições de nível foram realizadas em sete poços do tipo cisterna e um tipo tubular com profundidades que variaram de 7 a 20 m e em diferentes setores do município, conforme Mapa 2, a fim de abranger diferentes litologias e solos.

Mapa 2 – Geologia e solos de Iporá



Fonte: CPRM (2021) e Sousa (2015).

No tocante às características geológicas, o município de Iporá situa-se na porção sudoeste da província Tocantins (Almeida *et al*., 1977), inserido entre o compartimento geotectônico do Arco Magmático de Goiás (Pimentel e Fuck, 1992) e a borda setentrional

da Bacia Sedimentar do Paraná (Almeida *et al.,* 1977). No município, estão expostos ortognaisses (granitóides deformados), rochas da sequência metavulcanossedimentar de Iporá, intrusões gabro-dioríticas e graníticas, rochas da suíte alcalina de Iporá, além de formações residuais fanerozoicas da Bacia Sedimentar do Paraná e coberturas detrito-lateríticas ferruginosas (Moreton, 2001; Moreira *et al*., 2008; Lacerda Filho *et al*., 2020).

Todavia, a litologia de Iporá é majoritariamente composta pela unidade geológica Metagranito Ribeirão Santo Antônio, seguida pela unidade Granito Iporá e formações residuais fanerozoicas da Bacia Sedimentar do Paraná (Formações Furnas, Ponta Grossa e Aquidauana). No Quadro 1, está descrito exatamente em quais litologias e solos os poços se localizam.

Quadro 1 – Geologia e solos dos poços

Poços	Geologia	Solos
1	Cobertura detrito-laterítica e Granito Iporá	Latossolo vermelho-distrófico, A moderado, textura média argilosa
2	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	Argissolo vermelho-amarelo-distrófico Bt, A moderado, textura média argilosa e média cascalhenta
3	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	Latossolo vermelho-amarelo-distrófico, A moderado, textura media arenosa a cascalhenta.
4	Sequência Metavulcanossedimentar Iporá-Amorinópolis, unidade básica	Latossolo vermelho-distrófico, A moderado, textura média argilosa
5	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	Cambissolos distróficos e eutróficos, moderado, textura média cascalhenta
6	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	Cambissolos distróficos e eutróficos, moderado, textura média cascalhenta
7	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	Cambissolos distróficos e eutróficos, moderado, textura média cascalhenta
8	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	Argissolo vermelho-amarelo-distrófico Bt, A moderado, textura média e média cascalhenta

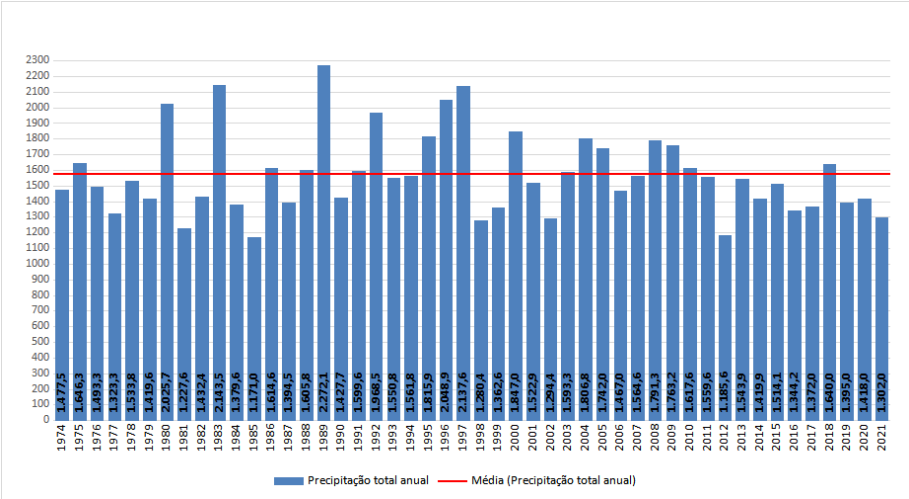
Fonte: os autores.

A respeito das características hidrogeológicas, o município insere-se predominantemente na Província Hidrogeológica do Escudo Central, que corresponde sobretudo ao domínio hidrogeológico cristalino (fraturado). De acordo com Almeida *et al*. (2006), a maior parte do município corresponde ao Sistema Aquífero Cristalino Oeste (SACW), abrangendo parte da Província Hidrogeológica do Paraná, que corrensponde ao domínio hidrogeológico de dupla porosidade (poroso e fraturado), pertencentes aos Sistemas Aquíferos Aquidauana (SAAQ), Furnas (SAF) e Ponta Grossa (SAPG).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger (1961), a posição do município de Iporá enquadra-se na tipologia climática Aw, que se caracteriza por clima tropical com chuva de verão, com duas estações distintas: outono/inverno secos (entre maio e setembro) e

primavera/verão chuvosos (entre outubro e abril), e o mês mais frio possui temperatura média superior a 18 °C. A precipitação anual média da série histórica (1974 a 2021) é de 1.589 mm, segundo dados do posto pluviométrico 1651001 da ANA, instalado em Iporá. A variabilidade dos acumulados anuais de precipitação entre 1974 e 2021 é representada pelo Gráfico 1.

