

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREIAS (GO, BRASIL): ANÁLISE DA
MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

ALEKSANDRO WESLEY FERREIRA DE AZEVEDO

Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Coorientadora: Prof. Dra. Débora Astoni Moreira

Urutaí, fevereiro de 2025



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

Coordenador

Prof. Dra. Débora Astoni Moreira

Urutaí, fevereiro de 2025

ALEKSANDRO WESLEY FERREIRA DE AZEVEDO

**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREIAS (GO, BRASIL): ANÁLISE
DA MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

Orientador

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Coorientadora

Prof. Dra. Débora Astoni Moreira

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí (GO)

2025

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

ISSN XX-XXX-XXX

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

994 Azevedo, Aleksandro Wesley Ferreira de
Bacia Hidrográfica do rio Areias: Análise da Morfometria e do
Uso e Ocupação do Solo / Aleksandro Wesley Ferreira de
Azevedo. Urutaí 2025.

61f. il.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão.

Coorientadora: Prof^a. Dra. Débora Astoni Moreira.

Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0133094 - Mestrado Profissional em Conservação de Recursos
Naturais do Cerrado (Campus Urutaí).

1. Caracterização Fisiográfica. 2. Caracterização Morfométrica.
3. Recursos Hídricos. 4. Uso e Cobertura do Solo. 5. Intervenção
Antrópica. I. Título.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

Repositório Institucional do IF Goiás - RIIF Goiás
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIÁS

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiás (RIIF Goiás), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiás.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☒ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia - Especialização | ☐ Livro |
| ☐ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Aleksandro Wesley Ferreira de Azevedo

Matrícula: 2023101330940005

Título do Trabalho: Bacia Hidrográfica do rio Areias (GO, Brasil): análise da morfometria e do uso e ocupação do solo

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiás: 28/03/2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiás.

Unifai-GO

Local

20/03/2025

Data



Documento assinado digitalmente

ALEKSANDRO WESLEY FERREIRA DE AZEVEDO

Data: 21/03/2025 13:08:41-0300

Verifique em: <https://validar.ifg.edu.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Documento assinado digitalmente



LEANDRO CABRETA DELOIRAD

Data: 24/03/2025 14:03:40-0300

Verifique em: <https://validar.ifg.edu.br>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 16/2025 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE MESTRADO

Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às dezesseis e trinta horas, reuniram-se os membros da banca examinadora em sessão pública realizada virtualmente para proceder à avaliação da defesa de Trabalho de Conclusão de Curso de mestrado profissional, de autoria de Aleksandro Wesley Ferreira de Azevedo, discente do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, com trabalho intitulado "Bacia hidrográfica do rio Areias (GO): Análise da morfometria e do uso e ocupação do solo". A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora para, em até 40 minutos, proceder à apresentação de seu Trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a candidata, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação e parecer pela banca. Tendo-se em vista o Regulamento do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, o Trabalho de Conclusão de Curso foi APROVADO, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO, na área de concentração em Ciências Ambientais. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do comprovante de depósito da versão definitiva do Trabalho de Conclusão de Curso, com as devidas correções apontadas pela banca e orientador, junto ao Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida

essa condição em até 60 (sessenta) dias da sua ocorrência. Cumpridas as formalidades, a presidência da banca avaliadora encerrou a sessão de defesa e, para constar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão	- IF Goiano	Orientador/Presidente
Prof. Dr. Leonardo Batista Pedroso	- IF Goiano	Membro interno
Prof ^a . Dr ^a . Cássia Aparecida Rabelo Côrrea	- IFB	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- **Leandro Caixeta Salomao, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 27/02/2025 11:15:16.
- **Cássia Aparecida Rabelo Corrêa, 030.276.426-77 - Usuário Externo**, em 28/02/2025 16:46:34.
- **Leonardo Batista Pedroso, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/03/2025 15:47:53.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 681565

Código de Autenticação: 203973b984



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900



FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREIAS (GO, BRASIL): ANÁLISE DA MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
Orientador(a):	Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Coorientador(a):	Prof. Dra. Débora Astoni Moreira
Autor(a):	Aleksandro Wesley Ferreira de Azevedo

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 26 de fevereiro de 2025, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir.

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão IF Goiano - Campus Urutaí

Prof. Dr. Leonardo Batista Pedroso IF Goiano - Campus Urutaí

Prof^a. Dr^a. Cássia Aparecida Rabelo Côrrea IFB

Documento assinado eletronicamente por:

- **Leandro Caixeta Salomao**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2025 14:29:41.
- **Cássia Aparecida Rabelo Corrêa**, 030.276.426-77 - Usuário Externo, em 28/02/2025 16:45:45.
- **Leonardo Batista Pedroso**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/03/2025 09:58:55.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 681723

Código de Autenticação: f4fa5812a3



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

*“A ciência nunca resolve um problema
sem criar pelo menos outros dez.”
(George Bernard Shaw)*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS.....	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 ÁREA DE ESTUDO	19
2.2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA	21
2.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREIAS	22
2.4 PLUVIOMETRIA, VAZÃO, CAPTAÇÃO HÍDRICA, SOLO E VEGETAÇÃO	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1 ANÁLISE DA FISIOMETRIA E MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREIAS..	30
3.2 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E VAZÃO	32
3.3 USO E COBERTURA DO SOLO.....	37
3.3.1 <i>Vegetação</i>	37
3.3.2 <i>Características Geológicas</i>	43
3.4 CONSUMO E RETIRADA HÍDRICA	45
3.5 OCUPAÇÃO E INTERVENÇÃO ANTRÓPICA.....	49
4 CONCLUSÃO.....	57
5 AGRADECIMENTOS.....	58
6 REFERÊNCIAS.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Areias, GO, Brasil.....	20
Figura 2: Mesobacia do rio Paranaíba e macrobacia do rio Paraná.....	21
Figura 3: Fisiografia da bacia do rio Areias, GO, Brasil	22
Figura 4: Localização das estações pluviométricas, bacia do rio Areias, GO.....	28
Figura 5: Aquíferos subterrâneos - whymap.org.	30
Figura 6: Índices pluviométricos da bacia do rio Areias, estação do Descoberto, SIH-ANA, GO.	32
Figura 7: Índices pluviométricos da bacia do rio Areias, estação ponte Anápolis-Brasília, SIH- ANA, GO.....	33
Figura 8: Intensidade pluviométrica anual na bacia do rio Areias, GO.....	34
Figura 9: Hidrograma da vazão do rio Areias, BHRA (1996 - 2019), ANA.	35
Figura 10: Cobertura do solo da bacia do rio areias (2023), SIEG-IMB, GO, Brasil.	38
Figura 11: Cobertura e uso do solo da bacia do rio Areias, ano 2003, GO, MapBiomias, Brasil.	39
Figura 12: Cobertura e uso do solo da bacia do rio Areias, ano 2013, GO, MapBiomias, Brasil.	40
Figura 13: Cobertura e uso do solo da bacia do rio areias, ano 2023, GO, MapBiomias, Brasil.	41
Figura 14: Gráfico percentual da ocupação do solo da bhra (1992 -2022), Mapbiomas, Brasil.	42
Figura 15: Gráfico em km ² da área de uso e ocupação do solo da bhra (1992 - 2022), MapBiomias, Brasil.	42
Figura 16: Geologia da bacia do rio Areias, SI-Mapbiomas, Brasil.....	43
Figura 17: Características do solo da bacia do rio Areias, SIAG, GO, Brasil.	44
Figura 18: Consumo hídrico nos municípios que compõem a bacia do rio Areias, GO – ANA	45
Figura 19: Retirada hídrico nos municípios que compõem a bacia do rio Areias – ANA.....	45
Figura 20: Captações hídricas outorgadas na bacia do rio Areias, SIEG, Goiás, Brasil.	46
Figura 21: Captações hídricas subterrâneas outorgadas na BHRA, SIEG, Goiás, Brasil.....	47
Figura 22: Crescimento populacional dos municípios da bacia do rio Areias – IBGE.	48

