

**MAPEAMENTO DA FAVORABILIDADE HÍDRICA NA ALTA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO MEIA PONTE, COMO SUBSÍDIO ÀS POLÍTICAS DE  
SEGURANÇA HÍDRICA DE GOIÂNIA (GO)**

**MAPPING OF WATER FAVORABILITY IN THE WATERSHED HIGH OF MEIA  
PONTE RIVER, AS A SUBSIDY TO WATER SECURITY POLICIES IN GOIÂNIA  
(GO)**

**MAPEO DE LA FAVORABILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO MEIA  
PONTE, COMO SUBVENCIÓN A LAS POLÍTICAS DE SEGURIDAD HÍDRICA EN  
GOIÂNIA (GO)**

**Derick Martins Borges de Moura**

Professor Doutor em Geografia, Universidade Estadual de Goiás, derick@ueg.br

**Ivanilton José de Oliveira**

Professor Doutor em Geografia, Universidade Federal de Goiás, oliveira@ufg.br

**RESUMO:** A favorabilidade hídrica se refere à condição favorável da disponibilidade e distribuição da água em determinadas áreas, como por exemplo em bacias hidrográficas, sendo influenciada por diversos fatores físicos/ambientais. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar um mapa de favorabilidade hídrica da alta Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte (BHRMP), visando subsidiar as políticas setoriais de conservação de água e de segurança hídrica de Goiânia (GO). O método utilizado englobou fatores intervenientes da favorabilidade hídrica em bacia hidrográfica, portanto, configurando-se em análise multicritério espacial, baseada em álgebra de mapas. Dentre os diversos fatores presentes na literatura, foram selecionados os que mais influenciam a favorabilidade hídrica numa bacia hidrográfica, sendo eles: precipitação, temperatura, geologia, solos, cobertura e uso das terras, declividade e *Hand*. Os mapas dos fatores foram reclassificados em cinco classes conforme a contribuição para a favorabilidade hídrica: muito favorável (classe 1), favorável (classe 2), medianamente favorável (classe 3), pouco favorável (classe 4) e desfavorável (classe 5). Os mapas reclassificados foram sobrepostos no QGIS com a utilização da álgebra de mapas, tendo como resultado o mapa de favorabilidade hídrica da BHRMP. Observou-se que existem maiores percentuais de área abrangida pela classe favorável (38,19%), seguida das classes medianamente favorável (29,01%), pouco favorável (19,71%), desfavorável (8,68%) e, por último, da classe muito favorável (4,40%). É indispensável que se realize o manejo adequado dos solos em todas as classes de favorabilidade hídrica, entretanto é urgente a implementação de ações conservacionistas dos recursos hídricos nas áreas identificadas como medianamente favoráveis, pouco favoráveis e desfavoráveis.

**Palavras-chave:** Favorabilidade Hídrica; Segurança Hídrica; Goiânia-GO.

**ABSTRACT:** Water favorability refers to the favorable condition of water availability and distribution in certain areas, such as river basins, being influenced by several physical/environmental factors. Therefore, the objective of this work was to prepare a water favorability map of the upper Meia Ponte River Basin (BHRMP), aiming to support sectoral water conservation and water security policies in Goiânia (GO). The method used encompassed intervening factors of water favorability in a river basin, therefore, configuring a spatial multi-criteria analysis, based on map algebra. Among the various factors present in the literature, those that most influence water favorability in a river basin were selected, namely: precipitation, temperature, geology, soil, land cover and use, slope and Hand. The factor maps were reclassified into five classes according to their contribution to water favorability: very favorable (class 1), favorable (class 2), moderately favorable (class 3), somewhat favorable (class 4) and unfavorable (class 5). The reclassified maps were overlaid in QGIS using map algebra, resulting in the BHRMP water favorability map. It was observed that there are higher percentages of area covered by the favorable class (38.19%), followed by the moderately favorable classes (29.01%), somewhat favorable (19.71%), unfavorable (8.68%) and, finally, from the very favorable class (4.40%). It is essential to carry out adequate soil management in all classes of water favorability, however, it is urgent to implement conservation actions for water resources in areas identified as moderately favorable, unfavorable and unfavorable.

**Keywords:** Water Favorability; Water Security; Goiânia-GO.

**RESUMEN:** La favorabilidad del agua se refiere a las condiciones favorables de disponibilidad y distribución del agua en ciertas áreas, como las cuencas fluviales, que están influenciadas por varios factores físicos/ambientales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue preparar un mapa de favorabilidad del agua de la cuenca superior del río Meia Ponte (BHRMP), con el objetivo de apoyar las políticas sectoriales de conservación y seguridad hídrica en Goiânia (GO). El método utilizado abarcó factores intervinientes de favorabilidad del agua en una cuenca fluvial, configurando así un análisis espacial multicriterio, basado en álgebra cartográfica. Entre los diversos factores presentes en la literatura, se seleccionaron aquellos que más influyen en la favorabilidad del agua en una cuenca fluvial, a saber: precipitación, temperatura, geología, suelo, cobertura y uso del suelo, pendiente y mano. Los mapas de factores fueron reclasificados en cinco clases según su contribución a la favorabilidad del agua: muy favorable (clase 1), favorable (clase 2), moderadamente favorable (clase 3), algo favorable (clase 4) y desfavorable (clase 5). Los mapas reclasificados se superpusieron en QGIS utilizando álgebra de mapas, lo que dio como resultado el mapa de favorabilidad del agua del BHRMP. Se observó que existen mayores porcentajes de superficie cubierta por la clase favorable (38,19%), seguida de las clases moderadamente favorables (29,01%), algo favorables (19,71%), desfavorables (8,68%) y, finalmente, de muy clase favorable (4,40%). Es fundamental realizar un adecuado manejo del suelo en todas las clases de favorabilidad hídrica, sin embargo, es urgente implementar acciones de conservación del recurso hídrico en zonas identificadas como moderadamente favorable, desfavorable y desfavorable.

**Palabras-clave:** Favorabilidad del agua; Seguridad Hídrica; Goiânia-GO.

## 1. INTRODUÇÃO

A transformação de ambientes naturais em antrópicos sem planejamento correto, vem causando alterações no ciclo hidrológico, com repercussões negativas na disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas (Moura, 2021). O problema se torna mais grave quando se trata de bacia hidrográfica que é fonte de fornecimento de água para abastecimento público de uma grande população urbana, como a alta Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte (BHRMP), que é a área de contribuição fornecedora de água para abastecimento de aproximadamente 36% da população urbana de Goiânia-GO (Saneago, 2023).

O crescimento populacional e o aumento no consumo de água são outros fatores que contribuem para agravar o problema. Com uma população crescente, é inevitável um aumento na demanda e na escassez de água. De acordo com o censo demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), somente a população do município de Goiânia é estimada em 1.555.626 habitantes, gerando uma pressão no uso dos recursos hídricos da BHRMP para abastecimento do consumo urbano.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2019), o consumo médio *per capita* de água aumentou substancialmente nas últimas duas décadas, causando um aumento na captação e uso de recursos hídricos. O consumo médio *per capita* em Goiânia é de 150 litros/hab./dia, sendo maior que a média no estado de Goiás, que é de 139 l/hab./dia (SNIS, 2021).

A escassez hídrica na BHRMP para abastecimento público da cidade de Goiânia se agravou a partir do ano de 2015. Conforme dados da empresa de Saneamento de Goiás S/A (Saneago), a pedido do Ministério Público de Goiás, apontam que além de Goiânia, outras 66 cidades goianas sofrem risco de desabastecimento de água em períodos de estiagem (O Popular, 2018).

A BHRMP tem apresentado, de forma recorrente, problemas de insuficiência hídrica para abastecimento público (Segatti, 2020), principalmente devido ao aumento no consumo pela população, gerando uma maior demanda e, em contrapartida, uma redução na disponibilidade hídrica, devido às degradações ambientais na BHRMP, que é uma das fontes fornecedoras de água.

Frente ao problema de escassez de recursos hídricos em bacias hidrográficas de abastecimento público, podem ser realizados planejamentos e ações, incluindo mapeamentos específicos relacionados aos recursos hídricos da bacia, para auxiliar o enfrentamento ao problema da escassez e tomada de medidas que visem aumentar a disponibilidade hídrica. Um desses mapeamentos é o da favorabilidade hídrica.

A favorabilidade hídrica é um termo referente à condição favorável da recarga hídrica dos aquíferos, da disponibilidade e distribuição da água em uma determinada região, para uma finalidade específica, como o uso humano, por exemplo (Oliveira et al., 2020). Essa noção considera diversos fatores, como a quantidade total de água disponível em uma determinada área, incluindo águas superficiais e subterrâneas, e à capacidade de armazenamento e fornecimento de água para uso durante períodos de seca ou escassez (Brito et al., 2021).

A favorabilidade hídrica é influenciada por vários fatores físicos/ambientais, como a geologia: rochas porosas e permeáveis, como os arenitos, geralmente armazenam mais água do que rochas impermeáveis, a exemplo dos granitos (Ayer et al., 2017); os solos: quando profundos e com textura arenosa, são mais eficientes para infiltração da água e recarga dos aquíferos do que solos rasos e argilosos (Almeida et al., 2006; Sartori e Genovez, 2011); a topografia: áreas com declives mais acentuados tendem a armazenar e fornecer menos água subterrânea do que em áreas planas (Christofolletti, 1980; Tucci, 2004). Outro fator topográfico relevante é a altura do terreno em relação à drenagem mais próxima (Height above the nearest drainage - Hand). O Hand está relacionado com a profundidade do lençol freático que, por sua

vez, indica a disponibilidade da água do solo (Rennó et al., 2008). No caso do clima, a precipitação e a temperatura do ar são os principais fatores climáticos que afetam a favorabilidade hídrica. Áreas com alta precipitação e baixas temperaturas geralmente possuem mais água disponível a do que áreas com baixa precipitação e altas temperaturas (Monteiro, 1951; Monteiro e Mendonça, 2003). E, por fim, a cobertura e uso das terras, já que as áreas protegidas com cobertura vegetal natural geralmente proporcionam maior disponibilidade hídrica do que áreas descobertas (Sano et al., 2019).

O mapeamento da favorabilidade hídrica se torna fundamental para auxiliar o planejamento e gestão adequada dos recursos hídricos, especialmente em face dos desafios crescentes relacionados à mudança climática, crescimento populacional e demandas crescentes por água (Oliveira et al., 2020). Uma maior favorabilidade hídrica indica uma situação em que os recursos hídricos são abundantes para atender às necessidades humanas, econômicas e ambientais. O mapeamento da favorabilidade hídrica é uma ferramenta importante para a gestão dos recursos hídricos. Ela pode auxiliar na identificação de áreas favoráveis a recarga hídrica visando o planejamento do uso sustentável dos recursos hídricos (Brito et al., 2021).

Existem diversos métodos para mapeamento da favorabilidade hídrica. Um dos métodos mais comuns é a utilização da análise multicritério espacial, técnicas de geoprocessamento e álgebra de mapas para integrar diferentes fatores, como geologia, solos, cobertura e uso da terra, topografia, e os fatores climáticos. O mapeamento de favorabilidade hídrica pode ser utilizado para o zoneamento, dividindo uma área em zonas com diferentes graus de favorabilidade hídrica, identificando as áreas com maior potencial para a armazenamento e fornecimento de água.

A álgebra de mapas é uma abordagem utilizada em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para manipular e analisar dados espaciais de forma algébrica (Barbosa, 1997). Ela permite que diferentes operações sejam aplicadas a conjuntos de dados representados em forma de mapas, geralmente na forma de *raster* ou imagens de grade, onde cada célula ou pixel tem um valor associado.

Essa abordagem permite realizar operações lógicas e matemáticas diretamente nos dados espaciais, facilitando análises como sobreposição, combinação, filtragem e transformação de camadas de dados geográficos. As operações comuns na álgebra de mapas incluem união, interseção, diferença, junção e reclassificação de mapas (Barbosa et al., 1998).

Nesse sentido, o principal objetivo deste trabalho foi mapear a favorabilidade hídrica da BHRMP, visando subsidiar as políticas setoriais de conservação de água e de segurança hídrica de Goiânia (GO). através da utilização do método de análise multicritério espacial, baseado em critérios definidos de acordo com a literatura, utilizado a álgebra de mapas no SIG QGIS.