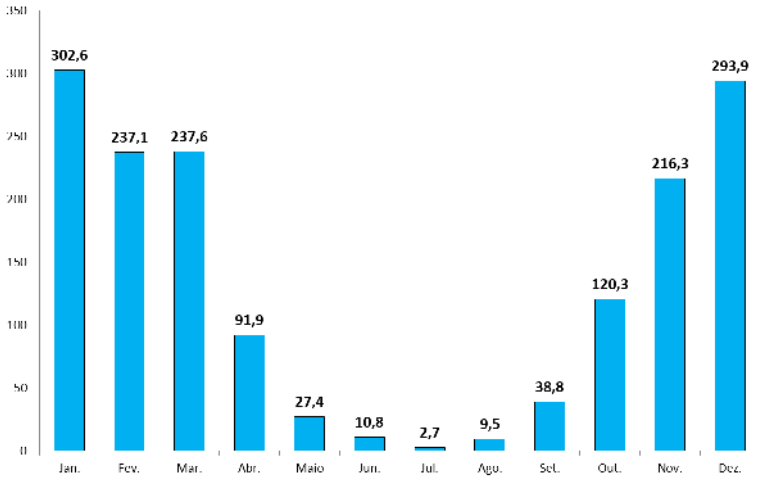
Gráfico 1 – Precipitação anual média da série histórica (1974 a 2021)



Fonte: os autores.

O mês mais chuvoso é janeiro, com média mensal de 302,6 mm, e o quadrimestre consecutivo mais chuvoso é representado por dezembro, janeiro, fevereiro e março. Julho é mês com menor volume de precipitação (2,7 mm), sendo o trimestre consecutivo junho/julho/agosto o mais seco do ano. Os Gráficos 2 e 3 representam as médias mensais de precipitação (mm) de Iporá (1974/2021).

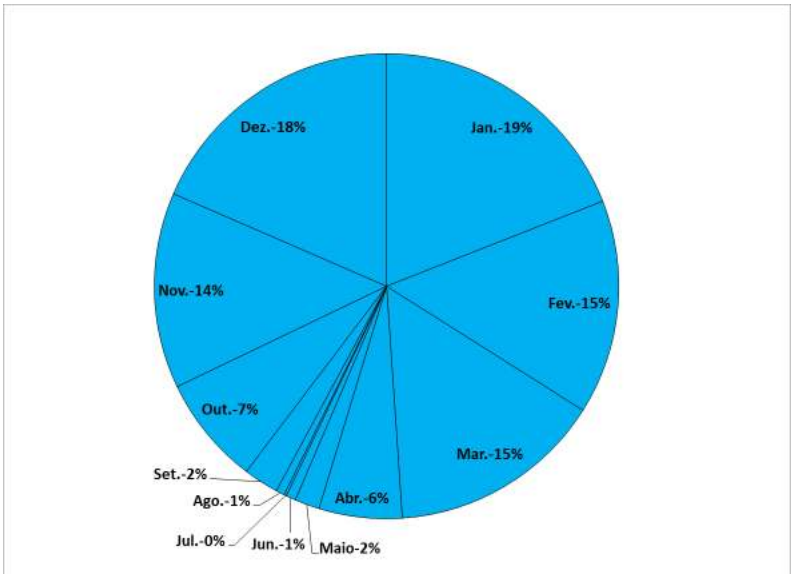
Gráfico 2 – Médias mensais de precipitação (mm) de Iporá (1974-2021)



Fonte: os autores.

O período chuvoso (outubro a abril) concentra 94% da média de chuva anual, ou seja, um volume de 1.500 mm. Por sua vez, o período seco (maio a setembro), perfaz apenas 89 mm, cerca de 6% das chuvas anuais.

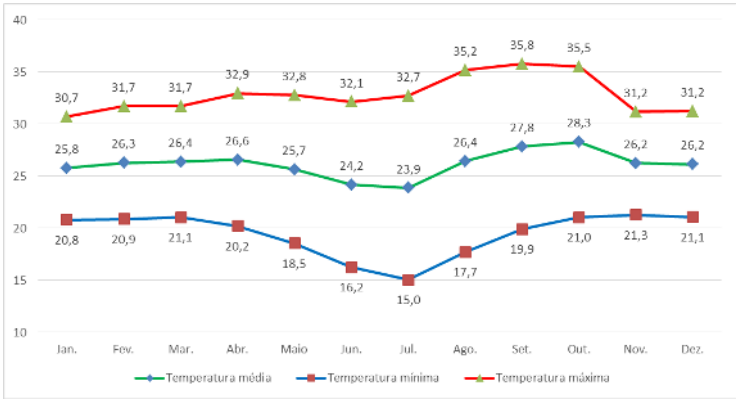
Gráfico 3 – Médias mensais de precipitação (%) de Iporá (1974/2021)



Fonte: os autores.

De acordo com Moura, Nascimento e Oliveira (2023), a temperatura média anual de Iporá é de 26,1 ºC, com média anual máxima de 32,8 ºC e mínima de 19,5 ºC. Verifica-se no Gráfico 4 que julho representa o mês mais frio do ano, quando a média mensal da temperatura mínima é de 15 ºC, enquanto o trimestre consecutivo mais frio é junho-julho-agosto. Por sua vez, o mês mais quente é outubro, com média mensal de temperatura máxima de 35,8 ºC, ao passo que o trimestre consecutivo mais quente é atribuído aos meses de agosto-setembro-outubro.