Figura 23: Mapa da expansão urbana próximo ao rio Areias.....	49
Figura 24: Processo de urbanização rural - Google Earth.....	50
Figura 25: Criação de condomínios rurais 2013 - Google Earth.....	51
Figura 26: Criação de condomínios rurais 2023 - Google Earth.....	52
Figura 27: Processo de urbanização rural com perda de mata ciliar na bacia do rio Areias, GO.	53
Figura 28: Supressão de mata ciliar e construção de barragem na bacia do rio Areias, GO. ..	54
Figura 29: Supressão de mata ciliar e vegetação nativa na bacia do rio Areias, GO.	54
Figura 30: Supressão vegetativa dentro da bacia hidrográfica do rio Areias, autuações INA- 2024.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados fisiométricos e morfométricos da bacia do rio Areias, GO, Brasil.....	31
---	----

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREIAS (GO, BRASIL): ANÁLISE DA MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

RESUMO

Com vistas à análise dos principais impactos que as ações antrópicas podem causar dentro de uma bacia hidrográfica, este estudo se propõe a apresentar uma análise dos aspectos de fisiometria e morfometria da bacia hidrográfica do rio Areias, nos municípios de Águas Lindas de Goiás, Alexânia, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás e Santo Antônio do Descoberto no Estado de Goiás. Pretende-se, também, analisar o uso e ocupação do solo e seu impacto na hidrografia da bacia. Para isso, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento como o QGis e *Google Earth*, levantamento de dados no Mapbiomas, IBGE, Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Goiás e na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A análise dos dados resultou nos estudos sobre índices pluviométricos, vazão do rio principal, características do solo e da vegetação, retirada e consumo hídrico e crescimento populacional, e de como o uso e ocupação do solo na bacia do rio Areias têm afetado o seu ciclo hidrológico e sua morfometria.

Palavras-chave: Fisiometria, Morfometria, Hidrografia, Intervenção Antrópica.

AREIAS RIVER BASIN (GO, BRAZIL): ANALYSIS OF MORPHOMETRY AND LAND USE AND OCCUPATION

ABSTRACT

In order to analyze the main impacts that human actions can cause within a river basin, this study aims to present an analysis of the physiometry and morphometry aspects of the Areias River basin, in the municipalities of Águas Lindas de Goiás, Alexânia, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás and Santo Antônio do Descoberto in the State of Goiás. It is also intended to analyze land use and occupation and their impact on the basin's hydrography. For this, geoprocessing tools such as QGis and Google Earth were used, as well as data collection from Mapbiomas, IBGE, the State Secretariat for the Environment of Goiás and the National Agency for Water and Basic Sanitation (ANA). Data analysis resulted in studies on rainfall rates, flow of the main river, soil and vegetation characteristics, water withdrawal and consumption and population growth, and how land use and occupation in the Areias river basin have affected its hydrological cycle and morphometry.

Keywords: Physiometry, Morphometry, Hydrography, Anthropogenic Intervention.

1 INTRODUÇÃO

O estudo dos fenômenos físicos e socioeconômicos ambientais que ocorrem dentro de uma bacia hidrográfica requer uma série de levantamentos de dados que, nem sempre, estão disponíveis para a pesquisa.

O conhecimento do meio físico, do perfil dos usuários e demandas atuais e futuras exigem uma descrição desses aspectos na interação entre esses e os recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Para tanto, estudos sobre geomorfologia, climatologia, geologia e conjuntos litológicos da bacia hidrográfica devem ser realizados, analisando-se também as características antrópicas que ocupam a região.

A Hidrologia é o ramo da ciência que estuda os recursos hídricos da Terra, desde sua ocorrência, a movimentação de águas, sua disposição, as características físicas e químicas particulares, além de seu vínculo com o meio ambiente, abrangendo as diversas formas de vida. Envolve áreas de planejamento e gerenciamento de bacia hidrográfica - drenagem urbana, uso do solo rural, qualidade de água, abastecimento de água, irrigação e navegação (TUCCI, 2001).

Desta forma, tenta responder o que acontece, ou acontecerá, com a água das precipitações, e qual será sua influência sobre o regime hidrológico das bacias hidrográficas (POLETO, 2014).

A água das precipitações ao cair no solo é sujeita aos processos de infiltração, percolação, ascensão capilar, evapotranspiração e redistribuição interna. O solo pode ser entendido como uma esponja, um papel filtro que tem a capacidade de reter a água e sua transformação em escoamento adquire características próprias em cada local, em virtude do clima e das diferentes formações geológicas (COLLISCHON; DORNELLES, 2021).

De acordo com Hipólito e Vaz (2017) a geologia define a existência de formações permeáveis e impermeáveis e de aquíferos, bem como a forma como os aquíferos são alimentados e contribuem para alimentar o escoamento dos rios em uma bacia hidrográfica.

Entende-se por Bacia Hidrográfica uma determinada área de terras ou unidades territoriais limitadas topograficamente pelas partes mais altas (interflúvio), ou então as áreas delimitadas pelo divisor das águas de chuvas que correm direta ou indiretamente para as partes mais baixas, auxiliando na formação de cursos d'água, como os córregos e rios. Todas as águas dessa área são drenadas por um sistema conectado aos cursos d'água (afluentes e subafluentes) que convergem a um rio principal (MARCHESAN; FUNEZ, 2017).

Segundo Collischon e Dornelles (2021), a bacia hidrográfica é a área de captação natural dos fluxos de água originados a partir da precipitação, que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, denominado exutório.

Existem várias maneiras de se calcular a forma de uma bacia hidrográfica, considerando suas características geométricas, de relevo e hidrográficas. São chamados índices de forma e são calculados por meio dos aspectos fisiométricos da bacia.

De acordo com Hipólito e Vaz (2017), os elementos fisiográficos de uma bacia hidrográfica possibilitam entender seu comportamento hidrológico (ciclo hidrológico), interpretar fenômenos passados e efetivar previsões de eventos fora do padrão, como por exemplo, cheias. Características fisiográficas para os cálculos das métricas:

- **Área** - É toda abrangência da bacia, normalmente, em quilômetros quadrados. Representa toda a área superficial drenada pelo conjunto do sistema fluvial projetada em plano horizontal, considerando os pontos mais altos do relevo como divisores de água.
- **Perímetro** - É o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas.
- **Comprimento do Canal Principal** - É o comprimento do canal, considerado o principal corpo d'água na bacia, desde sua nascente até a Foz/Exutório. Existem várias metodologias utilizadas para determinar esse canal. Para esse trabalho de pesquisa, foi considerado o canal principal, aquele cuja nascente está mais distante do exutório. Havendo 2 nascentes igualmente equidistantes do exutório, considera-se aquela de maior altitude.
- **Comprimento do Canal Axial** - É o comprimento da bacia. Também existem várias metodologias utilizadas para determinar seu eixo. Nesse trabalho, foi utilizado o comprimento do canal principal, desconsiderando as sinuosidades (a direção geral, que segue o rio).
- **Diferença Altimétrica** - É a diferença entre o ponto de maior altitude e o ponto de menor altitude da bacia. Esse valor normalmente é medido em metros (m).
- **Comprimento Total da Drenagem** - É a somatória do comprimento de todos os canais de drenagem presentes na bacia. Esse valor normalmente é medido em quilômetros (km).
- **Número de Segmentos do Rio** - É o número de canais de drenagem presentes na bacia.

Neste contexto, o ciclo hidrológico é um modelo conceitual que descreve o armazenamento e o movimento da água entre biosfera, atmosfera, litosfera e hidrosfera. Pode ser descrito de acordo com nove processos físicos que formam o movimento contínuo da água,

sendo estes impulsionados pela energia solar: evaporação, condensação, precipitação, interceptação, infiltração, percolação, transpiração, escoamento e armazenamento (POLETO, 2014).

No ciclo hidrológico, os estudos sobre precipitação e vazão de um rio são de fundamental importância para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica. São indicadores cruciais para diversas atividades humanas e ecossistemas dependentes da água.