Dessa forma, este trabalho justifica-se devido BHRMP ser fonte de abastecimento da cidade de Goiânia, estando ancorado na premissa de que demanda crescente de água pela população urbana exige iniciativas para assegurar o abastecimento em cenários futuros. A relevância desse trabalho é devida também ao caráter metodológico que pode ser implementado em outras bacias hidrográficas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A BHRMP é fonte de abastecimento hídrico para a cidade de Goiânia e compreende a área de contribuição à montante do ponto de captação de água (exutório), que é realizada pela empresa de Saneamento de Goiás S/A (Saneago), estando situada a norte do perímetro urbano de Goiânia (GO). A área da bacia está localizada em duas regiões de planejamento do estado de Goiás, definida pelo Instituto Mauro Borges (IMB) como Metropolitana e Centro. Sua área

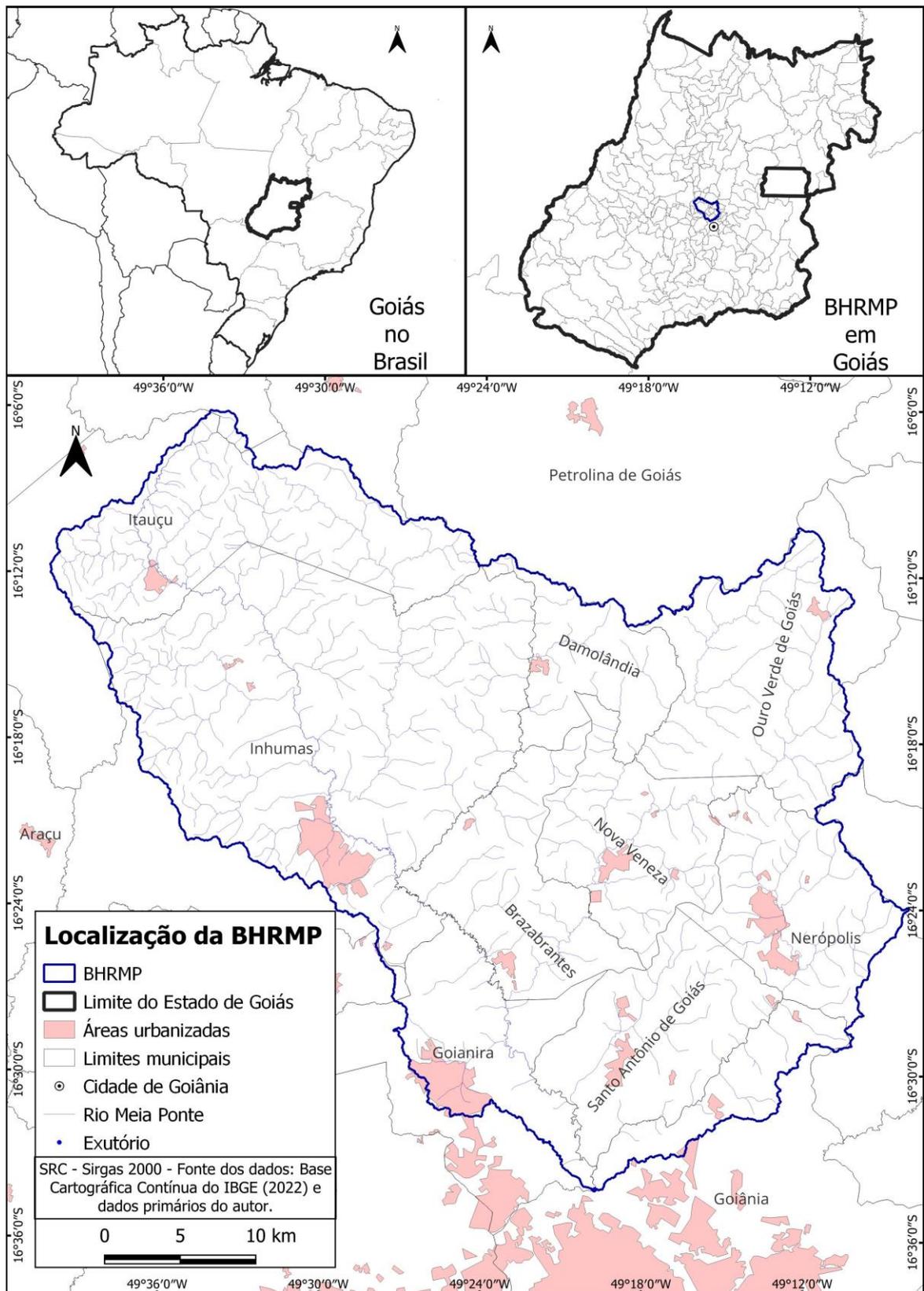
abrange 12 municípios, sendo eles: Goiânia, Inhumas, Goianira, Nerópolis, Nova Veneza, Itauçu, Santo Antônio de Goiás, Caturai, Brazabranes, Ouro Verde de Goiás, Taquaral de Goiás e Damolândia, (Tabela 1). De acordo com a prévia da população calculada com base nos resultados do censo demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a soma dos habitantes dos municípios corresponde a 1.731.317. O município que possui maior área inserida na BHRMP é Inhumas, que abrange 482,5 km<sup>2</sup> (30% da área da bacia). Os municípios de Goiânia, Taquaral de Goiás e Caturai são os que menos possuem área do seu território inseridas na BHRMP. Apenas quatro municípios estão totalmente inseridos dentro da área da bacia (Tabela 1).

**Tabela 1:** Áreas dos municípios na BHRMP

Ord.	Município	Hab.	Área do mun. (km <sup>2</sup> )	Área do mun. na bacia (km <sup>2</sup> )	Área do mun. na bacia (%)
1	Inhumas	53.655	614,8	482,5	78,4
2	Itauçu	8.968	383,0	194,2	50,7
3	Ouro Verde de Goiás	3.679	208,8	170	81,4
4	Santo Antônio de Goiás	6.593	135,1	135,1	100
5	Nerópolis	30.931	204,7	128	62,5
6	Brazabranes	3.812	125,5	125,5	100
7	Nova Veneza	10.193	122,4	122,4	100
8	Goianira	46.278	213,7	108,3	50,6
9	Damolândia	2.944	86,0	86,0	100
10	Goiânia	1.555.626	729,2	56,6	7,7
11	Taquaral de Goiás	3.506	205,6	3,1	1,5
12	Caturai	5.132	205,0	2,3	1,1
<b>Total</b>	-	<b>1.731.317</b>	-	<b>1.613</b>	-

**Fonte:** Censo demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

O Rio Meia Ponte nasce na Serra dos Brandões, na zona rural do município de Itauçu-GO, na divisa com o município de Taquaral de Goiás. A área de estudo possui 1.613,07 Km<sup>2</sup> e se posiciona entre coordenadas geográficas de latitudes: 16° 06' e 16° 36' Sul e longitudes: 49° 42' e 49° 06' Oeste. A alta bacia compõe a cabeceira de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte, que por sua vez faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, integrando a Região Hidrográfica do Rio Paraná. O rio Meia Ponte percorre 120 km desde a nascente até chegar ao ponto exutório (captação da Saneago) no município de Goiânia (Figura 1).



**Figura 1:** Localização da BHRSM. **Fonte:** organizado pelos autores.

A área em estudo está localizada na região climática definida, segundo a classificação de Köppen-Geiger (1961), como sendo do tipo Aw, caracterizado por ser de clima tropical, com chuva de verão, mês mais frio com temperatura média superior a 18 °C e existência de duas estações bem definidas: uma seca, de maio a setembro, e outra úmida, de outubro a abril. De

acordo com Nascimento e Novais (2023) a região pertence ao domínio climático Tropical, com dois subdomínios: um semiúmido (5 meses secos) e outro semisseco (6 meses secos). As normais climatológicas calculadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022) para a estação meteorológica convencional de Goiânia (83423), entre 1931 e 2020 indica temperatura média anual de 23,1 °C, com outubro representando o mês mais quente (com média mensal de 24,6 °C) e junho e julho associados ao período mais frio do ano (ambos meses com média de 20,9 °C) (Nascimento e Novais, 2023).

A precipitação média anual, segundo dados da série histórica da estação meteorológica convencional de Goiânia (83423), referentes ao período de 1931 a 2020, é de 1556mm. O período chuvoso concentra-se em sete meses (outubro a abril) e o período seco em cinco (maio a setembro).

A região faz parte da área *core* do bioma Cerrado, onde a vegetação natural é agrupada em três classes: formações florestais, formações savânicas e formações campestres. Nas formações florestais, predominam vegetação arbustiva, com dossel contínuo, enquanto nas formações savânicas impõe-se a presença dos estratos arbóreos e arbustivo herbáceos espaçados e as áreas úmidas que se caracterizam como veredas. Já nas formações campestres predominam coberturas herbáceas (Ribeiro e Walter, 2008), entretanto, na área de estudo, as formações florestais são predominantes. A cobertura e uso da terra predominante na bacia é por pastagens para criação pecuária, ocupando uma área de 1.241km<sup>2</sup> que corresponde a 76,9% da área da bacia (Tabela 2 e Figura 2).

**Tabela 2:** Classes de cobertura e uso da terra

Cobertura e uso da terra	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Formação florestal e savânica	192,3	11,93
Formação campestre	10,4	0,66
Pastagem	1.241,0	76,93
Agricultura	99,3	6,14
Áreas urbanizadas	70,0	4,34
<b>Total</b>	<b>1.613,0</b>	<b>100,00</b>

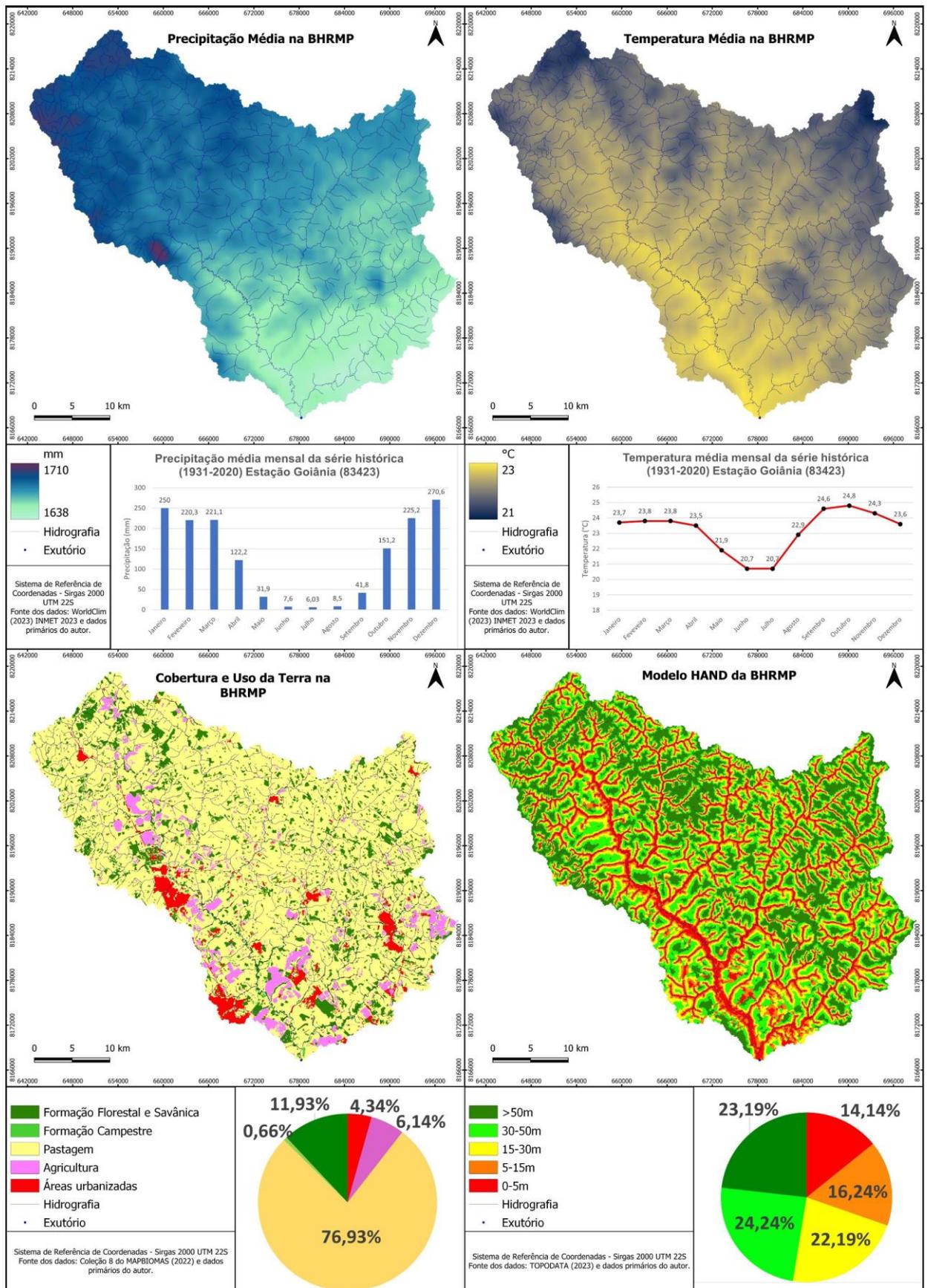
**Fonte:** Elaborada pelos autores conforme Coleção 8 do MapBiomias (2022).