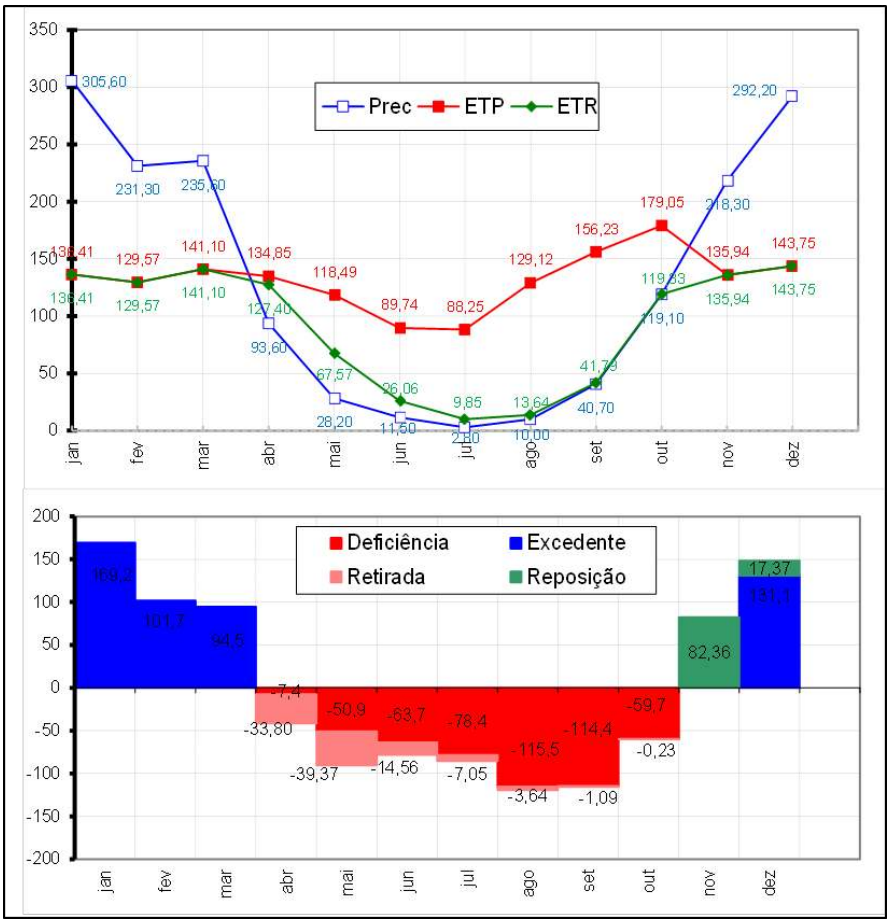
Gráfico 4 – Médias mensais de temperaturas média, mínima e máxima (ºC) de Iporá (2014/2018)



Fonte: Moura, Nascimento e Oliveira (2023).

Moura, Nascimento e Oliveira (2023) calcularam o balanço hídrico climatológico referente à média de 1974 a 2018, que está representado pelo Gráfico 5, retratando a condição de deficiência, excedente, retirada e a reposição hídrica ao longo do ano. De acordo com os autores, a partir do mês de abril observa-se início do processo de retirada de água do solo, devido à diminuição das chuvas e à maior evapotranspiração, tendo, por consequência, início do período de déficit hídrico na região, que se estende até outubro. Em setembro e outubro, a Evapotranspiração Real (ETR) e a Precipitação (P) se equiparam, mas ainda prevalece a condição de deficiência hídrica. Por sua vez, de novembro a março a P supera a ETR, caracterizando o período de reposição e excedente hídrico.

Gráfico 5 – Balanço hídrico normal (A) e condição de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica (B) em Iporá para a média de 1973/2018.



Fonte: Moura, Nascimento e Oliveira (2023).

Conforme Moura, Nascimento e Oliveira (2023), considerando a média de precipitação anual de 1.589 mm, a evapotranspiração real representa 1.092 mm, ou seja, 68% das águas precipitadas voltam para a atmosfera através da evapotranspiração, resultando num excedente hídrico de apenas 496,5mm (38%), que ocorrem entre os meses de novembro a março.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O monitoramento do nível freático foi realizado buscando abranger o período de estiagem e o de chuvas dentro do ano civil, uma vez que a região apresenta um período sem chuvas longo (maio a setembro) que em alguns anos chega a quase seis meses. Nesse sentido, a avaliação e correlação dos rebaixamentos e subidas do nível conforme as chuvas foram muito importantes e, para isso, as medições foram feitas entre março de 2020 e abril de 2021 com uma frequência de medições de 30 dias, sempre que possível, devido à disponibilidade do transporte.

A escolha de cisternas se deu pelo fato de que os poços tubulares em utilização nas propriedades são tamponados e também porque os proprietários em grande maioria não autorizaram as medições em seus poços e a entrada nas propriedades. Isso explica o baixo número de pontos amostrais utilizados pelo estudo, que nesse caso é chamado de ensaio.

Com base na descrição acima decidiu-se utilizar como critério de estudo a influência da litologia, da distância do poço em relação à drenagem mais próxima, a altitude em relação à drenagem mais próxima e a profundidade do poço de controle, bem como a precipitação durante o período, dando assim maior significado ao estudo.

As medidas de variação de nível foram feitas com inserções mensais em campo com a utilização de um medidor de nível com sinalizador sonoro e cabo graduado com as medidas a cada 50 cm (Foto 1).

Foto 1 – Medidor de nível



Fonte: os autores.

Os dados de precipitação mensais durante o período de estudo (março 2020 a abril de 2021) foram obtidos da estação climatológica convencional da Universidade Estadual de Goiás – Unidade de Iporá.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Quadro 2 estão descritos os poços de controle, suas profundidades e os meses de medição, considerando que o mês de maio não teve coleta em função de problemas logísticos de transporte. O Quadro também representa os valores de rebaixamento em metros e em porcentagem em relação ao nível no início da pesquisa. A cor laranja do quadro representa o período de rebaixamento, o azul a retomada da elevação com as chuvas, e novamente a cor laranja representa o retorno do rebaixamento ao cessarem as chuvas.