Porém, o ciclo hidrológico pode sofrer alterações significativas devido aos efeitos das mudanças climáticas e da variabilidade da disponibilidade hídrica na região por causa da expansão urbana, desenvolvimento agrícola, poluição e eventual redução do deflúvio e da capacidade de armazenamento de água dos reservatórios naturais.

As ações antrópicas, por sua vez, dizem respeito às transformações (positivas e/ou negativas) que o homem pode realizar dentro de uma bacia, mas que, de alguma forma, poderá alterar seu ciclo hidrológico.

Estudos como os de Collischonn (2021), Ferrigo (2014) e Poleto (2014) apontam para os riscos que as atividades humanas trazem para o meio ambiente, ao interferirem nos processos do ciclo hidrológico. Essas interferências ocorrem por meio de desmatamentos e extinção ciliar, ocupações irregulares do solo, aumento das áreas impermeabilizadas e alterações na morfologia fluvial.

Nos últimos anos, pequenas bacias hidrográficas como a do rio Areias encontram-se em crescente processos de exploração. Dentre esses processos está o de ocupação do solo com o advento e a expansão dos condomínios rurais. Parte do território por onde curso do rio percorre tem sofrido relativo processo de parcelamento do solo com o desmembramento de grandes e médias propriedades rurais em pequenas parcelas de loteamento, para criação de mini chácaras condominiais.

A bacia hidrográfica do rio Areias abrange um número de cinco municípios que juntos possuem um total de 360 mil habitantes. Tem em seu rio principal uma fonte de recurso hídrico importante não só para o abastecimento urbano de água potável, mas, também, para uso industrial, de agricultura e pecuária.

A legislação brasileira em seu artigo 1º da Lei Federal nº 9.433 (Brasil, 1997) traz em seu inciso V a determinação da bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Segundo Poletto (2014) a opção pela bacia hidrográfica feita no inciso supracitado está relacionado ao fato de que estudos hidrológicos são historicamente realizados tendo a mesma como uma unidade territorial, onde ocorre a interação entre o ambiente físico e os seres vivos que nela habitam.

O consumo e a utilização dos recursos hídricos da bacia são um dos aspectos dessa interação e podem afetar significativamente o seu ciclo hidrológico caso não exista um monitoramento dessas interações.

O aumento da densidade populacional está diretamente relacionado ao aumento da demanda pelas águas superficial e subsuperficial, potencializando, assim, o papel das águas subterrâneas no abastecimento público (CAMPOS, 2004).

A Resolução nº 22, de 24 de maio de 2002 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH estabelece que os Planos de Recursos Hídricos devem considerar os usos múltiplos das águas subterrâneas, as peculiaridades de função do aquífero e os aspectos de qualidade e quantidade para a promoção do desenvolvimento social e ambientalmente sustentável (Art.1).

A resolução estabelece ainda, em seu artigo 2, que os planos devem promover a caracterização dos aquíferos e definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando à gestão sistêmica, integrada e participativa das águas.

O aumento da demanda pelos recursos hídricos devido ao crescimento demográfico, da evolução de atividades produtivas e modificações dos padrões de ocupação do solo, associado à diminuição da qualidade da água, conduz a um cenário de conflito pelo uso da água. Logo, esse conflito torna premente o gerenciamento do recurso hídrico. Diversas pesquisas publicadas mostram que, quanto mais intensivo o uso do solo, mais significativas são as alterações causadas as suas propriedades físico-químicas e biológicas, predispondo-o à erosão hídrica (POLETO, 2014).

Sabe-se que a capacidade de um sistema hídrico de se recuperar após um evento crítico, seja ela causada pela própria natureza e/ou ações humanas, pode levar anos e ter um custo elevadíssimo para a sociedade que dela se beneficia.

Posto isso, é possível que as ações antrópicas dentro da Bacia Hidrográfica do rio Areias possam contribuir para o surgimento de eventos críticos hidrológicos, impactando as características morfométricas da bacia?

As características morfométricas da bacia, assim como os impactos das ações antrópicas dentro dela nos últimos vinte anos, deverão ser objeto de estudos por sua relação causa e efeito,

e que podem provocar desequilíbrios e conflitos quanto ao uso dos recursos hídricos disponíveis na bacia. Tais desequilíbrios e conflitos podem comprometer, não só a qualidade do recurso, como também sua disponibilidade em volume.

Com isso, esse estudo traz como objetivo principal a análise da morfometria da Bacia Hidrográfica do rio Areias e do uso e ocupação do solo, tendo como objetivos específicos o levantamento, por meio de estudos, dos dados fisiográficos e morfométricos da bacia, a investigação das intervenções antrópicas nas características hidrológicas e topográficas da região e análise dos impactos das ações antrópicas no futuro da bacia.

A lei nº 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos menciona em seu artigo 7º, incisos I e II, a necessidade de diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e a análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo, respectivamente, para fins de planejamento de seus programas e projetos de articulação da gestão de recursos hídricos com o uso do solo.

De acordo com a lei estadual nº 13.123/97 do estado de Goiás, no seu artigo 4º, inciso VII estão assegurados meios para prevenção da erosão do solo nas áreas urbanas e rurais, com vistas à proteção contra a poluição física e o assoreamento dos corpos d'águas.

Desta forma, um estudo aprofundado sobre as características morfométricas e a real situação dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Areias é importante para o processo de planejamento e gerenciamento contínuos da bacia e se torna relevante para as comunidades e para o poder público que, direta ou indiretamente, exercem diversas atividades que interferem na interação dos aquíferos e ocasionam degradação dos recursos hídricos e ambientais.

Sendo assim, três fatores de análises na BHRA tornam-se essenciais para que possamos estabelecer as diretrizes de estudos dentro da mesma. A precipitação e a vazão; o uso da Terra, isto é, a intervenção antrópica e também a geologia, que preconiza os tipos e as características do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Areias abrange os municípios de Águas Lindas de Goiás, Alexânia, Corumbá de Goiás, Cocalzinho de Goiás e Santo Antônio do Descoberto e está inserida na bacia do rio Paranaíba, fazendo parte de um conjunto de outras bacias que compõem a bacia hidrográfica do rio Paraná.

Segundo dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a Região Hidrográfica Paraná ocupa 10% do território brasileiro e abrange os estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal. Trata-se de uma região muito populosa e de maior desenvolvimento econômico do país. Por isso, possui as maiores demandas por recursos hídricos, tendo como destaque o uso industrial. É também a região com maior área irrigada e maior aproveitamento do potencial hidráulico disponível (ANA, 2021).

Segundo Collischonn e Dornelles (2021), o Modelo Digital de Elevação (MDE) é a forma de representação do relevo mais utilizada para extrair informações úteis para estudos hidrológicos. Pode ser obtido, dentre outros modos, com sensores remotos a bordo de aviões ou satélites. A descarga em um rio depende das características da bacia hidrográfica, como o clima, a geologia, os solos e a vegetação.

A bacia hidrográfica do rio Areias possui como canal principal o rio Areias que tem extensão aproximada de 97,30 km e nasce próximo a serra dos Pirineus, desaguardo na represa Corumbá IV no estado do Goiás. Possui uma vasta rede de afluentes tendo como os principais o córrego dos Macacos (margem direita do rio) e os córregos do Valério e Ponte Alta (margem esquerda do rio). O Seu curso d'água divide os municípios de Corumbá de Goiás e Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás e Santo Antônio do Descoberto e, ainda, Santo Antônio com Alexânia.

Possui uma área de 1249,24 km² e perímetro de 245,06 km. Possui altimetria mínima de 840 metros e máxima de 1286 metros. Seu comprimento de rede de drenagem é de 1916,79 km. Os limites da bacia hidrográfica do rio Areias foram obtidos por meio das coordenadas da área de estudo (limites norte, sul, leste e oeste dos municípios abrangidos pela bacia) geradas no *Google Earth* e carregadas no QGIS. Ainda, com o *software* de modelagem QGIS, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado no *earthexplorer.usgs.gov*.