A altura acima da drenagem mais próxima (Hand) reflete o desnível altimétrico determinado a partir do caminho preferencial da água no terreno até a drenagem mais próxima (Rennó et al., 2008). O Hand da BHRMP foi dividido em cinco classes de altitudes, sendo que a classe de 15 à 30 metros é a que possui maior ocorrência na bacia (51,72%) (Tabela 3 e Figura 2).

**Tabela 3:** Classes do modelo Hand da bacia

HAND (m)	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
0 – 5	71	4,43
5 – 15	516	31,95
15 – 30	834	51,72
30 – 50	190	11,76
>50	2	0,14
<b>Total</b>	<b>1613</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores adaptado de Rennó et al., (2008).



**Figura 2:** Mapas de precipitação, temperatura, cobertura e uso da terra e Hand da BHRMP. **Fonte:** Elaborada pelos autores

No contexto geológico, a BHRMP está situada na porção centro-sul da província Tocantins (Almeida et al., 2006; Moreira et al., 2008), inserida na zona interna da Faixa-Brasília e no compartimento geotectônico do *Rift* Intracontinental, compreendendo os complexos máfico-ultramáficos acamadados e indiferenciados contendo formações do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, Associação Ortogranulitos, Complexo Anápolis Itauçu Associação Supracrustais, Suíte Anicuns Santa Bárbara, Suíte Granito do tipo Rio Piracanjuba, Suíte Jurubatuba e Cobertura Detrito-Lateríticas Ferruginosas (Tabela 4 e Figura 3).

**Tabela 4:** Unidades Geológicas da BHRMP

Sigla	Unidades Geológicas	Litologia	Área	
			Km <sup>2</sup>	%
N1dl	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Areia, Argila, Laterita	22.6	1,40
NP2aiosp	Granitos Tipo Rio Piracanjuba	Serpentinito	17.67	1,1
NP2aio	Anápolis-Itauçu - Associação Ortogranulitos	Charnockito, Talco xisto, Metanorito, Metapiroxenito	895.3	55,5
NP2ais	Anápolis-Itauçu - Associação Supracrustais	Gnaisse, Gondito, Mármore, Rocha calcissilicática.	518.8	32,1
NP_delta_as	Anicuns - Santa Bárbara	Metagabro	5.33	0,33
NP_gamma_1ag	Granitos Tipo Aragoiânia	Metagranito, Metagranodiorito	0,55	0,00003
PP2_gamma_1j	Jurubatuba	Metagranito, Metatonalito	150.2	9,31
<b>Total</b>	-	-	<b>1613</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores conforme Moreira et al., (2008).

Conforme o mapeamento de solos em escala de 1:250.000 do IBGE (2023), na BHRMP ocorrem quatro classes de solos, que são: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, que ocupa uma área de 838km<sup>2</sup>, o que equivale a 51,9% da área da bacia, seguido do Latossolo Vermelho Ácrico, que ocorre numa área de 722km<sup>2</sup>, o equivalente a 44,7% da área da bacia, depois o Gleissolo Háplico Eutrófico, que é distribuído numa área de 34,2km<sup>2</sup>, que perfaz 2,12% da bacia, e por último o Latossolo Vermelho Distrófico, que ocupa uma área de apenas 19,1km<sup>2</sup>, o que equivale a 1,19% da área da bacia (Tabela 5 e Figura 3).

**Tabela 5:** Classes de solos da bacia

Sigla	Solos	Área	
		Km <sup>2</sup>	%
LVw	Latossolo Vermelho Ácrico	722	44,7
PVAe	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	838	51,9
LVd	Latossolo Vermelho Distrófico	19,1	1,19
GXve	Gleissolo Háplico Eutrófico	34,2	2,12
<b>Total</b>	-	<b>1613</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores conforme o mapa de solos em escala de 1:250.000 do IBGE (2023).

A declividade na BHRMP varia de 0% a 69,6% e apresenta 51,72% da área total com declividade entre 8 e 20% (ondulado); seguida de 31,95% com declividade entre 3 e 8% (suave-ondulado); 11,76% com declividade entre 20 a 45% (forte-ondulado); 4,43% com declividade entre 0 a 3% (plano); 0,14% com declividade entre 45 a 75% (montanhoso) e não apresenta áreas com a categorias de relevo forte-montanhoso. Quando somadas as áreas mais acidentadas (relevos ondulado, forte-ondulado e montanhoso), estas representam 63,62% da área da bacia, indicando um relevo predominantemente acidentado, mais desfavorável a infiltração da água e, por conseguinte, mais favorável ao escoamento superficial (Tabela 6 e Figura 3).

**Tabela 6:** Classes de declividade da bacia

Classes (%)	Relevo	Área	
		Km <sup>2</sup>	%
0 – 3	Plano	71	4,43
3 – 8	Suave-ondulado	516	31,95
8 – 20	Ondulado	834	51,72
20 – 45	Forte-ondulado	190	11,76
45 – 75	Montanhoso	2,0	0,14
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>1613</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores conforme a classificação da Embrapa (2013).

As cotas altimétricas variam de 709 a 1143, resultando em uma amplitude altimétrica de 434m, que revela um grande diferencial de altitude entre partes altas e o exutório. Entretanto, 72% da área da bacia encontra-se nas duas classes de altitudes mais baixas, entre 709 e 900 metros. Isso indica ser uma bacia geomorfologicamente mais denudada (Strahler, 1952), pois possui maior parte da sua área em cotas altimétricas baixas (Tabela 7 e Figura 3).

**Tabela 7:** Classes de altimetria da bacia

Classes (m)	Área	
	Km <sup>2</sup>	%
1101 - 1143	1,4	0,09
1001 - 1100	67	4,14
901 - 1000	384	23,80
801 - 900	762	47,25
709 - 800	399	24,72
<b>Total</b>	<b>1613</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

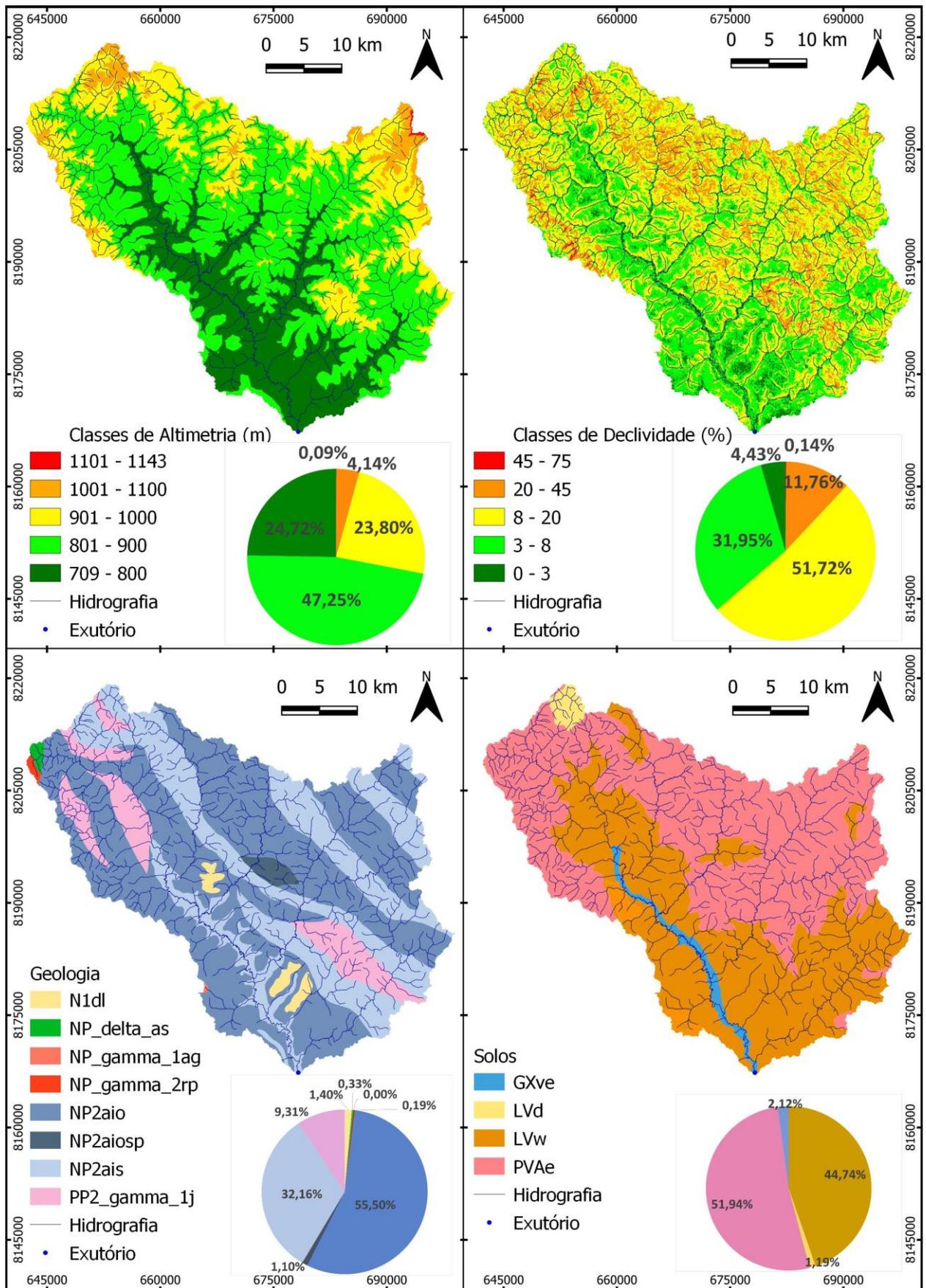


Figura 3: Altimetria, Declividade, Geologia e Solos da BHRSM. Fonte: Organizado pelos autores.

## 2.2 Procedimentos metodológicos

O método utilizado nesta pesquisa busca englobar os principais fatores intervenientes do ciclo hidrológico na bacia hidrográfica, portanto, se configurando em análise multicritério espacial (Falcão, 2013). A favorabilidade hídrica na BHRMP foi determinada a partir da análise multicritério espacial com base nos principais fatores descritos na literatura e com uso da álgebra de mapas feita via geoprocessamento, para gerar o mapa final de favorabilidade hídrica.

Através do compilado de autores como Almeida et al. (2006), Moreira et al. (2008), Valeriano, (2008), Rennó et al. (2008), Sartori e Genovez (2011), Ayer et al. (2017), Santos et al. (2018), Oliveira et al. (2020), Brito et al. (2021), o conceito de favorabilidade hídrica adotado no presente trabalho se baseia na condição ou estado apresentado por um determinado sistema, natural ou antrópico, decorrente dos principais multicritérios que influenciam na entrada e saída de água no ciclo hidrológico da bacia hidrográfica, na capacidade de infiltração da água e de recarga de aquíferos, os quais são: precipitação, temperatura, solos, geologia, cobertura e uso da terra, declividade e *Hand*.

Destaca-se que, dentre os diversos fatores presentes na literatura, foram selecionados para o presente trabalho os que melhor retratam a infiltração (recarga) e o escoamento superficial (descarga) da água das chuvas, haja vista a intenção de mapear uma bacia atualmente utilizada para captação de água para abastecimento hídrico.