Quadro 2 – Rebaixamento do lençol freático nos pontos de controle

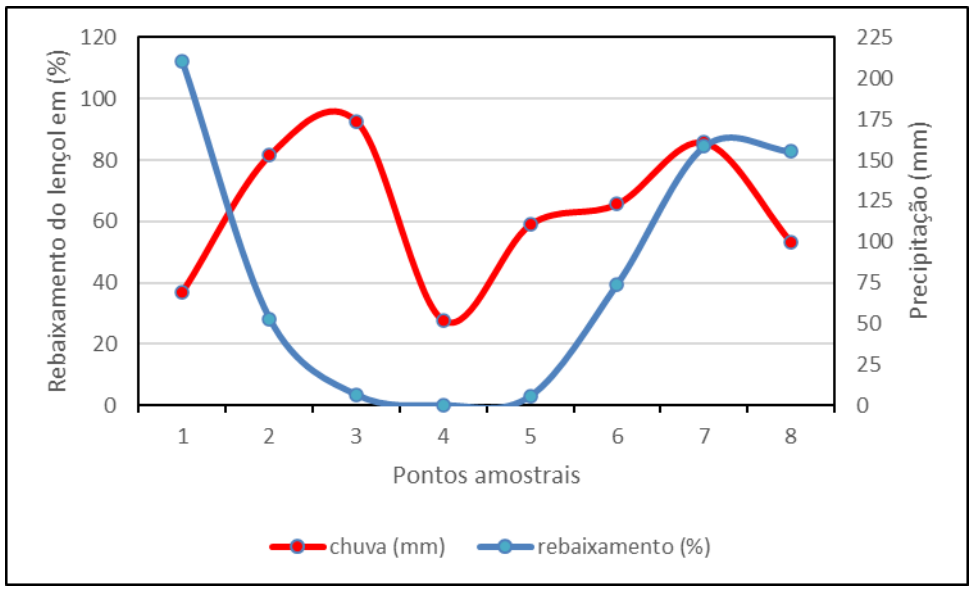
Poços de controle e profundidade (m) 2020-2021								
Nº Poço	1	2	3	4	5	6	7	8
Profundidade	20	7,6	7,15	2,2	14,4	11,8	13,7	13
Meses	**Nível freático (m)**							
Mar./20	18,88	6,7	6,2	2,1	7,65	7,53	6,65	3,2
Abr./20	18,4	5,45	5,65	1,8	6,1	5,1	4,8	3
Jun./20	16,95	4,85	4,95	1,7	5,4	4,9	4,6	2,8
Ago./20	15,05	1,85	1,34	1,63	4,58	4,2	4,1	2,12
Set./20	13,93	1	0,58	1,62	3,98	3,6	3,1	1,82
Out./20	12,8	0,5	0,45	1,52	3,57	2,97	2,3	1,57
Nov./20	12,28	0,55	1,65	1,75	3,33	2,62	0,95	1,5
Dez./20	11,9	0,6	1,55	1,65	3,14	2,58	1,7	1,62
Jan./21	12,57	0,8	3,88	2	3,5	2,62	1,73	1,68
Fev.21	13,42	5,6	5,87	2,1	4,45	3,98	3,47	1,78
Mar./21	16,15	6,19	5,88	2,2	5,1	6,59	4,9	2
Abr./21	15,50	6,1	6,1	2,1	4,8	6,8	5,4	2,2
Maio/21	15,00	4,37	4,6	2,1	3,97	5,28	4,01	1,2
Rebaixamento (m)	**6,98**	**6,2**	**5,7**	**0,58**	**4,51**	**4,95**	**5,7**	**1,7**
Rebaixamento (%)	**36,97**	**92,5**	**92.7**	**27,6**	**58,9**	**65,7**	**85,7**	**53,1**
Elevação (m)	**4,25**	**5,69**	**5,65**	**0,68**	**1,96**	**4,22**	**4,45**	**0,7**
Elevação (%)	**26,32**	**91,8**	**92,6**	**30,9**	**38,4**	**62,0**	**82,4**	**31,8**

Fonte: os autores.

Os poços 2, 3 e 4 tiveram rebaixamento máximo em outubro, os poços 7 e 8 em novembro, enquanto 1, 5 e 6 apresentaram um período de rebaixamento mais intenso em dezembro de 2020.

O Gráfico 6 mostra a variação em porcentagem do rebaixamento de cada ponto amostral em relação à precipitação, com destaque para os pontos 2, 3 e 7 com as maiores porcentagens de rebaixamento.

Gráfico 6 – Variação do rebaixamento do lençol



Fonte: Os autores.

Os pontos de maior rebaixamento estão situados em litologias do embasamento cristalino designadas Pimentel e Fuck (1992) e Moreton (2001) como ortognaisses neoproterozóicos do Arco Magmático de Goiás, originadas no período Criogeniano com idade entre 635 e 720 (Ma). Compreendem rochas plutônicas que sofreram metamorfismo regional e são formadas por metamonzogranitos a metassienogranitos porfiríticos (Moreton, 2001; Moreira *et al*., 2008; Lacerda Filho *et al*., 2020; Moura 2021), o que explica um aumento no período de rebaixamento do lençol, uma vez que, como destacado no trabalho de Sousa (2013), os metagranitos do oeste de Goiás, onde está o município de Iporá, apresentam uma boa faixa de fraturas interconectadas, permitido boa circulação da água. Nesta faixa estão seis pontos de controle, todavia um dos pontos (4) é representado por uma surgência e por isso não contribuiu como ponto de análise, uma vez que o rebaixamento entre o período chuvoso e o seco não apresentou valores significativos.