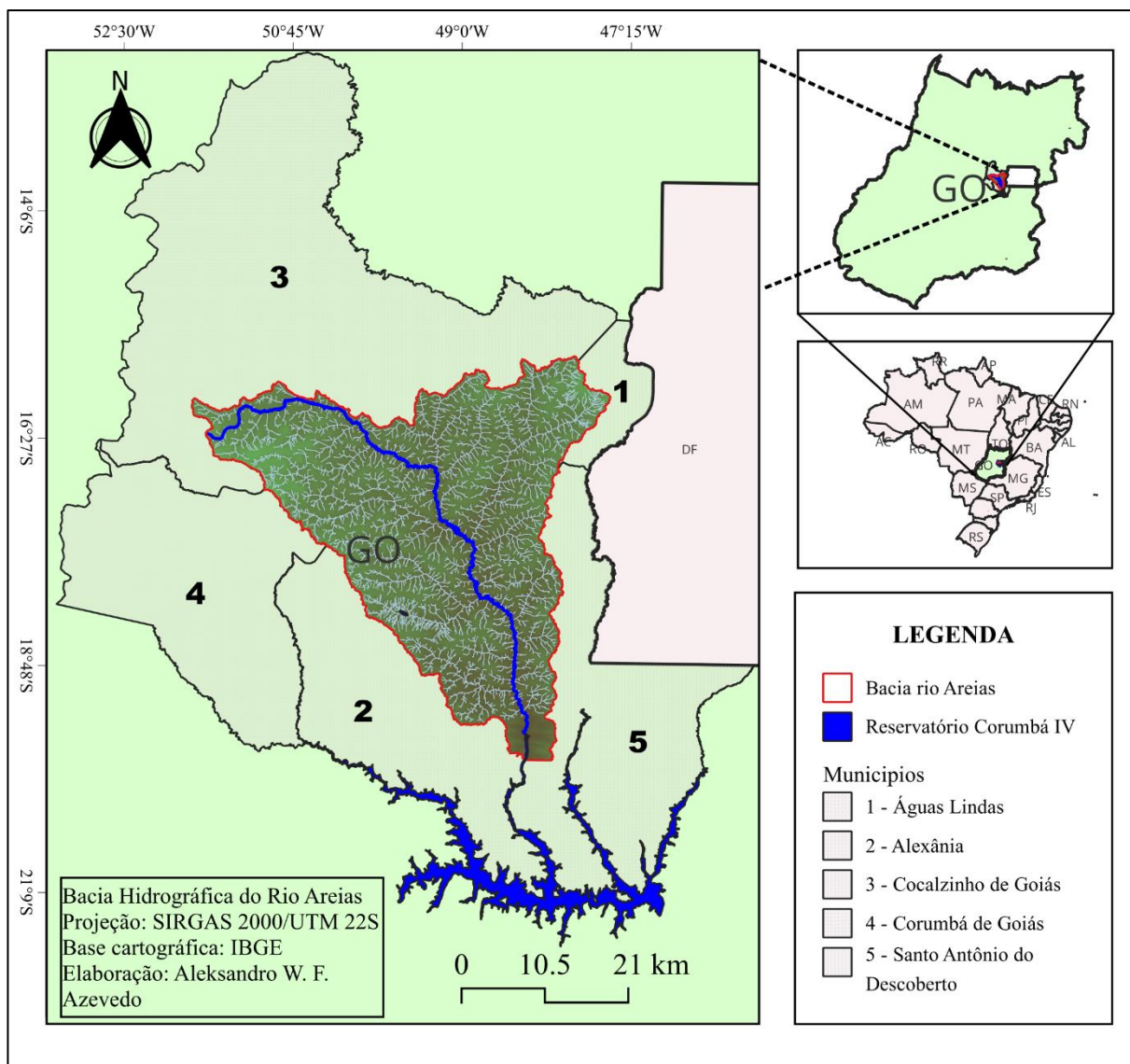


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Areias, GO, Brasil

No mapa a seguir, observa-se que a bacia hidrográfica do rio Areias (BHRA) compõe, juntamente com uma série de outras microbacias, a bacia hidrográfica do rio Paranaíba que, por sua vez, compõe a bacia hidrográfica do rio Paraná.

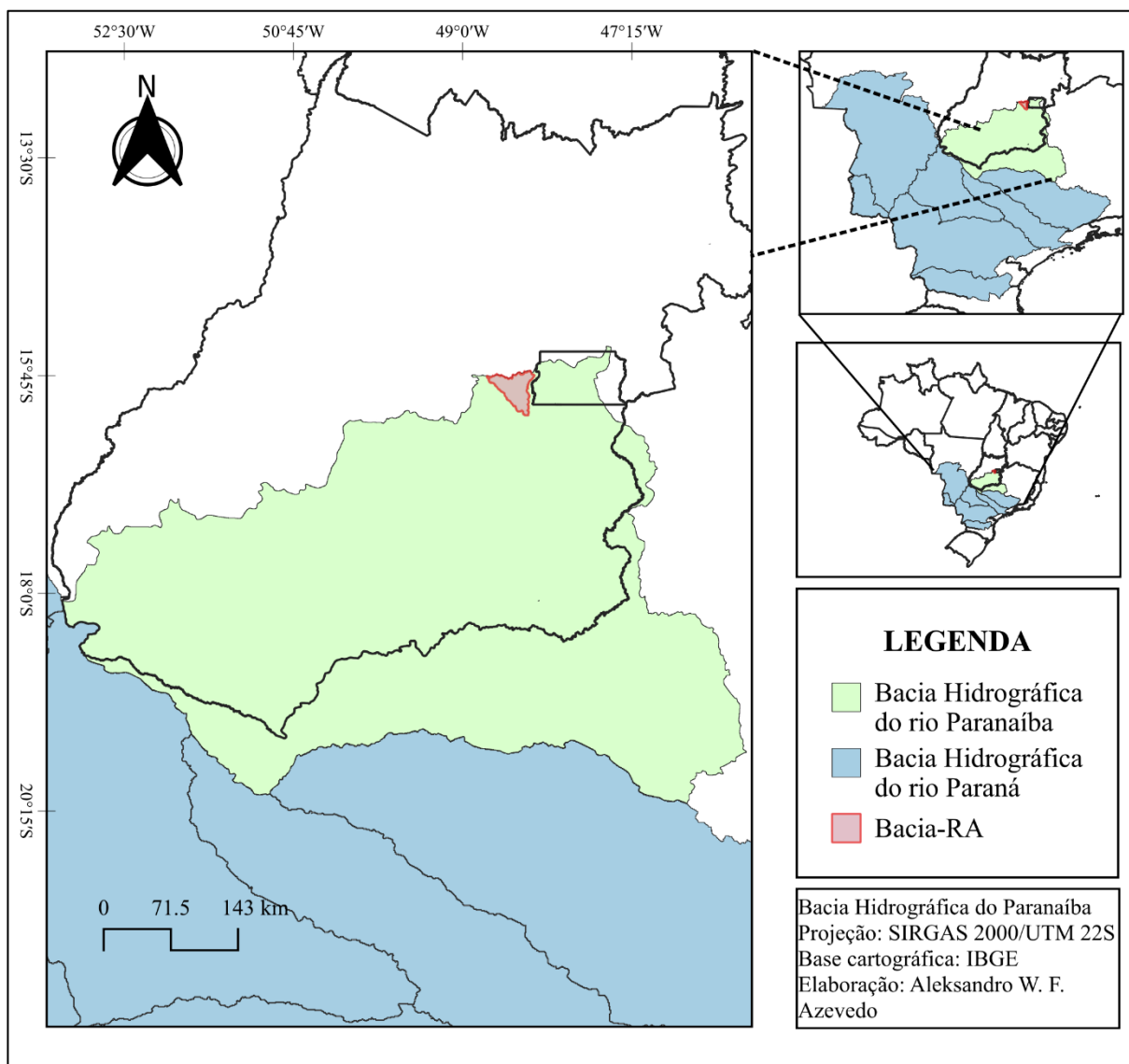


Figura 2: Mesobacia do rio Paranaíba e macrobasia do rio Paraná

2.2 Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica

Dentre os fatores que influenciam na forma como a água da chuva interage com a bacia hidrográfica estão as características fisiográficas e morfométricas. Essas características estão associadas ao relevo, incluindo a área de drenagem, o comprimento do curso de água principal e a declividade (COLLISCHONN; DORNELLES, 2021).