Para o mapeamento foram utilizadas ferramentas geotecnológicas (geoprocessamento, sensoriamento remoto, *Global Navigation Satellite System* - GNSS, cartografia automatizada, SIG, entre outras) aplicadas aos estudos e avaliações dos recursos hídricos, que auxiliam nas interpretações das influências dos aspectos físicos e antrópicos na dinâmica hídrica da bacia hidrográfica.

A organização dos dados e a elaboração dos produtos cartográficos da bacia hidrográfica foram feitas por meio do *software* QGIS (v. 3.4.5). Foi adotada a rede de coordenadas planas, baseada no sistema de referência geodésico SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 22S.

A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), foi realizada a delimitação automática da bacia hidrográfica, por meio da extensão *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), contida no QGIS. O processo foi feito de maneira automatizada, ficando a cargo do operador apenas a escolha do ponto exutório, que corresponde ao ponto de maior acúmulo de fluxo de água da bacia. Para o posicionamento do exutório de forma mais precisa, a locação foi feita levando-se em conta a observação de imagens de alta resolução, disponíveis no programa *Google Earth Pro*.

A análise multicritério espacial foi realizada utilizando a álgebra de mapas. Foram adotados sete critérios (fatores): precipitação, temperatura, geologia, solos, cobertura e uso das terras, declividade e *Hand*. Em cada mapa dos critérios, foram feitas reclassificações em cinco níveis conforme a contribuição de cada classe para a favorabilidade hídrica, sendo dividida em: muito favorável (classe 1), favorável (classe 2), medianamente favorável (classe 3), pouco favorável (classe 4), desfavorável (classe 5). Os mapas reclassificados foram sobrepostos, com a utilização da calculadora *raster*, gerando como produto final o mapa de favorabilidade hídrica da BHRMP. Na sequência são descritos os procedimentos metodológicos de cada um dos critérios (fatores) adotados nesse trabalho.

### 2.2.1 Precipitação e Temperatura do Ar

Os dados de precipitação média mensal e Temperatura do Ar média mensal, foram obtidas a partir da base de dados disponibilizada pelo projeto WorldClim - <https://www.worldclim.org/> (Fick e Hijmans, 2017), que é uma plataforma gratuita e uma base de dados global para diversas variáveis meteorológicas, com resolução espacial de 30 segundos de arco, proporcional a aproximadamente 1 km x 1 km. Foi utilizada no presente estudo a versão mais atualizada dessa base de dados que é a 2.1. Estes dados de precipitação e temperatura do ar são gratuitos e apresentam um período base de 31 anos (1970 a 2000). A informação disponibilizada é referente a uma interpolação média mensal para todos os meses da série histórica, oriundos de 9.000 a 60.000 estações meteorológicas (Fick e Hijmans, 2017).

Foram adquiridos arquivos *rasters* de cada mês (doze meses de precipitação média mensal e doze meses de temperatura do ar média mensal). Esses arquivos foram adicionados ao QGIS e foram processados na calculadora *raster*, onde os doze arquivos de cada fator foram somados e obtidos duas camadas *rasters* contendo dados da precipitação média anual e temperatura do ar média anual. Essas camadas *rasters* foram recortadas para área da BHRMP e reamostradas para pixels de 30x30 metros. Posteriormente foi feita uma reclassificação das camadas *rasters*, usando a ferramenta *r.reclass* do QGIS. As classes foram divididas em cinco, sendo a primeira a que possui maior favorabilidade hídrica e a quinta à menor. O quadro 1, ilustrado adiante, mostra os valores de cada classe e a contribuição na favorabilidade hídrica.

### 2.2.2 Geologia

Na elaboração do mapa geológico da BHRMP, foi utilizado o mapa geológico do estado de Goiás e Distrito Federal (Moreira et al., 2008), disponível na base de dados do Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil - CPRM GeoSGB (<https://geosgb.sgb.gov.br/>), através do *download* do arquivo em *shapefile* e classificação conforme Almeida et al. (2006). O mapa geológico estava originalmente na forma vetorial, e foi rasterizado (pixels 30x30) para permitir o geoprocessamento da álgebra de mapas e integração com os demais dados espaciais (fatores).

Os unidades geológicas foram reclassificadas usando a ferramenta *r.reclass* do QGIS conforme critérios adaptados da metodologia de Almeida et al. (2006), segundo a potencialidade de produção de água para cada unidade geológica, representado pela vazão (Q) em m<sup>3</sup>/h que cada rocha consegue produzir. Foram divididas cinco classes geológicas conforme favorabilidade hídrica (armazenamento e fornecimento de água), sendo a primeira classe de maior favorabilidade e a quinta de menor. O quadro 1, ilustrado adiante, mostra a classificação de cada unidade geológica conforme a favorabilidade hídrica.

### 2.2.3 Solos

O mapa de solos da bacia foi obtido a partir do Mapa de Solos do Brasil, publicado na escala 1:250.000 (IBGE, 2023), disponível no sítio <https://geoportal.sgb.gov.br/pronasolos/>. O mapa de solos estava originariamente gerado na forma vetorial, e foi rasterizada (pixels 30x30m) para permitir o geoprocessamento da álgebra de mapas e integração com os demais fatores. A camada *raster* foi reclassificada usando a ferramenta *r.reclass* do QGIS, de acordo com a interpretação pedológica, por meio de conhecimento baseado na literatura, considerando a influência que cada classe de solos presentes na bacia tem em relação a favorabilidade hídrica (potencial de infiltração e permeabilidade).

Essa classificação foi adaptada conforme as propostas de Almeida et al. (2006) e Sartori e Genovez (2011), que consideram como aquíferos freáticos a camada do terreno constituída

exclusivamente por coberturas regolíticas (solo e saprólito). A classificação divide cinco classes de solos, que leva em conta as características de textura, estrutura, capacidade de armazenamento e condutividade hidráulica vertical de cada classe, sendo 1 a classe de maior favorabilidade e o 5 de menor. O quadro 1, ilustrado adiante, mostra a classificação de cada solo na favorabilidade hídrica.

#### 2.2.4 Cobertura e Uso das Terras

Para elaboração do mapa de cobertura e uso das terras foi utilizado o mapeamento realizado na coleção 8 do projeto MapBiomias, sendo adquiridos pela *homepage* <https://mapbiomas.org/> os arquivos matriciais (*raster*) de cobertura e uso e da terra do bioma Cerrado referente ao ano de 2022. O arquivo *raster* foi recortado para a área da bacia, classificado conforme os códigos das classes da legenda e representado de acordo com a paleta de cores utilizadas na coleção 8 do MapBiomias. Posteriormente o arquivo *raster* contendo os grupos das categorias de cobertura e uso da terra foi reclassificado conforme a contribuição na infiltração da água de cada categoria, de acordo com critérios descritos na literatura. O quadro 1, ilustrado adiante, identifica cada classe e a contribuição na favorabilidade hídrica.

#### 2.2.5 Declividade

Os dados empregados no estudo foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) (Valeriano, 2008), disponível em <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>, derivado do processamento de imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e refinamento da sua resolução original de 90m para 30m.

O fator declividade foi dividido em cinco classes de acordo com os intervalos das classes de relevo estabelecidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2018), a saber: Classe 1 – Muito favorável ( $\leq 3\%$  de declividade); Classe 2 – Favorável ( $> 3$  a  $\leq 8\%$  de declividade); Classe 3 – Medianamente favorável ( $> 8$  a  $\leq 20\%$  de declividade); Classe 4 – Pouco favorável ( $> 20$  a  $\leq 45\%$  de declividade); e Classe 5 – Desfavorável ( $> 45\%$  a  $\leq 75\%$  de declividade). O quadro 1, ilustrado adiante, mostra os valores de cada classe e a contribuição na favorabilidade hídrica.

#### 2.2.6 Hand

Para geração do modelo Hand foi utilizado imagem SRTM de altimetria obtido no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil TOPODATA. Para composição do modelo Hand, foi utilizado o *software* Hand Model, que foi adquirido em [http://handmodel.ccst.inpe.br/?page\\_id=289](http://handmodel.ccst.inpe.br/?page_id=289).

A metodologia para elaboração do modelo Hand da bacia foi aplicada conforme adaptação na proposta de Rennó et al. (2008), utilizando um limiar de 500m que melhor reproduziu a rede de drenagem. Os sete critérios adotados e classificados foram sintetizados, e podem ser conferidos no quadro 1.

**Quadro 1:** Síntese da classificação dos critérios

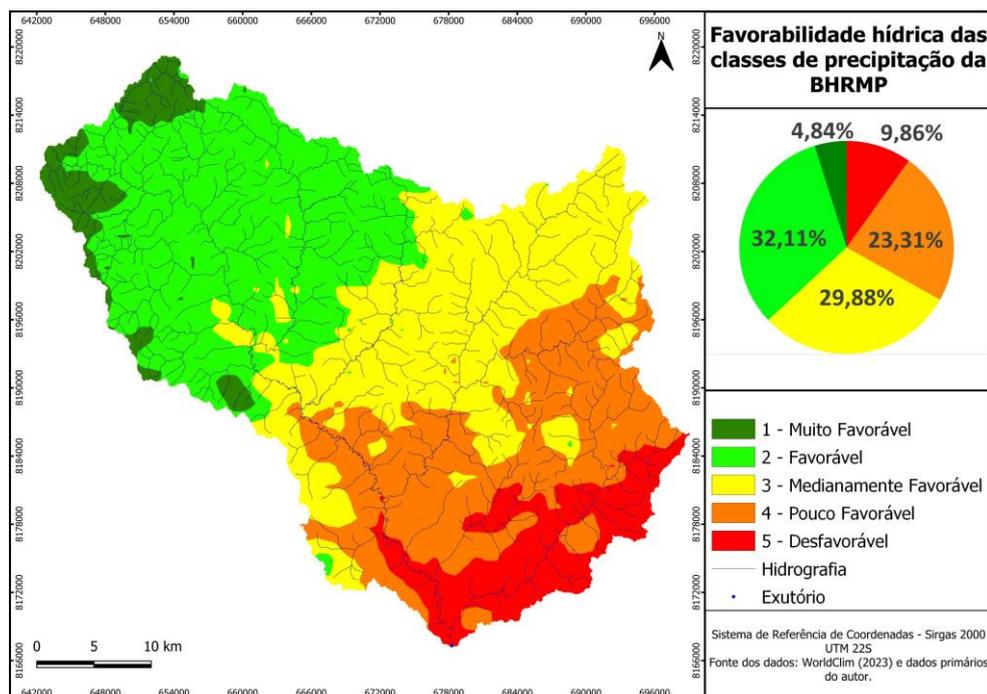
Favorabilidade hídrica	P (mm)	T (°C)	Sigla Un. Geo.	Sigla Solos	Cob. e Uso	Decl. (%)	HAND (m)
Classe 1 Muito favorável	1695-1710	21,0	N1dl	LVw	Formação Florestal e Savânica	0-3	>50
Classe 2 Favorável	1681-1695	21,5	NP2aiosp	LVd	Formação Campestre	3-8	30-50
Classe 3 Medianamente favorável	1666-1681	22,0	NP2aio	PVAe	Pastagem	8-20	15-30
Classe 4 Pouco favorável	1652-1666	22,5	NP2ais NP_delta_as	GXve	Agricultura	20-45	5-15
Classe 5 Desfavorável	1638-1652	23,0	NP_gamma_1ag PP2_gamma_1j	Área Urb.	Área Urbana	45-75	0-5

Fonte: Elaborado pelos autores

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Favorabilidade hídrica da precipitação

A precipitação pluviométrica na BHRMP varia de 1.638 mm a 1.710 mm, ou seja, uma amplitude pluviométrica de 72 mm de precipitação, possuindo uma distribuição da classe muito favorável com 4,84% de ocorrência na bacia, principalmente na porção noroeste, nas cabeceiras de drenagem. A classe favorável ocorre em 32,11% da bacia, concentrada na porção noroeste. A classe medianamente favorável ocorre em 29,8% da bacia, na porção centro-norte. A classe pouco favorável ocorre na porção centro-sul sul da bacia, e abrange uma área equivalente a 23,3%. E por fim a classe desfavorável ocupa uma área de 9,86% da bacia e ocorre na porção sul. A figura 4 ilustra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica da precipitação pluviométrica na bacia.