Os pontos 1, 5 e 6, que apresentaram o maior retardo no rebaixamento estão situados em litologias denominadas Cobertura Detrítico Laterítica (ponto 1) e Metagranito Ribeirão Santo Antônio (5, 6). Os retardos no rebaixamento estão associados a maior profundidade dos poços e maior conexão com a zona saturada do aquífero, enquanto poços mais rasos tendem a um acúmulo da água da zona vadosa, que tende a aumentar durante os períodos mais chuvosos e rebaixar mais rapidamente nos períodos mais secos.

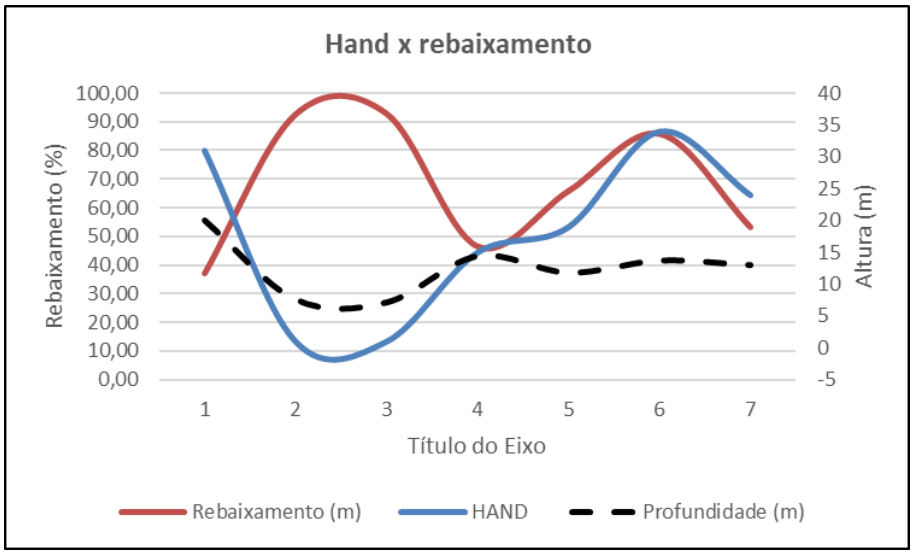
De acordo com Lacerda Filho *et al*. (2020), a Sequência Metavulcanossedimentar Iporá-Amorinópolis é constituída por rochas vulcânicas (metabasaltos, metadacitos, metarriolitos e metapiroclásticas) e rochas sedimentares (granada-muscovita-quartzo xistos

com intercalações de clorita xistos e quartzitos micáceos), metamorfoseadas em fácies xisto verde. Os trabalhos de Pena e Figueiredo (1972) e Pena *et al*. (1975) englobam as rochas metavulcânicas básicas e ácidas associadas com metassedimentos que ocorrem nas proximidades de Iporá e Amorinópolis, originadas no período Ediacarano com idade entre 541 e 635 (Ma) (Moreton, 2001).

Lanhez *et al*. (1983) *apud* Moreton (2001) caracterizam estas rochas como uma sequência metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt*, denominando-a de Grupo Amorinópolis. Estas litologias apresentam alto grau de fraturamento, o que favorece uma boa percolação da água, principalmente na zona saprolítica.

Quando se aplica a correlação de Pearson entre profundidade dos poços e grau de rebaixamento, a correlação é de 100% de maneira direta e negativa (-1), ou seja, ao aumentar a profundidade dos poços haverá uma diminuição no grau de rebaixamento da água. Tal aspecto mostra que quanto maior a profundidade dos poços mais estes absorvem água da zona saturada e, por isso, resistem mais aos períodos de estiagem com menor grau de rebaixamento. O Gráfico 7 mostra a profundidade dos poços e o grau de rebaixamento da lâmina d'água durante o experimento.

Gráfico 7 – Comparação entre Profundidade e Rebaixamento do lençol freático



Fonte. Os autores.

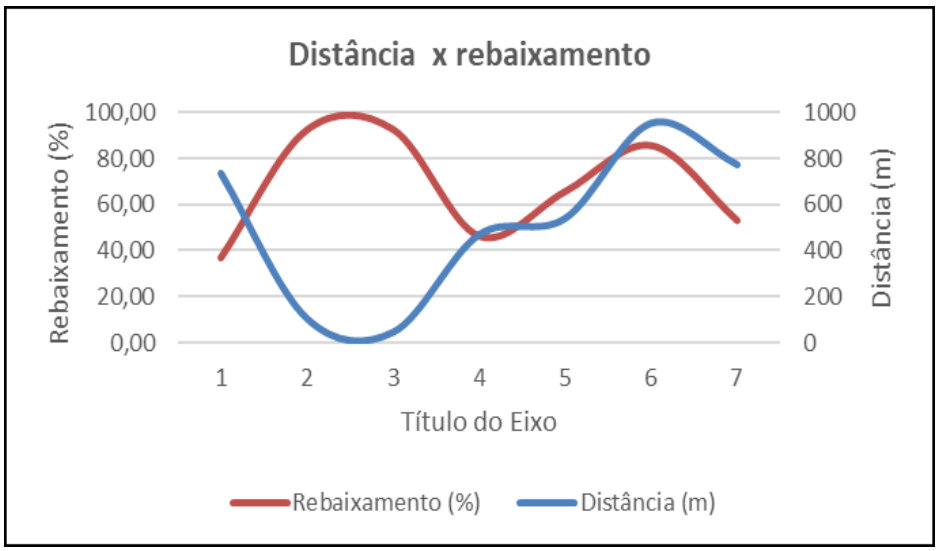
Distância em relação ao canal de drenagem mais próximo