Os valores fisiográficos da Bacia Hidrográfica do rio Areias foram obtidos com a utilização das ferramentas Estatística Zonal e Calculadora de Campo do *software* QGIS, com base na camada *raster* dos dados da bacia e camadas vetoriais do rio principal e dos canais de drenagem do MDE.

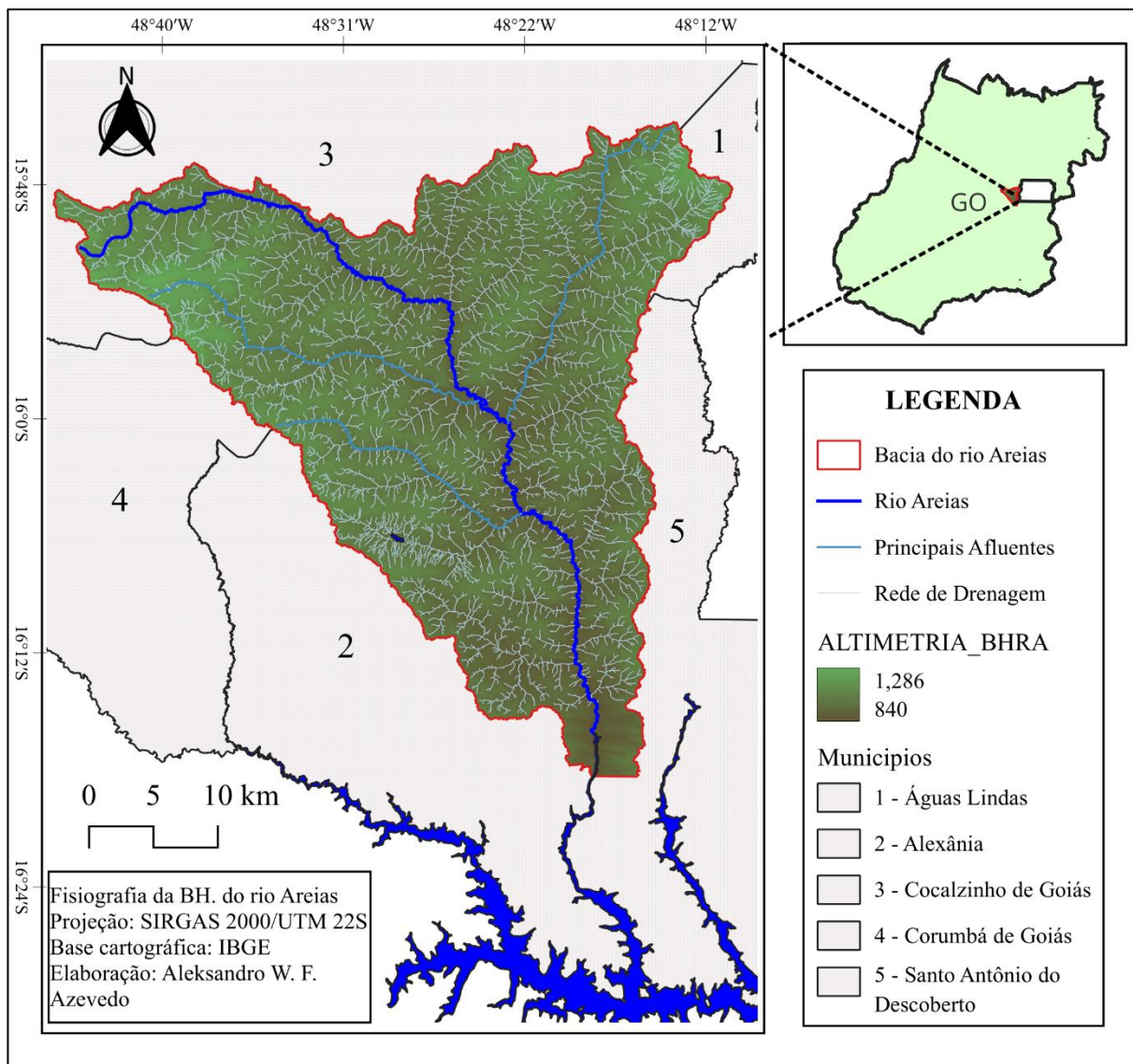


Figura 3: Fisiografia da bacia do rio Areias, GO, Brasil

2.3 Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Areias

A forma de uma bacia hidrográfica vai influir no modo como ela se comporta hidrológicamente. Principalmente no escoamento superficial e na vazão.

Em bacias achatadas, a distância dos diversos braços dos rios não é muito diferente entre si, o que faz com que a contribuição deles chegue em tempo similar ao exutório/foz. Dessa forma, pode-se acumular um grande volume de água, tornando essa bacia com uma maior propensão a enchentes. Já em bacias alongadas, os pontos de contribuição estão mais distantes do exutório, fazendo com que a contribuição dos diversos canais chegue em tempo diferente ao exutório. Tornando essa bacia menos propensa a enchente.

Para os cálculos dos índices morfométricos da bacia onde se encontra o rio Areias, foi utilizado o *software* QGIS, para estudos de relevo da bacia (amplitude altimétrica, declividade do rio principal) e seu sistema de drenagem (densidade de drenagem, sinuosidade do rio). A amplitude altimétrica ZAA tem relação com a velocidade de escoamento superficial e taxa de erosão. Quanto maior a densidade de drenagem, maior a velocidade que a água atinge o rio principal, fazendo aumentar valor de vazão durante uma inundação.

Os canais de Drenagem da bacia foram obtidos com a utilização da ferramenta GRASS do *software* QGIS, com base no MDE-SRTM (2023) levantado no *earthexplorer.usgs.gov*.

Para os cálculos dos índices morfométricos, as equações a seguir, foi utilizada a ferramenta Calculadora de Campo do *software* QGIS:

Coefficiente de compacidade ou índice de Gravelius:

Relaciona a forma da bacia com a de um círculo de área equivalente. O K_c é um índice adimensional. Quanto mais próximo de um, mais arredondada é a bacia e quanto mais distante, mais alongada é a bacia.

$$K_G = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

K_G – Índice de forma (Gravelius)

P – perímetro da Bacia (Km)

A – Área da Bacia (Km²)

Fator de forma:

É a razão entre a área da Bacia e o quadrado do seu comprimento axial. O K_f é um índice adimensional. Quanto mais próximo de 1, mais arredondada é a bacia e quanto menor o valor (mais próximo de zero), menos arredondada ela é.

$$K_f = \frac{A}{L'^2} \quad (2)$$

A – Área da bacia

L' – Comprimento axial

Índice de circularidade

Mede a forma da bacia hidrográfica e reflete a velocidade com que a água escoar desde a cabeceira até a foz.

$$I_c = 12,75 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

I_c – Índice de circularidade

A – Área da bacia

P – Perímetro da bacia

Razão de alongação

Relaciona o comprimento máximo da bacia com sua largura máxima.

$$R_e = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L'} \quad (4)$$

R_e – Razão de Alongação

A – Área da bacia

L' – Comprimento axial

Densidade de drenagem

Além da forma, também é possível avaliar uma bacia considerando elementos do relevo. Desse modo, a densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o comprimento total de todos os canais da rede de drenagem (L_{tot}) e a área da bacia.

$$D_d = \frac{L_{tot}}{A}$$

D_d – Densidade de drenagem

L_{tot} – Comprimento total de todos os canais da rede de drenagem

A – Área da Bacia

(5)

Razão de relevo ou declividade do rio principal

Já a razão de relevo ou declividade do rio principal (R_r) é a relação entre amplitude altimétrica e o comprimento do rio principal, sem considerar a sinuosidade do mesmo.

$$R_r = \frac{\Delta H}{L'} \quad (6)$$

R_r – Razão de relevo ou declividade do rio

ΔH – Amplitude altimétrica

L' – Comprimento do rio principal

Índice de rugosidade

Está relacionada à complexidade do relevo quanto à variação da superfície da bacia hidrográfica.