**Figura 4:** Classes de favorabilidade hídrica da precipitação pluviométrica da BHRMP. Fonte: Mapa elaborado pelos autores.

A precipitação representa a entrada de água na bacia hidrográfica, ou seja, o início do ciclo hidrológico na bacia (Tucci, 2004). É um dos principais fatores que intervêm na favorabilidade hídrica. Os locais na bacia onde ocorrem as classes de precipitação favoráveis e muito favoráveis, são as áreas onde pode haver maior recarga hídrica. Entretanto, se os outros fatores forem desfavoráveis para a recarga hídrica, os altos índices de precipitação podem ser prejudiciais, ocasionando escoamento superficial da água de forma acelerada e concentrada e causando processos de erosão (Feitosa et al., 2008).

### 3.2 Favorabilidade hídrica da temperatura do ar

A temperatura do ar na BHRMP varia de 21°C a 23°C, o equivalente a uma amplitude térmica de 2°C de temperatura, possuindo uma distribuição da classe muito favorável com 2,54% de ocorrência na bacia, principalmente nas porções noroeste e nordeste, nas cabeceiras de drenagem, onde possuem altitudes mais elevadas. A classe favorável ocorre em 12,62% da bacia, concentrada nas porções noroeste e nordeste. A classe medianamente favorável ocorre em 31,59% da bacia, concentrada nas porções leste, norte e nordeste. A classe pouco favorável ocorre na porção centro-nordeste da bacia, e abrange uma área equivalente a 36,39%. E por fim a classe desfavorável ocupa uma área de 16,86% da bacia e ocorre na porção centro-sul. A figura 5 ilustra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica da temperatura do ar na bacia.

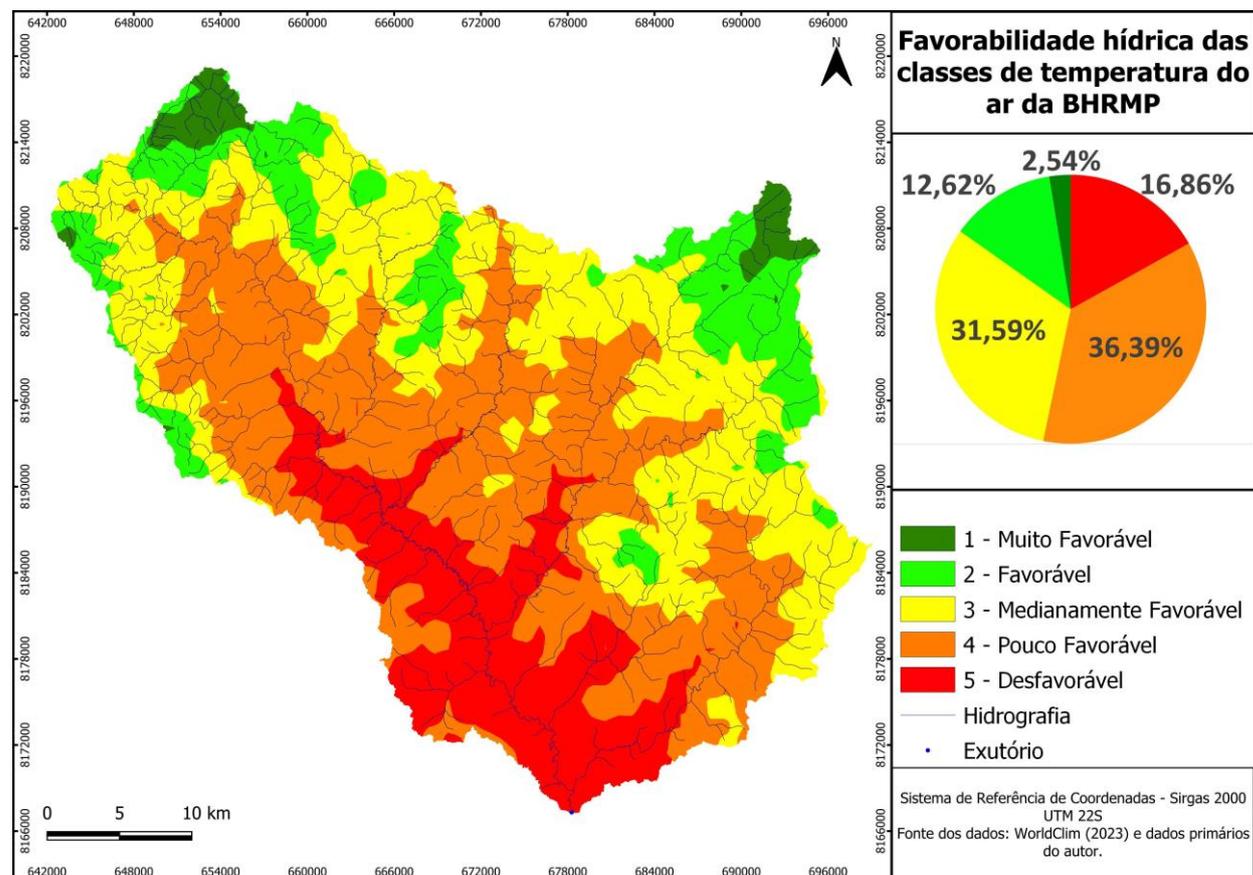


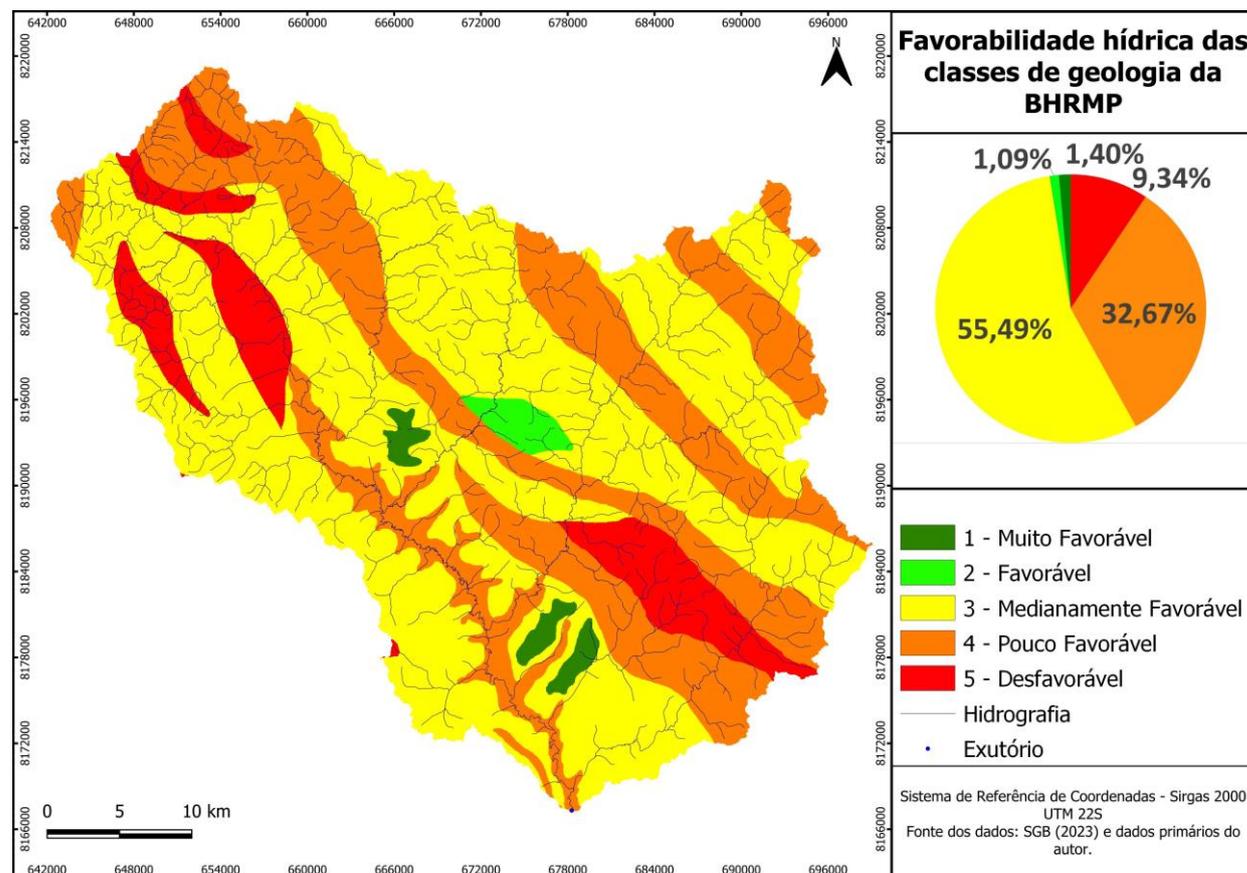
Figura 5: Classes de favorabilidade hídrica da temperatura do ar. Fonte: Mapa elaborado pelos autores.

A temperatura do ar é um dos principais fatores que influenciam a evapotranspiração (Camargo e Camargo, 2000). A evapotranspiração é o processo combinado de evaporação da água do solo e transpiração da água pelas plantas. A relação entre temperatura do ar e evapotranspiração é geralmente positiva. Isso significa que, à medida que a temperatura do ar aumenta, a evapotranspiração também aumenta (Thornthwaite e Mather, 1957).

De acordo com Camargo e Camargo (2000), a demanda atmosférica por água é a quantidade de água que o ar pode evaporar. A temperatura do ar faz a demanda atmosférica por água aumentar. Isso significa que, à medida que a temperatura do ar aumenta, o ar evapora mais água do solo e das plantas. Regiões mais frias possuem menores taxas de evapotranspiração. Regiões mais quentes são mais propensas a saída de água pela evapotranspiração.

### 3.3 Favorabilidade hídrica da Geologia

As classes de favorabilidade hídrica da Geologia possuem uma distribuição da classe muito favorável com 1,40% de ocorrência na bacia, principalmente na porção centro-sul. A classe favorável ocorre em 1,09% da bacia, concentrada na porção central. A classe medianamente favorável ocorre em 55,49% distribuída por toda a bacia. A classe pouco favorável ocorre por toda a bacia, e abrange uma área equivalente a 32,67%. E por fim a classe desfavorável ocupa uma área de 9,34% da bacia e ocorre nas porções nordeste e sudeste. A figura 6 ilustra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica da geologia na bacia.



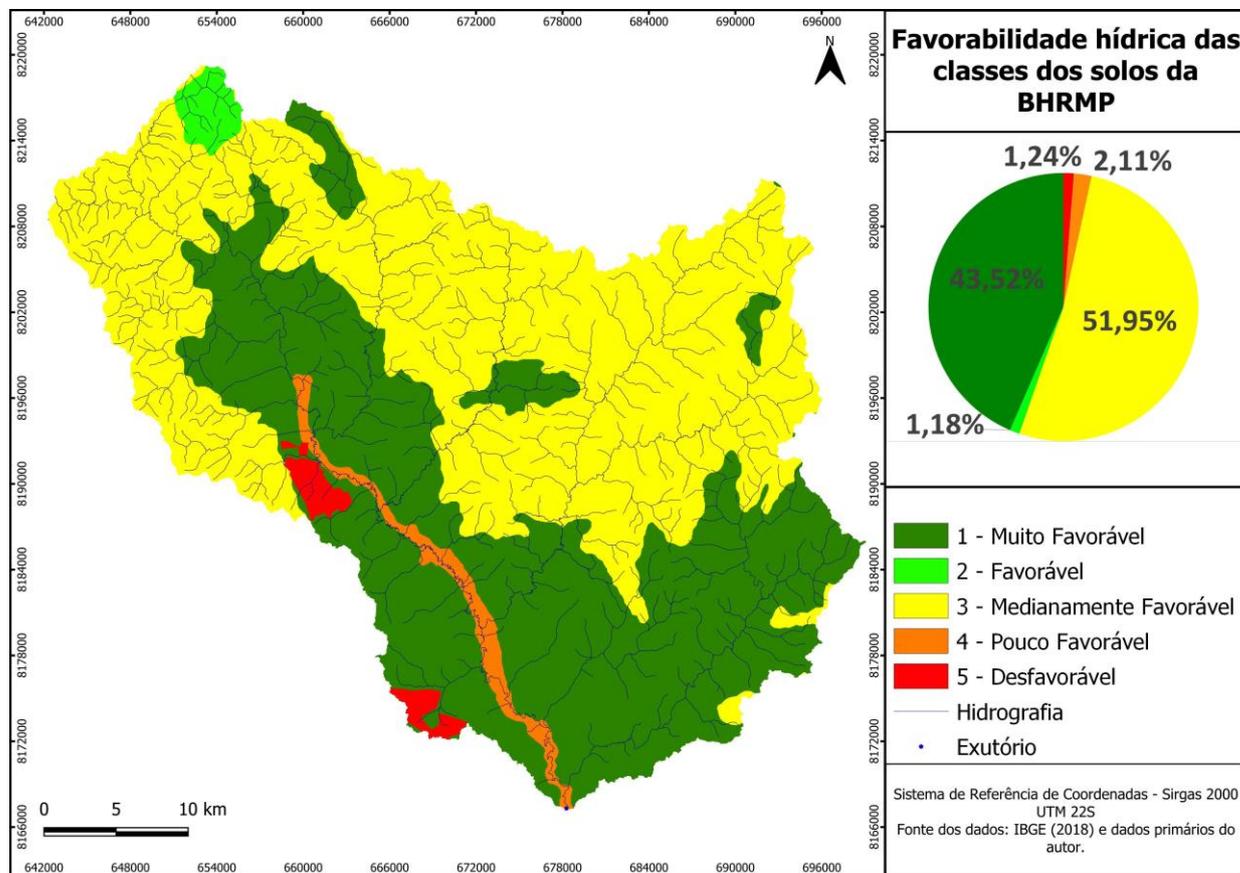
**Figura 6:** Classes de favorabilidade hídrica da Geologia. **Fonte:** Elaborada pelos autores.