A distância do poço em relação ao nível de base local, ou canal de drenagem mais próximo, apresentou uma forte correlação com o grau de rebaixamento da lâmina de água. Quando se consideram todos os poços, esta correlação é menor (50%), devido ao tipo de litologia e influência da profundidade dos poços, mas ao considerar a mesma litologia (cristalina) esta correlação salta para 89%, mesmo com a variação das profundidades. Tal ocorre porque os granitos favorecem um rebaixamento maior da água na

zona vadosa e uma permanência maior, quando o nível freático intercepta a zona saturada do aquífero.

O Gráfico 8 evidencia a variação entre a distância do poço e o rebaixamento e o Quadro 3 mostra os valores de rebaixamento em porcentagem, a distância em metros, a faixa de umidade e a profundidade dos poços.

Gráfico 8 – Relação distância x rebaixamento do lençol freático



Fonte: os autores.

Quadro 3 – Associação distância e rebaixamento do lençol freático

Pontos	Distância (m)	Rebaixamento (%)	Unidade geológica	Profundidade (m)	Faixa freática
1	733	36,97	Cobertura detrito laterítica ferruginosa	20	Zona saturada
2	102	92,51	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	7,6	Zona vadosa
3	42	92,74	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	7,15	Zona vadosa
5	466	46,41	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	14,4	Zona saturada
6	537	65,74	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	11,8	Zona saturada
7	950	85,71	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	13,7	Zona saturada
8	770	53,13	Metagranito Ribeirão Santo Antônio	13	Zona saturada

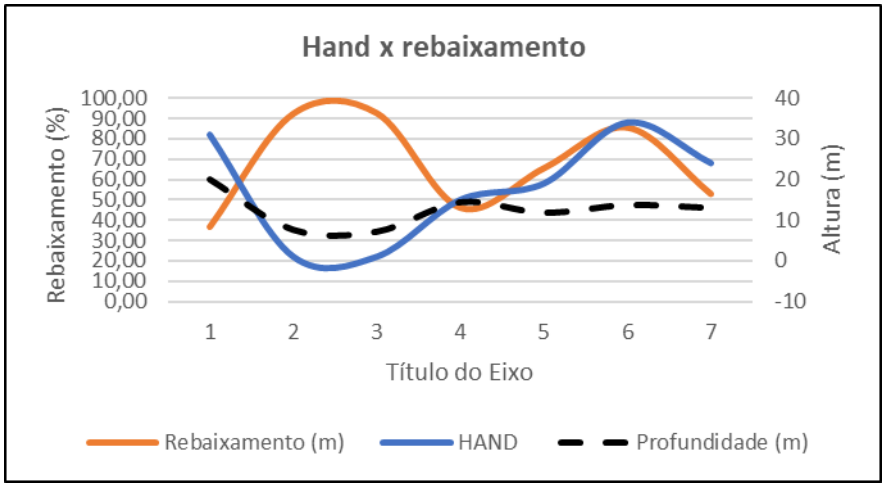
Fonte: os autores

Altura em relação ao canal de drenagem mais próximo (HAND)

A variação dos tipos de litologia e as diferenças na profundidade dos poços influenciaram na correlação entre o *Hand* (*High Above Nearest Drainage*) e o nível de rebaixamento, sendo que no conjunto, a correlação foi direta negativa de 54%, indicando que a altitude do poço em relação ao nível de base, ou canal de drenagem mais próximo tem influência sobre o grau de rebaixamento da lâmina d'água.

Quando considerada uma única unidade litológica esta correlação foi de 86%, indicando que quanto maior a altitude do poço, menor o grau de rebaixamento uma vez que nestes pontos a profundidade do poço tende a ser maior, e nesse caso, atinge a zona saturada do aquífero o que contribui para um menor rebaixamento natural. Gráfico 9 mostra a correlação entre o *Hand* e o rebaixamento.

Gráfico 9 – Relação altura do poço e rebaixamento



Fonte: os autores.

A altura do terreno onde está o poço em relação ao canal de drenagem mais próximo faz aumentar a distância entre o local do poço e o canal de drenagem, como destacado no Gráfico 10.