$$I_r = \Delta H * Dd \quad (7)$$

I_r – Índice de rugosidade

ΔH – Amplitude altimétrica

Dd – Densidade de drenagem

Densidade hidrográfica

Densidade hidrográfica é a relação entre o número dos segmentos, de canais de drenagem e a área da bacia.

$$D_h = \frac{N_t}{A} \quad (8)$$

D_h – Densidade hidrográfica

N_t – N° de segmentos de canais de drenagem

A – Área da Bacia

Extensão média do escoamento superficial

É a relação entre a área da bacia e o comprimento da rede de drenagem.

$$L_m = \frac{A}{4 \cdot L_{tot}} \quad (9)$$

L_m – Extensão média do escoamento superficial

A – Área da Bacia

L_{tot} – Comprimento da rede de drenagem

Índice de sinuosidade

Indica os meandros do rio principal, relacionando o comprimento do mesmo com o comprimento do eixo da bacia.

$$I_s = \frac{L}{L'} \quad (10)$$

I_s – Índice de sinuosidade

L – Comprimento do rio principal

L' – Comprimento do eixo da bacia

Razão de textura

Está relacionada à quantidade de drenagem de uma bacia hidrográfica com a área desta bacia. Sugere o quanto a drenagem da bacia é eficiente.

$$T = \frac{N_t}{P} \quad (11)$$

T – Razão de textura

N_t – Número de segmentos de rios

P – Perímetro da bacia

2.4 Pluviometria, vazão, captação hídrica, solo e vegetação

Com o propósito de se verificar o impacto dos efeitos físicos e antrópicos no ciclo hidrológico da BHRA, foram levantados os dados pluviométricos, de vazão hídrica, de captação de águas superficiais e subterrâneas e sua interação, assim como do perfil de solo e de vegetação.

Segundo Collischonn e Dornelles (2021), a chuva média anual é uma das variáveis mais importantes na definição do clima de uma região, bem como sua variabilidade sazonal. O total de chuva precipitado ao longo de um ano influencia fortemente a vegetação existente numa bacia e as atividades humanas que podem ser exercidas na região.

Para os dados pluviométricos, foram analisadas as séries históricas mensais de precipitação da região da bacia (período de 1992 a 2022) e feitos preenchimentos das lacunas dos dados diários que não foram computados pelas estações elencadas.

Foram escolhidas um total de 11 estações pluviométricas, tendo seus dados divididos em 2 grupos e interpolados seus valores. Grupo do Descoberto, localizada no Distrito Federal e operacionalizada pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e grupo da estação pluviométrica Ponte Anápolis-Brasília, localizada no município de Alexânia-GO, operacionalizada pela Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica-SGH, ambas obtidas pelo Sistema de Informações Hidrológicas - Versão WEB – ANA (Figura 4).

Para a elaboração do mapa das isoietas, foram utilizados os dados das estações pluviométricas distribuídas na bacia por meio de processo que envolve interpolar os valores de precipitação registrados também divididas em 2 grupos (estação do Descoberto e estação Ponte Anápolis-Brasília), considerando fatores como distância e características locais (relevo e vegetação). Os dados das estações foram obtidos pelo Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas e o mapa das isoietas foi confeccionado com o auxílio da ferramenta QGIS.

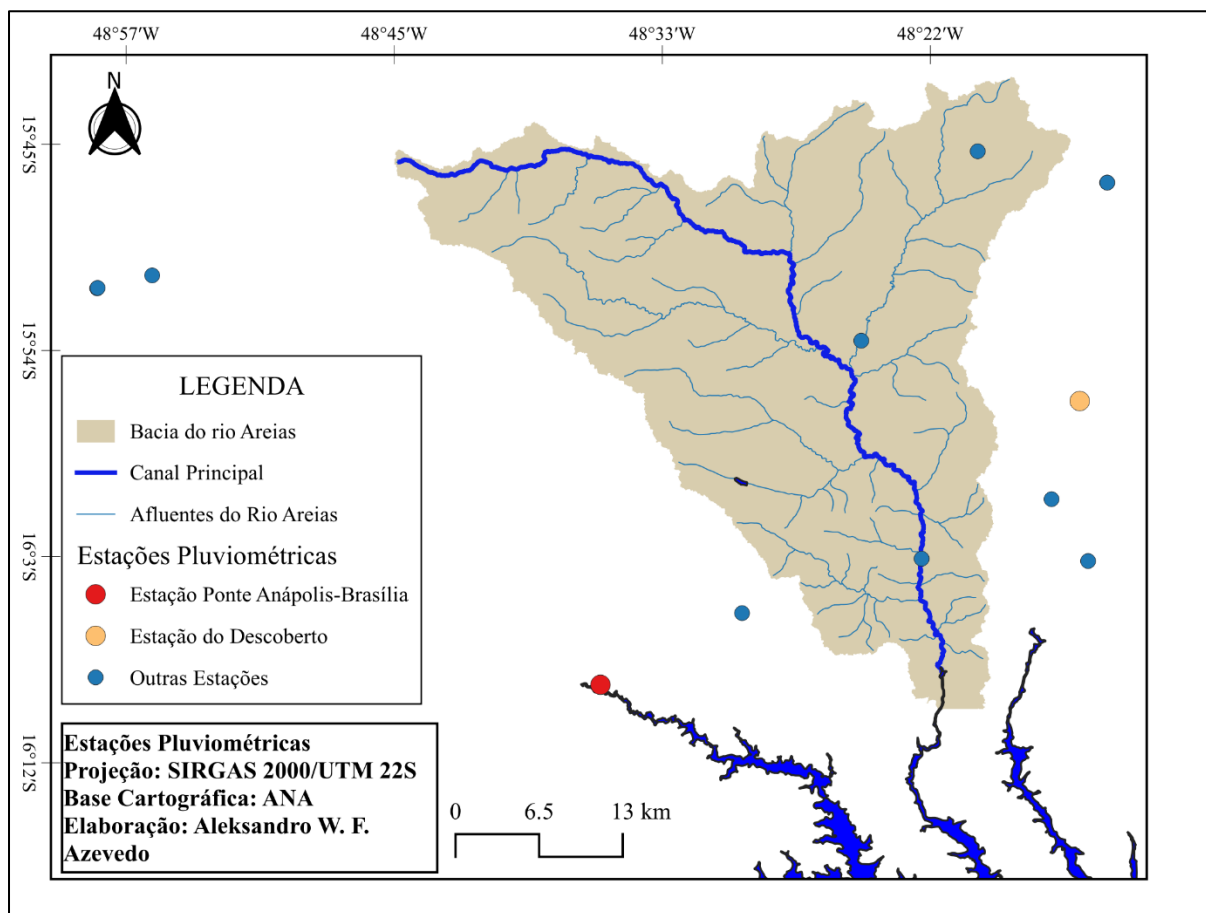


Figura 4: Localização das estações pluviométricas, bacia do rio Areias, GO.

Os dados de vazão do rio Areias foram obtidos da estação fluviométrica Fazenda São Bento, tendo como operadora a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Os dados estão disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas da Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH), sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e contemplam os meses de janeiro (período chuvoso) e de julho (período de estiagem) dos intervalos dos anos de 1996 a 2019.

A diferença de tempo entre a entrada de água da chuva e a saída de água na forma de escoamento é o tempo de resposta da bacia hidrográfica. O tempo de resposta é uma característica fundamental para compreensão do funcionamento de uma bacia hidrográfica e elaboração de projetos de engenharia hidráulica (COLLISCHONN; DORNELLES, 2021).

O tempo de resposta da bacia hidrográfica do rio Areias foi calculada pela equação do tempo de concentração (t_c) de Kirpich.

$$t_c = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (12)$$

t_c – tempo de concentração em min.

L – Comprimento do rio principal em km.

Δh – Diferença de altitude em metros (adimensional).