Conforme a classificação de Almeida et. al. (2006) as coberturas detrítico lateríticas ferruginosas compõem um aquífero muito favorável para infiltração e armazenamento de água. Todavia a ocorrência dessa classe é pequena na BHRSA, além de sua profundidade ser delgada, existindo outras unidades geológicas sotopostas. Quando somada a classe favorável, perfazem apenas 2,49% da área da bacia.

A classes de favorabilidade hídrica medianamente favorável, pouco favorável e desfavorável são compostas predominantemente por um sistema aquífero fraturado (Almeida et al., 2006), que é caracterizado por rochas ígneas e metamórficas (Moreira et al., 2008). Essas classes juntas perfazem 97,51% da área da bacia, evidenciando que no critério geológico a BHRMP não é favorável como aquífero rochoso.

### 3.4 Favorabilidade hídrica dos solos

As classes de favorabilidade hídrica dos solos possuem uma distribuição da classe muito favorável com 43,52% de ocorrência na bacia, principalmente na porção sul, centro-leste e centro oeste. A classe favorável ocorre em 1,18% da bacia, concentrada na porção noroeste. A classe medianamente favorável ocorre em 51,95% da bacia na porção centro-norte-nordeste. A classe pouco favorável ocorre na porção centro-oeste sul da bacia, e abrange uma área equivalente a 2,11% no baixo leito do Rio Meia Ponte. E por fim a classe desfavorável ocupa uma área de 1,24% da bacia e ocorre em pequenas porções no sul e oeste, nos grandes centros urbanos de Inhumas e Goianira. A figura 7 ilustra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica dos solos na bacia.



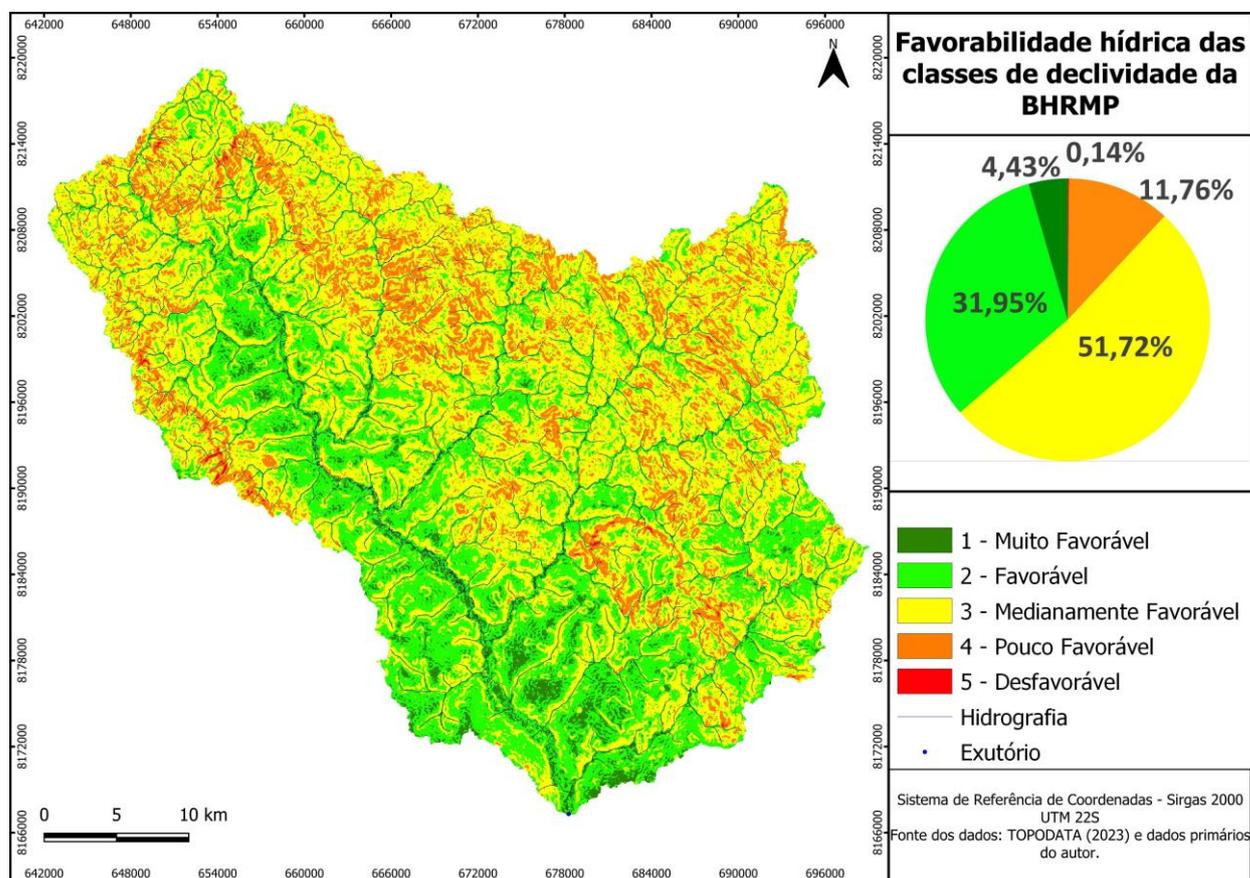
**Figura 7:** Classes de favorabilidade hídrica dos solos. **Fonte:** Elaboração dos autores.

A classe muito favorável é referente ao Latossolo Vermelho Ácrico, que segundo Sartori e Genovez (2011), possuem grau de infiltração e permeabilidade alta, e de acordo com Almeida et al. (2006), compõem um sistema aquífero freático intragranular, com muito potencial de armazenamento de água. As áreas dessa classe quando ocorrem junto aos outros fatores muito favoráveis, são locais onde existe uma elevada propensão para a recarga hídrica e a disponibilidade hídrica da bacia. De forma contrária as classes pouco favorável e desfavorável são referentes aos Gleissolos Háplicos Eutróficos, e às áreas impermeabilizadas respectivamente, que pouco contribuem para a infiltração da água e recarga dos aquíferos.

### 3.5 Favorabilidade hídrica da declividade

A BHRMP apresenta 4,43% da área com a classe muito favorável, concentrada na parte sul, da bacia. A classe favorável ocorre em 31,95% da bacia, concentrada nas mediações do curso hídrico principal. A classe medianamente favorável ocorre em 51,72%, nas proximidades dos canais hidrográficos tributários. A classe pouco favorável está concentrada na porção norte e nordeste da bacia, e abrange uma área equivalente a 11,46%, na região das cabeceiras de drenagem. E por fim a classe desfavorável ocupa uma área de 0,14% da bacia e ocorre em pequenas porções concentradas no nordeste e oeste, próximo as cabeceiras de drenagem e divisores da bacia. A figura a seguir ilustra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica da declividade da bacia.

Quando somadas as classes medianamente favorável, pouco favorável e desfavorável (relevos ondulado, forte-ondulado e montanhoso), estas representam 63,62%, que indica um relevo predominantemente acidentado, mais desfavorável a infiltração da água e, por conseguinte, mais favorável ao escoamento superficial. A figura 8 mostra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica da declividade na bacia.



**Figura 8:** Classes de favorabilidade hídrica da declividade. **Fonte:** Elaboração dos autores.

A declividade da bacia são características que afetam diretamente o tempo de escoamento da água ao longo do sistema (Christofolletti, 1980). O tempo de concentração da água na bacia diminui com o aumento da declividade (Tucci, 2004). De acordo com Caseti (1991), quanto maior a declividade, mais o escoamento superficial se intensifica, o que corresponde ao enfraquecimento da infiltração. As áreas onde ocorrem as classes medianamente favorável, pouco favorável e desfavorável, devem ter uma maior atenção quanto ao manejo adequado do solo, pois são mais propensas ao escoamento superficial.

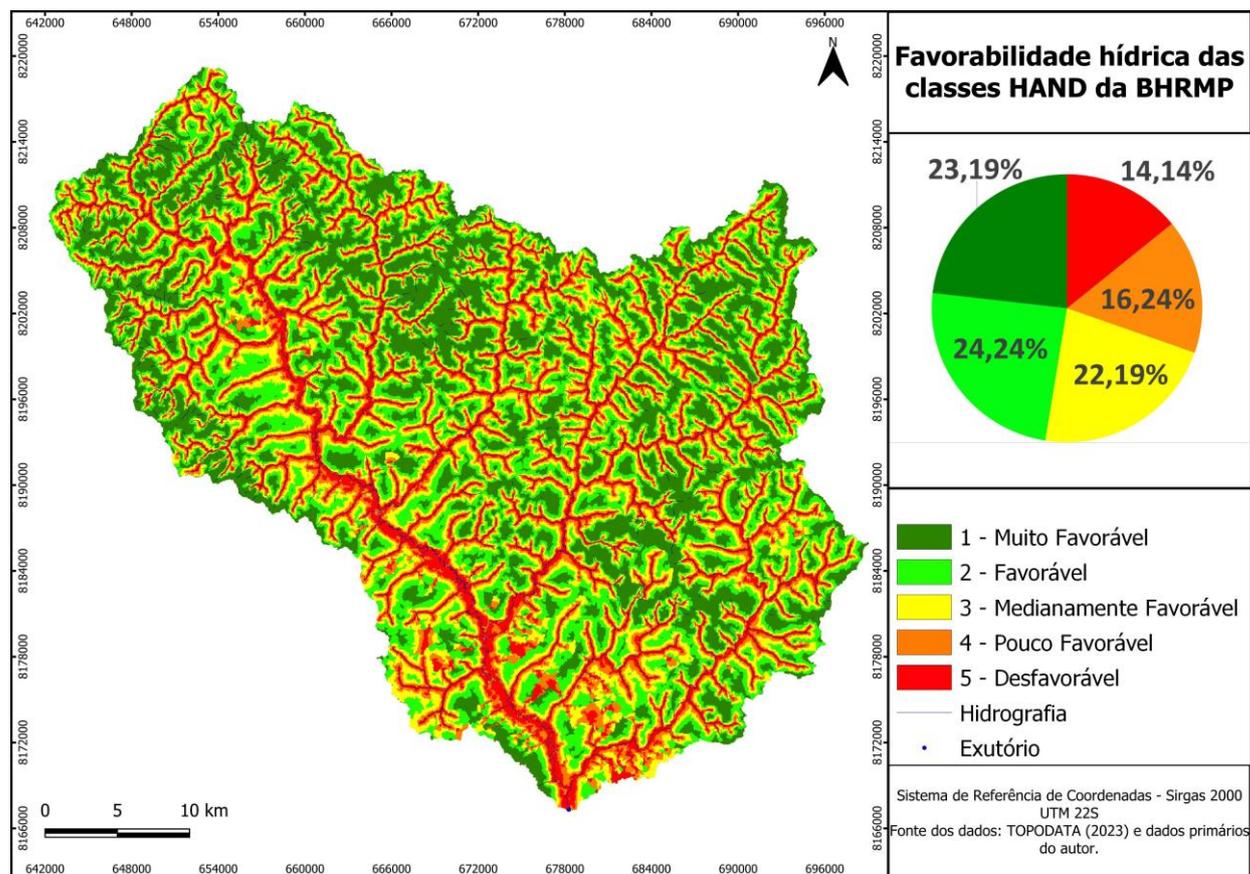
### 3.6 Favorabilidade hídrica do modelo Hand

No mapa de favorabilidade hídrica do modelo Hand, a primeira classe representa as áreas que possuem elevação acima de 50 metros da drenagem mais próxima, podendo ser os ambientes que possuem manto de intemperismo mais espessos e que mais podem favorecer para a recarga hídrica dos aquíferos. Na BHRMP a classe 1 está concentrada na porção centro leste e nordeste, nos interflúvios das vertentes, ocupando uma área equivalente à 23,19% da área total da bacia. A segunda classe, possui Hand de 30 a 50 metros, onde o manto de intemperismo ainda é profundo, a zona vadosa é espessa e o lençol freático é profundo. Essa classe é favorável para a recarga hídrica dos aquíferos, e está distribuído por toda bacia, ocupando uma área equivalente à 24,24%.