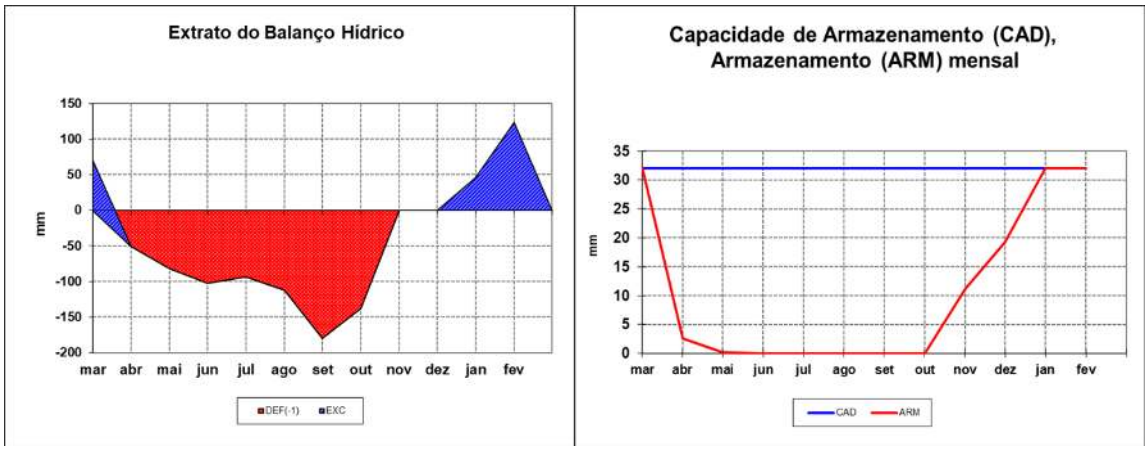
Gráfico 10 – Influência da altura do terreno na distância do poço



Fonte: os autores.

O Gráfico 11 mostra um panorama da disponibilidade de água no solo através do balanço hídrico climatológico durante o período de experimento, apontando para um período de déficit hídrico dos solos bastante prolongado. Mostra ainda a baixa umidade dos solos abaixo da capacidade de armazenamento de água durante a maior parte do período, o que influenciou em um rebaixamento de aproximadamente 25% maior no mês de março do período anterior à pesquisa.

Gráfico 11 – Déficit hídrico e armazenamento de água nos solos durante o período de experimento



Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O lençol freático apresentou declínio em seu nível entre março e outubro, sendo que em alguns poços o rebaixamento se prolongou até o final do mês de novembro. Apesar do retorno das chuvas a partir de outubro, a reação do lençol freático foi muito lenta, e as chuvas totais e mensais estiveram abaixo da média histórica (1974 a 2021) para o município durante os últimos quatro anos, o que afetou ainda mais na diminuição da recomposição do nível do lençol freático.

Os poços mais próximos do nível de base local (rede de drenagem) e com altura pequena em relação ao vale apresentaram uma reação ligeiramente maior ao retorno das chuvas, devido à proximidade com o lençol freático, que favorece retorno mais efetivo nas chuvas e rebaixamento mais eficiente na estiagem, enquanto nos mais distantes e em altitudes maiores, a reação foi mais lenta.

Notou-se ainda que, independentemente da litologia, houve um retardo médio de 80 dias entre o início das chuvas e a reação do lençol freático, enquanto o decréscimo no nível durante o período de estiagem foi sentido mês a mês, portanto muito mais acelerado. Em estudo sobre a influência da precipitação na variação do nível freático, Manzione (2017) notou um retardo variando de um a dois meses entre o início da precipitação e a retomada do nível freático, com valores de correlação entre precipitação e variação do nível freático variando entre 70 e 82%, o que indica que além da precipitação existem outros fatores que necessitam ser avaliados: intensidade e distribuição das chuvas, cobertura vegetal e características dos solos são alguns destes fatores.

Em estudo de variação do lençol freático em bacia hidrográfica na Paraíba, Coelho (2011) encontrou correlações importantes entre a precipitação e a elevação/rebaixamento dos poços piezométricos, sendo que em porções da bacia que apresentaram maiores variações (elevações pós – chuva) o volume de chuva foi maior, e nas áreas com menor volume de chuva as subidas do lençol ocorreram em poços mais próximos de surgências ou nascentes.

No presente estudo percebeu-se também uma elevação mais acentuada nos poços mais próximos das áreas de surgência, bem como uma correlação muito forte entre as taxas de precipitação e sua influência na variação do nível freático, sendo que durante os experimentos, os valores finais do nível hidrostático dos poços não atingiram o nível inicial obtido em março de 2020, ficando em média 25% abaixo do mesmo, o que reforça que a diminuição das chuvas tem afetado diretamente a recarga dos aquíferos.

Outra influência notada no estudo de Coelho (2011) e compatível com as observações obtidas nesse estudo foi a variação da reposição conforme a altitude do poço em relação à topografia, indicando poços mais profundos e sem recarga em pontos mais elevados da bacia. No presente estudo, os maiores retardos ocorreram em poços com alturas entre 25 e 35 m acima do nível do canal de drenagem mais próximo.

Considera-se que o ensaio aqui estabelecido demonstrou um bom grau de correlação com estudos que tiveram maior número de variáveis, e que o comportamento do

nível hidrostático depende em sua maior parte das condições de precipitação, mas que a influência de fatores topográficos, geológicos e ambientais como o desmatamento e o avanço da agricultura, influenciam diretamente na capacidade de manutenção e recarga dos aquíferos, alterando o regime das precipitações e favorecendo maior escoamento superficial em detrimento da infiltração.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Ampara à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo financiamento da pesquisa, recurso importante para execução das atividades desenvolvidas.

À UEG pela logística, principalmente com a disposição da caminhonete para os deslocamentos na coleta de dados.

Ao Laboratório de Estudo do Relevo, Solos e Água (LAERSA) da UEG, Unidade Universitária de Iporá, ligado ao curso de Geografia.

Ao colega de trabalho Edivaldo Gonçalves pela companhia nas incursões de campo e nas medições realizadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO, N. B. D.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. *Simpósio de Geologia do Nordeste*, p. 363-391, 1977.

ALMEIDA, L. D.; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia do estado de Goiás e Distrito Federal.** Goiás, Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de Geologia e Mineração. Série Geologia e Mineração, n. 1, p. 132, 2006.