De acordo com Collischonn e Dornelles (2021), a equação de Kirpich, apresentada acima, foi desenvolvida utilizando dados de bacias pequenas (menores do que 0,5 km²). Sendo assim, não deveria ser utilizada para estimar o tempo de concentração em bacias maiores do que 50 hectares. Porém, uma avaliação de Silveira (2005) mostrou que a equação pode ser utilizada em bacias rurais de médio a grande porte, de até 12.000 km², com erros relativamente pequenos.

O levantamento dos dados sobre captação hídrica na bacia hidrográfica do rio Areias foi realizado com a utilização do mapa de localização das captações gerado no *software* QGIS e dados de suas respectivas outorgas feitas pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Goiás.

Os dados de cobertura da vegetação e do solo da BHRA foram gerados com auxílio das camadas *Shapefiles*, obtidas no site oficial do MapBiomas e do Sistema de Informações Ambientais (SIAG) do portal da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Goiás.

O processo de registro dos dados por imagens com utilização de máquina fotográfica e sistema de posicionamento global (GPS), além *softwares* de geoprocessamento, permite e facilita uma análise da gestão e/ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem (MARCHESAN; FUNEZ, 2017).

Para análise e levantamento das possíveis intervenções antrópicas que ocorreram e ocorrem dentro da bacia em estudo foram levantadas imagens de satélite da ferramenta *Google Earth* e visitas, com registros fotográficos, em pontos de vulnerabilidade topográfica e hídrica, tais como locais de assoreamento e erosão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da Fisiometria e Morfometria da Bacia Hidrográfica do rio Areias

A bacia hidrográfica do rio Areias possui uma rede de drenagem extensa com um número de canais de drenagem significativo (4295 canais). Ela está inserida em uma região de reserva de aquíferos subterrâneos intensa que contribui para uma rede de recargas significativa em aquíferos superficiais, conforme verificado na Figura 5.

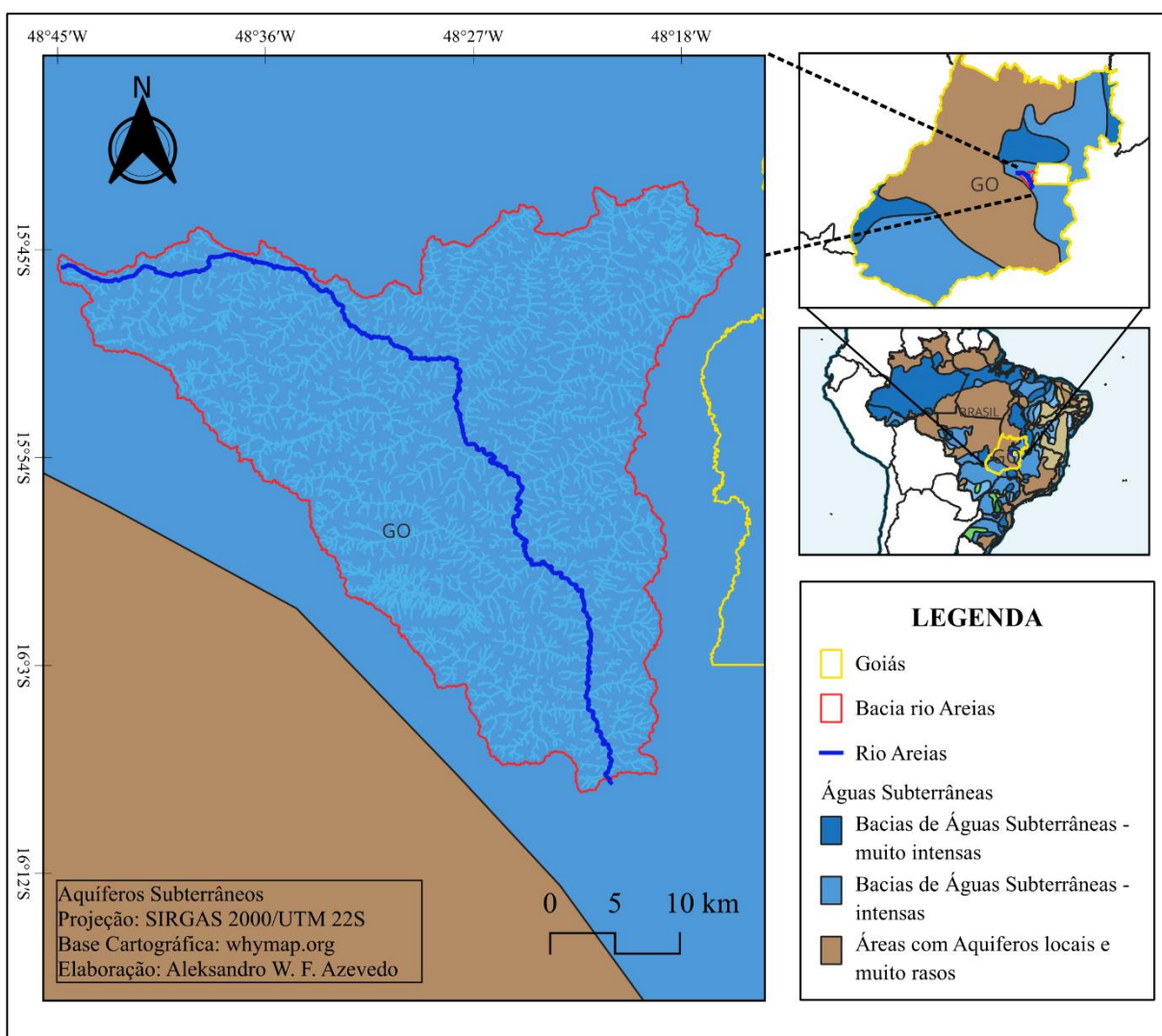


Figura 5: Aquíferos subterrâneos - whymap.org.

Os resultados obtidos quanto aos estudos das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Areias demonstram com os índices apresentados que a bacia é alongada no sentido Noroeste/Sul, com fator de forma (k_f) de 0,2 (Tabela 1) tornando-a pouco suscetível a inundações.

Dados Fisiométricos e Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Areias			
Fisiométricos		Morfométricos	
Area (Km ²)	1249,24	Coeficiente de compacidade (Kc)	1,941
Perímetro (Km)	245,06	Fator de forma (Kf)	0,208
Altitude média (m)	1021,46	Índice de circularidade (Ic)	0,262
Altitude mínima (m)	840	Razão de alongação (Re)	0,514
Altitude máxima (m)	1286	Densidade de drenagem (Dd)	1,534
Variação Altimétrica (ΔH)	456	Razão de relevo (Rr)	0,006
Canal axial (Km)	77,53	Índice de rugosidade (Ir)	0,700
Canal principal (Km)	97,31	Densidade hidrográfica (Dh)	3,438
Comprimento rede de drenagem (Km)	1916,79	Extensão média do escoamento superficial (Lm)	0,163
Número de Canais de drenagem	4295	Índice de sinuosidade (Is)	1,26
		Razão de Textura (T)	17,527

Tabela 1: Dados fisiométricos e morfométricos da bacia do rio Areias, GO, Brasil.

A densidade de drenagem (Dd) da bacia hidrográfica do rio Areias calculada foi de 1,53 km.km⁻². Bacias com densidade de drenagem entre 1,0 e 3,0 km/km² possuem média densidade, isto deduz que a bacia do rio Areias tem baixa infiltração (como solos impermeáveis ou áreas com baixa cobertura vegetal), seu sistema de drenagem é mais estruturado, mas ainda pode haver áreas com maior retenção de água. De acordo com Collischonn e Dornelles (2021), uma alta densidade de drenagem favorece o rápido escoamento superficial, uma vez que a água da chuva encontra muitos canais para se direcionar ao exutório (ponto de saída da bacia).

O índice de circularidade calculado para bacia foi de 0,26 km².km⁻¹. Bacias com índice abaixo de 0,5 km².km⁻¹ indicam o alongamento da bacia em estudo e uma menor eficiência no escoamento da água, o que reduz o pico de vazão.