A terceira classe representa aqueles ambientes cujo lençol freático é pouco profundo (15 a 30m), sendo medianamente favorável para a recarga hídrica. Essa classe concentra-se em torno de vertentes mais próximas os canais hidrográficos, ocupando uma área equivalente à 22,19% da bacia.

A quarta classe representa ambientes de entre 5 e 15 metros, com lençol freático raso, e zona vadosa pouco espessa. Essa classe pouco favorece a recarga hídrica dos aquíferos. Ocupa uma área equivalente à 16,24% da bacia, em terrenos próximos a rede hidrográfica.

A classe 5 (0m a 5m) representa ambientes onde o lençol freático está mais próximo à superfície do solo, onde geralmente situam as zonas exutórias (nascentes). Essa classe é desfavorável a recarga hídrica subterrânea, devido o solo permanecer predominante saturado com água advinda das partes mais elevadas, ou seja, são consideradas áreas de descarga hídrica. Essa classe está relacionada a hidrografia da bacia, ocupando uma área equivalente à 14,14% da área. A figura 9 ilustra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica do modelo Hand na bacia.

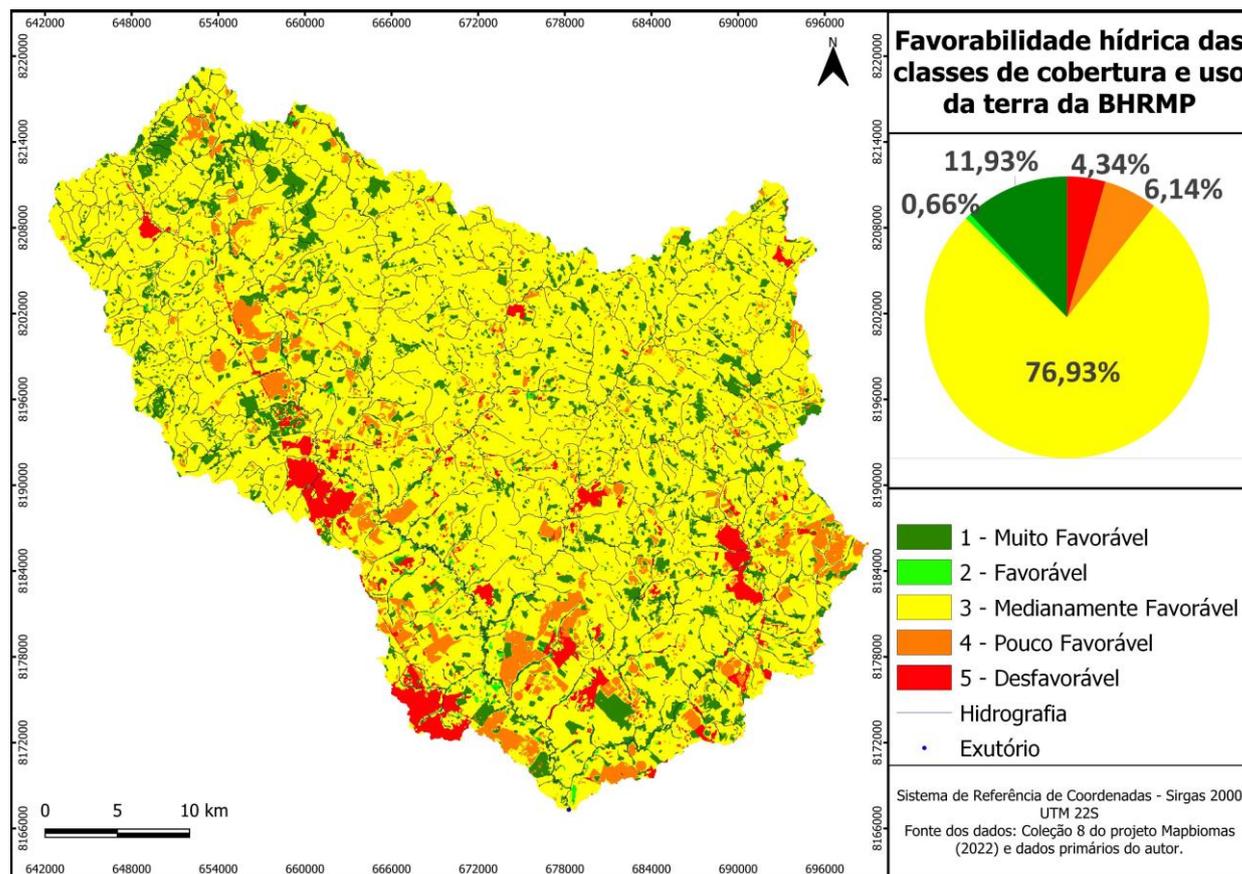


**Figura 9:** Classes de favorabilidade hídrica do modelo Hand. **Fonte:** Elaboração dos autores.

Os dados obtidos pelo modelo Hand estão relacionados indiretamente com a profundidade do lençol freático, que por sua vez, indica a disponibilidade da água do solo. Valores pequenos de distância vertical (próximos a zero) indicam regiões cujo lençol está próximo a superfície e, portanto, o solo se encontra em condições próximas à saturação (zonas exutórias ou nascentes). Valores altos de distância vertical e com baixas declividades identificam regiões com lençol freático profundo, ou seja, áreas bem drenadas, que favorece muito para a recarga de água subterrânea (Rennó et al. 2008; Pires e Borma, 2013).

### 3.7 Favorabilidade hídrica da cobertura e uso das terras

Os valores mais altos de favorabilidade hídrica da cobertura e uso da terra correspondem a 12,6% da área e ocorrem espalhado por toda bacia, na forma de pequenos fragmentos. A classe majoritária é a medianamente favorável, que ocorre em mais de  $\frac{3}{4}$  da bacia. Já os valores mais baixos de favorabilidade (pouco favorável ou desfavorável) ocorrem quase na forma de um arco, que vai de noroeste ao sul e ao leste, cobrindo, de forma fragmentada, 10,5% da bacia hidrográfica. A figura 10 ilustra a distribuição das classes de favorabilidade hídrica da precipitação pluviométrica na bacia.



**Figura 10:** Classes de favorabilidade hídrica da cobertura e uso da terra. **Fonte:** Mapa elaborado pelos autores.

As maiores taxas de infiltração ocorrem em regiões bem vegetadas, como nas formações florestais ou savânicas (Sano et al., 2019). As áreas com solo exposto ou impermeabilizado favorecem o escoamento superficial, diminuindo a infiltração (Rebouças, 2002). A impermeabilização do solo nas bacias hidrográficas provocado pela urbanização, interfere no comportamento hídrico, alterando o ciclo hidrológico, aumentando as vazões nas cheias, interferindo diretamente no volume da água que alimenta os aquíferos das bacias hidrográficas (Lima, 2008).

O uso da terra por lavouras temporárias como soja, algodão e milho, deixa o solo mais exposto ao impacto das gotas de chuva, sendo mais favoráveis ao escoamento superficial (Sano et al., 2019). De acordo com Reichert et al. (2003), o manejo inadequado da agricultura convencional modifica significativamente os atributos físico-hídricos do solo, prejudicando a infiltração da água.

Segundo Collischonn (2001), a capacidade de infiltração do solo sob pastagem é menor do que sob formações florestais e savânicas, devido a rugosidade das superfícies sob a vegetação natural retardarem o fluxo e permitirem a infiltração por mais tempo.

### 3.8 Mapa da favorabilidade hídrica

O mapa de favorabilidade hídrica apresentou maiores percentuais de área abrangida pela classe favorável (38%), concentrada na parte nordeste da bacia, na região das cabeceiras de drenagem. Em seguida verifica-se a classe medianamente favorável, com pouco menos de 30% de ocorrência, espalhada por toda bacia, principalmente nas proximidades dos canais hidrográficos. A classe pouco favorável perfaz uma área de quase 20% da área total da bacia, distribuída em toda bacia, mas majoritariamente adjacente à rede hidrográfica. A classe desfavorável representa quase 9% da área da bacia, e está relacionada às áreas urbanizadas das

idades existentes no interior da BHRMP e ao baixo curso do Rio Meia Ponte. E por último a classe muito favorável é a que possui menor ocorrência (~4%) concentrada na porção nordeste da bacia.

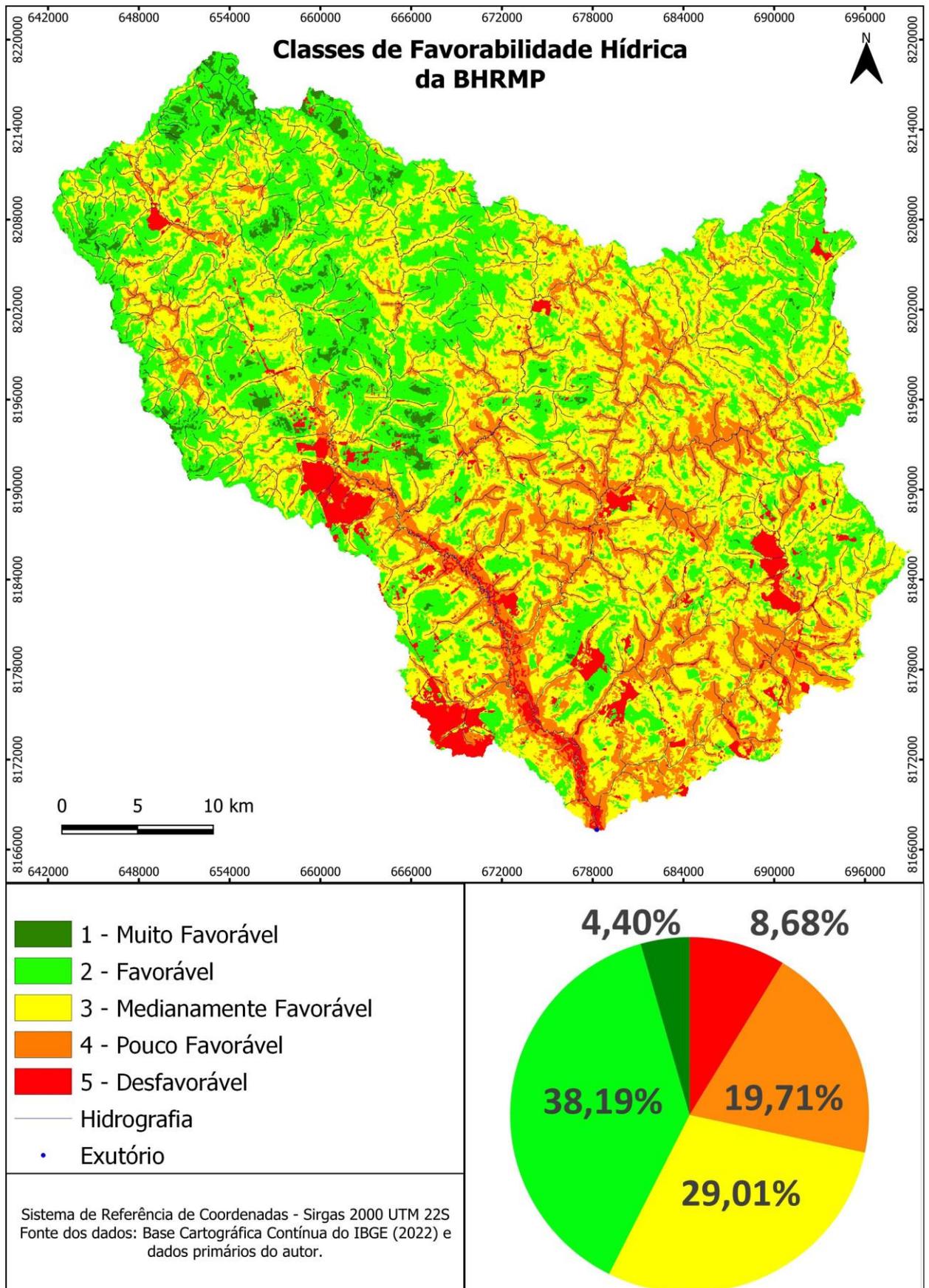
As áreas abrangidas pela classe muito favorável possuem solos muito espessos e planos, referente ao Latossolo Vermelho Ácrico, com Hand acima dos 50 metros, juntamente aos tipos litológicos de coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas e uma cobertura e uso da terra de formações florestais e savânicas. Além de haver os maiores índices de precipitação pluviométrica e menores temperaturas, o que proporciona uma menor evapotranspiração e uma maior favorabilidade hídrica nessas áreas. Entretanto são áreas pequenas em relação à área total da bacia. Essas áreas devem permanecer conservadas para que continuem contribuindo com a favorabilidade hídrica da bacia.