ANDRADE, E. M. de; AQUINO, D. N; SOUSA, N. R. S.; BEZERRA, L. F. CRISÓSTOMO, L. L. A. Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. *Revista Ceres* 63(5), set.-out., 2016.

COELHO, V. H. R. Monitoramento e análise da variação do nível d'água para estimativa da recarga do aquífero livre da bacia do rio Gramame – PB. (Dissertação de Mestrado). – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2011, 146 p.

CPRM/SIARGAS (2018). FREDDO, Valmor. Coordenador Executivo do Departamento de Hidrologia – Seminário Internacional sobre Hidrogeologia e Cartografia Hidrogeológica. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/imprensa/pdf/SIAGASCPRM.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

IBGE. *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/. Acesso em: 24 fev. 2022.

LACERDA FILHO, J. V. D. *et al*. Mapa geológico-geofísico integrado do projeto Oeste de Goiás. 2020. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20469. Acesso em: 20 abr. 2020.

MANZIONE, R. L. Impactos do clima no comportamento de níveis freáticos em área de conservação utilizando um modelo autorregressivo de séries temporais. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 11(2): 185-198, 2017.

MOREIRA, M. L. O. *et al*. *Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal*. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC – FUNMINERAL, 2008.

MORETON, L. C. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. *Iporá* (Folha SE. 22-VB). Escala 1:250.000, 2001.

MOURA, D. M. B. Proposta metodológica para avaliação e definição de fontes superficiais de abastecimento público: uma análise comparativa entre duas bacias hidrográficas, visando a segurança hídrica de Iporá (GO). 2021. 247 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

MOURA, D. M. B.; NASCIMENTO, D. T; OLIVEIRA, I. J. Caracterização climática de Iporá, Goiás: insumos para a avaliação da disponibilidade hídrica para abastecimento público. *Élisée – Revista de Geografia da UEG*, v. 12, n. 1, p. e121236, 28 fev. 2023.

MOURA, D. M. B.; SOUSA, M. A. Monitoramento da Vazão do Ribeirão Santo Antônio (Iporá-GO), no Período de Estiagem do Ano de 2020. *In*: *Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas* [*e-book*]. FARIA, karla Maria Silva de. *et al*.(org.). Goiânia: Cegraf UFG, 2021. 587 p. : il. (Coletânea 2). Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/688/o/baciashidrograficas.pdf .

PENA, G. S. *et al*. Projeto Goiânia II, DNPM/CPRM, Goiânia. il., mapas e fotos, 236p. 1975.

PENA, G. S.; FIGUEIREDO, A. J. *Projeto Alcalinas – Relatório Final*. Goiânia: DNPM/CPRM, 43, p. 1972.

PROGRAMA NACIONAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – PNAS. Postado em 28 de junho de 2009, 11h47, por Isabela Cardoso [28 de jun. de 2009, 11h50 atualizado]. Disponível em: https://sites.google.com/site/aabrasilma/Home/planos-de-acao/ds/dsrh/recursos-hidricos/programanacionaldeaguassubterraneas-pnas. Acesso em: 17 nov. 2022.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *Cerrado: Ecologia e Flora*, v. 1, p. 151-212, 2008.

SANTOS, D. M.; VIANA, W. J. R.; RORIZ, P. J. M. *Estudo de caso:* utilização de poços artesianos como fonte de abastecimento, para construção de casas unifamiliares de alto padrão, em condomínios horizontais. PUC de Goiás, Goiânia, 2017.

SIGA. Sistema de Informações Geográficas Ambientais do Estado de Goiás. Outorgas Cadastradas no CNARH40 até 05/04/2023. Público. Disponível em: https://siga.meioambiente.go.gov.br/layers/cnarh40:geonode:cnarh40_publico . Acesso em: 18 de abril de 2023.

SOUSA, F. A de. Identificação das zonas de recarga e caracterização dos sistemas freáticos de Iporá-GO. *Geoambiente On-line. Revista Eletrônica do Curso de Geografia*. UFG/REJ Graduação e Pós-Graduação em Geografia, 2019. Jataí-GO, n. 33, jan./abr. 2019.

SOUSA, F. A de; MOURA, D. M. B. Evapotranspiração Potencial (ETp) e sua influência nos rios do Cerrado. *Elisée, Rev. Geo. UEG-Goiás*, v. 11, n. 1, e11122, jan./jun. 2022.

SOBRE OS AUTORES

FLÁVIO ALVES DE SOUSA – É Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), com especialização em Análise Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR); mestrado em Ambiente e Apropriação do Espaço do Cerrado pela Universidade Federal de Goiás (UFG); doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU); é Pós-doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás, regional de Jataí. É professor de ensino superior da Universidade Estadual de Goiás e tem experiência na área de Geografia física, com ênfase em pedologia, geomorfologia, análise e planejamento ambiental e bacias hidrográficas.

E-mail: flavio.alves@ueg.br

DERICK MARTINS BORGES DE MOURA – Mestre e Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Graduado em Geografia pela Universidade Estadual de Goiás. Técnico em Mineração pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás. Tem experiência e atua nas áreas de Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Geotecnologias, Bacias Hidrográficas, Recursos Hídricos, Análise Ambiental Integrada, Prospecção Mineral e Geológica, Prospecção e Mapeamento de Atrativos Turísticos Naturais. Atualmente trabalha como Professor e Técnico Ambiental efetivo na Universidade Estadual de Goiás.

E-mail: derick@ueg.br