A classe favorável abrange áreas onde possuem solos espessos e suave-ondulados, relativo ao Latossolo Vermelho Distrófico, com Hand entre 30 e 50 metros, simultaneamente a formação geológica de Granitos Tipo Rio Piracanjuba e uma cobertura e uso da terra composta por formações campestres. A precipitação pluviométrica possui o segundo maior índice e a segunda menor classe de temperatura da bacia, o que proporciona menores taxas de evapotranspiração e uma boa favorabilidade hídrica nessas áreas.

Os locais onde ocorrem as classes medianamente favorável, se referem aos Argissolos Vermelhos-Amarelo Eutróficos, que são menos espessos e possuem relevo ondulado, com Hand de 15-30m, aliados à unidade geológicas Anápolis-Itauçu - Associação Ortogranulitos e uma cobertura e uso da terra composta por pastagens. Além de haver índices de precipitação pluviométrica (1666-1681mm) e temperaturas (22°C) medianas, o que proporciona uma evapotranspiração também mediana, refletindo em uma classe de favorabilidade hídrica medianamente favorável.

A classe pouco favorável abrange áreas onde ocorrem solos da classe Gleissolo Háplico Eutrófico, que não são considerados áreas de recarga de aquíferos. Aliados aos relevos forte-ondulados com Hand de 5-15m, e às unidades geológicas Anápolis-Itauçu - Associação Supracrustais e Anicuns - Santa Bárbara. Além de uma cobertura e uso da terra composta por agricultura, com índices de precipitação pluviométrica média anual entre 1652-1666mm e temperatura do ar média anual de 22,5°C, o que proporciona uma maior evapotranspiração e uma classe de pouca favorabilidade hídrica nessas áreas.

Por último, as áreas abrangidas pela classe desfavorável são formadas por locais com solo impermeabilizado, representado pelas áreas urbanizadas, em um relevo inclinado com baixas elevações do modelo Hand (0-5m), associados às rochas de metagranito e à uma cobertura e uso da terra composta por áreas urbanizadas, que são prejudiciais para recarga hídrica dos aquíferos (Feitosa et al., 2008). Ademais existe os menores volumes de precipitação pluviométrica e as maiores temperaturas, o que possibilita uma maior evapotranspiração e uma desfavorabilidade hídrica. Nessas áreas é recomendado uma maior atenção na implementação de um planejamento ambiental com manejo e uso adequado do solo. Nas áreas urbanizadas é imprescindível realizar obras de engenharia visando a máxima infiltração da água das chuvas no solo. A figura 11 mostra as ocorrências e distribuições das classes de favorabilidade hídrica da bacia.



**Figura 11:** Mapa de favorabilidade hídrica da BHRMP. **Fonte:** Mapa elaborado pelos autores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do mapeamento da favorabilidade hídrica da BHRMP, observou-se que existem maiores percentuais de área abrangida pela classe favorável (38,19%), seguida da classe medianamente favorável (29,01%), pouco favorável (19,71%), desfavorável (8,68%) e por último a classe muito favorável (4,40%). As áreas abrangidas pela classe muito favorável possuem mantos de intemperismo mais espessos e planos, com um Hand elevado, juntamente tipos litológicos e uma cobertura e uso da terra propícia para recarga hídrica. Além de haver maior precipitação pluviométrica e menor temperatura, o que proporciona uma menor evapotranspiração e uma maior disponibilidade hídrica nessas áreas. Entretanto são áreas pequenas em relação à área total da bacia. Essas áreas devem ser conservadas para que continuem contribuindo com a disponibilidade hídrica da bacia.

De maneira oposta, as áreas abrangidas pela classe desfavorável possuem solos que não são considerados áreas de recarga hídrica, são muito declivosos, possuem um Hand baixo, e são associados às rochas e à uma cobertura e uso da terra prejudiciais para recarga hídrica dos aquíferos. Ademais existe menores volumes de precipitação pluviométrica e maiores temperaturas, o que possibilita uma maior evapotranspiração e uma menor favorabilidade hídrica nessas áreas. É indispensável que se realize o manejo adequado dos solos em todas as classes de favorabilidade hídrica, entretanto é necessário e urgente a implementação nas áreas abrangidas pelas classes pouco favorável, desfavorável e medianamente favorável.

A elaboração do mapa de favorabilidade hídrica da BHRMP pode servir para auxiliar ao atendimento às políticas públicas de segurança hídrica de Goiânia. No entanto, essas bases temáticas possuem potencial para contribuir com diversas outras políticas setoriais, além da agricultura, planejamento territorial etc. Como bases temáticas de caráter ambiental ainda podem contribuir com diversos estudos técnicos ou acadêmico-científicos. As geotecnologias usadas nesse estudo, subsidiaram o mapeamento da favorabilidade hídrica na BHRMP, possibilitando a obtenção de resultados representativos, de forma rápida e econômica. A aplicação da metodologia para mapeamento da favorabilidade hídrica se mostrou eficiente e eficaz, por possuir baixo custo e boa aplicabilidade em todo o território nacional, servindo como ferramenta para auxiliar nas tomadas de decisão por parte dos gestores para implementação de ações conservacionistas dos recursos hídricos.

O trabalho possibilitou a avaliação de que a BHRMP possui pequenas áreas que são muito favoráveis à manutenção da disponibilidade hídrica, levando ao entendimento de que é necessário implementar o planejamento ambiental e a gestão hídrica na BHRMP, além de servir de base para outros trabalhos locais e de outras regiões, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e, por conseguinte, para garantir o abastecimento público e os outros usos múltiplos da água.

#### REFERÊNCIAS

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.

AYER, J. E. B.; GAROFALO, D. F. T.; PEREIRA, S. Y. Uso de geotecnologias na avaliação da favorabilidade hidrogeológica em aquíferos fraturados. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 154–167, 2017. DOI: 10.14295/ras.v31i3.28773. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28773>. Acesso em: 19 mar. 2024.

BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. 1997.

- BARBOSA, CLÁUDIO CLEMENTE et al. Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico-econômico. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, IX**, 1998.
- BRITO, T. P de; PRADO BACELLAR, L. de A.; CARVALHO BARBOSA, M. S.; FALCÃO BARELLA, C. FAVORABILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA DO COMPLEXO BONFIM SETENTRIONAL QUADRILÁTERO FERRÍFERO MG. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29845>. Acesso em: 19 mar. 2024.
- CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, p. 125-137, 2000.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980.
- COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. 2001. 270 f. 2001. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa produção de informação, 2013.
- FALCÃO, E. C. Análise de riscos à degradação ambiental utilizando avaliação multicritério espacial, no município de Boa Vista - PB. 2013. 126f. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2013. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/28007>
- FEITOSA, F. A. C. et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.
- FURTADO, Adriano. Fragilidade ambiental da alta bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte (Goiás) e conflitos pelo uso da água. 2023. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Câmpus Cora Coralina, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, GO, 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama do Censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/> Acesso em 04 de abril de 2023.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas. Disponível em <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/GO/83423>. Acesso em 28 de novembro de 2023.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. In: **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>. Acesso em 24 out. 2023
- KOPPEN W.; GEIGER, R. (eds). **Handbuck der Klimatologie**: Berlin, 1961.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. USP - ESALQ, Piracicaba, SP. 2008. Apostila em formato digital. Disponível em: <http://www.faesb.edu.br/biblioteca/wpcontent/uploads/2017/09/hidrologia1.pdf>. Acesso em 25 jun. 2019.
- MONTEIRO, C. A. F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 13, n. 1, p. 3-46, jan-mar 1951.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, Francisco. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192 p
- MOREIRA, M. L. O., MORETON, L. C., ARAÚJO, V. A. D., LACERDA FILHO, J. V. D., COSTA, H. F. D. **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.
- 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.
- NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE NOVAIS PARA GOIÂNIA-GO. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 42, 2023. DOI: 10.12957/geouerj.2023.73613. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/73613>. Acesso em: 21 mar. 2024.

- O POPULAR. Em Goiás, 67 cidades correm risco de ficar sem água. Disponível em: <https://www.opopular.com.br/noticias/cidades/em-goi%C3%A1s-67-cidadescorrem-risco-de-ficar-sem-%C3%A1gua-1.1564618>. Acesso em: 12 de ago. 2023.
- OLIVEIRA, N. C. de. M. et al. Aplicação do método AHP para confecção de modelo de favorabilidade hídrica subterrânea de aquíferos fraturados. *Águas Subterrâneas*, v. 34, n. 1, p. 90-102, 2020. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29769/19298>. Acesso em: 24 mai. 2021.
- PIRES, E. G.; BORMA, L. S. Utilização do modelo HAND para o mapeamento de bacias hidrográficas em ambiente de Cerrado. **Anais do 16º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 5568-5575, 2013.
- REBOUÇAS, A. C. A inserção da água subterrânea no sistema nacional de gerenciamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 39-50, 2002.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb**, v. 27, p. 29-48, 2003
- RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L.A; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v.112, pp. 3469- 3481, 2008.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 151-212, 2008
- SANEAGO. Saneamento de Goiás S/A. disponível em [https://www.saneago.com.br/#/noticia\\_interna/8913/3](https://www.saneago.com.br/#/noticia_interna/8913/3). Acesso em 21 de abril de 2023.
- SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. C; BEZERRA, A. S.; COUTO, A. F.; VASCONCELOS, V.; SCHÜLER, J.; BOLFE, E. L. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of environmental management**, v. 232, p. 818-828, 2019. ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>.
- SARTORI, A.; GENOVEZ, A. M. Critérios Para Classificação Hidrológica de Solos Tropicais Brasileiros. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Maceió – AL, 2011. Disponível em: [https://abrh.s3.amazonaws.com/Sumarios/81/2f9a668592daa891f7e7ffe586c87d58\\_35843b5f83145bfa2820e4bcd0d81ea5.pdf](https://abrh.s3.amazonaws.com/Sumarios/81/2f9a668592daa891f7e7ffe586c87d58_35843b5f83145bfa2820e4bcd0d81ea5.pdf). Acesso em 25 de set. de 2023.
- SEGATTI, Diogo Lourenço. Enfrentamento de crise hídrica em região metropolitana: estudo de caso do Alto Meia Ponte, Goiás, 2018. 2020. 113 f., il. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)— Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Indicadores municipais de águas e esgotos**. 2021. Disponível em: [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua\\_esgoto/mapa-agua](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua). Acesso em: 22/09/2023.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, Washington (Estados Unidos da América), v. 63, n. 11, p.1117-1142, nov. 1952. Disponível em: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2). Acesso em: 17 jun. 2018.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance*. Centerton: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311p.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p
- VALERIANO, M. M. TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. INPE, V. 73, 2008.