O rio principal da bacia hidrográfica do rio Areias apresentou valor de índice de sinuosidade (IS) de 1,25, significando que o rio é moderadamente sinuoso ($1 < IS \leq 1,5$). Rios sinuosos podem ser mais suscetíveis a inundações tendo em vista o aumento do tempo de concentração e ao armazenamento de águas em seus meandros.

A razão de relevo (Rr) da bacia hidrográfica do rio Areias teve como valor obtido 0,006 m.m⁻¹, sugerindo que a bacia em estudo possui um relevo suave e reforça sua baixa velocidade de escoamento. Declividade com valores entre 0% a 5% possuem escoamento lento e maior capacidade de acumulação de água.

Os dados ainda revelaram que a bacia do rio Areias possui amplitude altimétrica de 456 metros. Médias entre 200 metros e 500 metros inferem que essas bacias podem ter relevo variado, com áreas de maior declividade e possibilidade de erosão.

3.2 Precipitação Pluviométrica e Vazão

A pesquisa sobre os dados fisiográficos e morfométricos da bacia hidrográfica do rio Areias resultaram na caracterização de uma bacia de forma alongada, com fator de forma baixa. Tais características revelam uma menor probabilidade de ocorrência de chuvas intensas, cobrindo simultaneamente toda sua extensão e uma menor tendência de cheias.

Os dados sobre as variações de Precipitação Pluviométricas Mensais obtidos, conforme verificado nas Figuras 6 e 7, demonstraram que os maiores índices de concentração de chuvas estão nos meses de novembro a março, próximos ou relativamente acima dos 200mm/mês, e os meses de menor precipitação ocorre no período de junho a agosto, ficando abaixo de 50mm/mês, tendo os meses de maio e setembro como meses de transição.

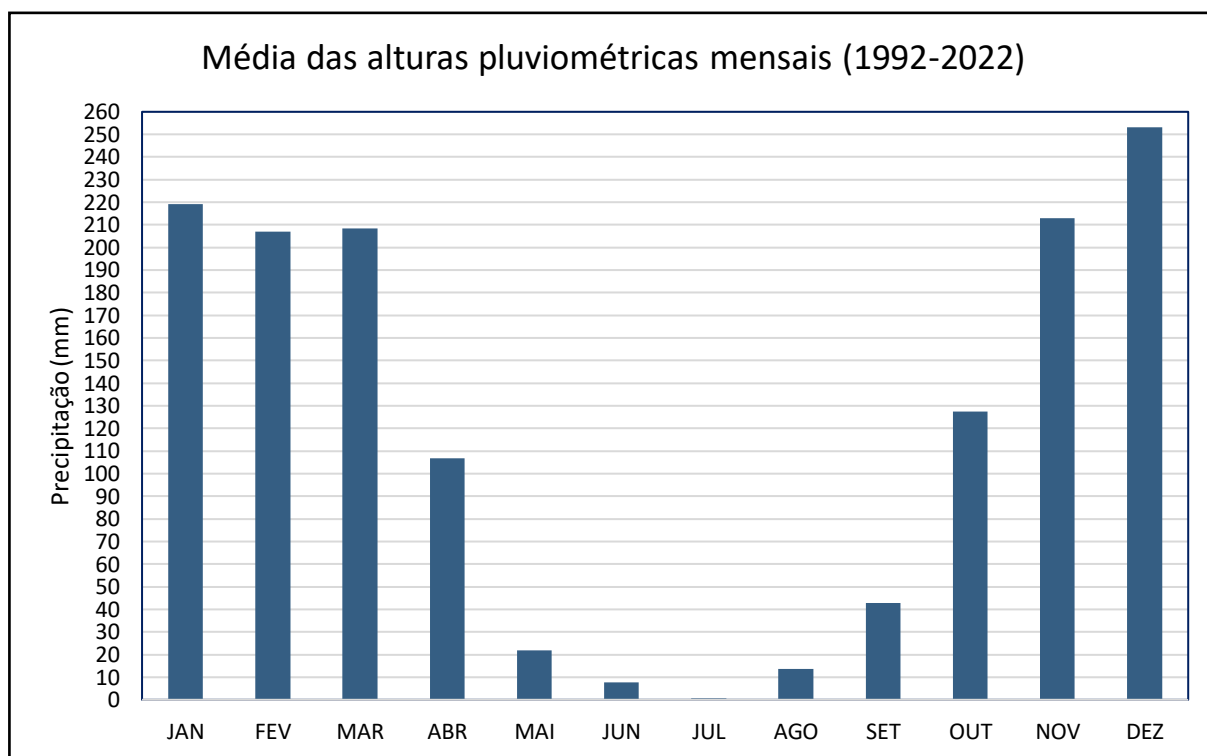


Figura 6: Índices pluviométricos da bacia do rio Areias, estação do Descoberto, SIH-ANA, GO.

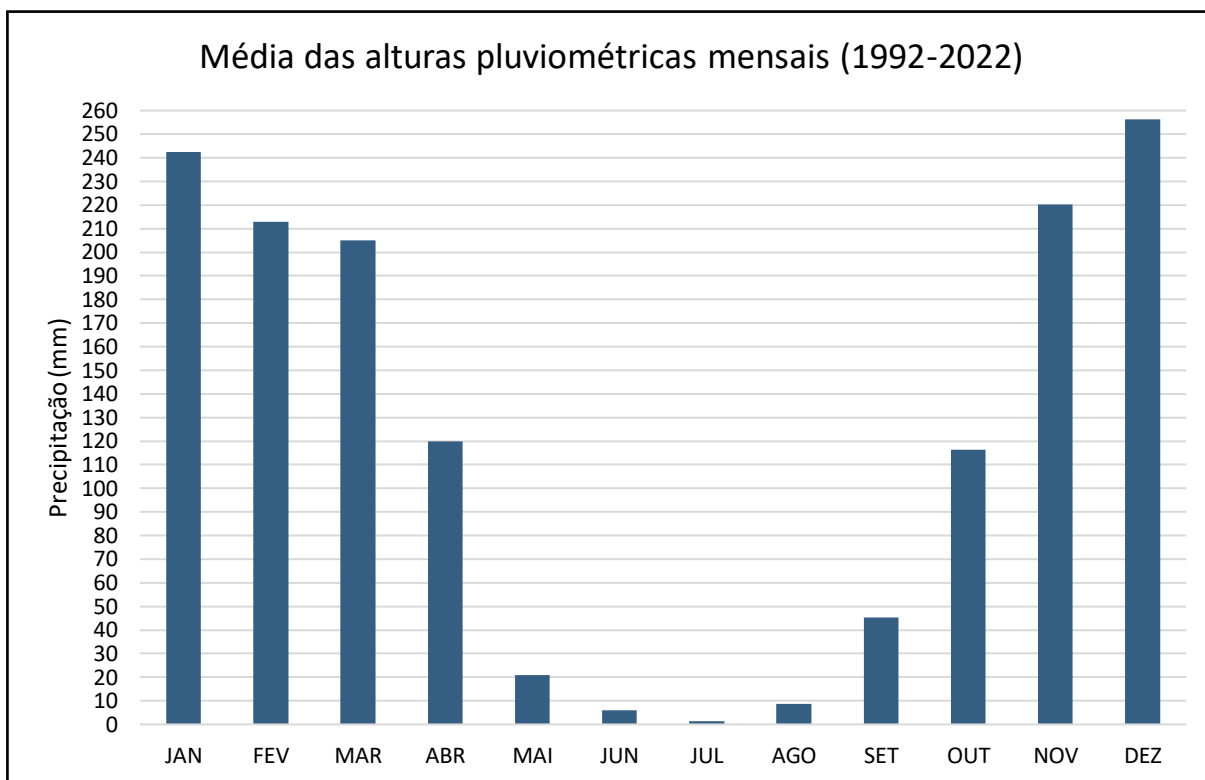


Figura 7: Índices pluviométricos da bacia do rio Areias, estação ponte Anápolis-Brasília, SIH-ANA, GO.

Corroborando como os estudos realizados no DF por Campos (2004), o clima da bacia hidrográfica do rio Areias também é marcado pela forte sazonalidade, com dois períodos distintos. O período de maio a setembro possui baixa taxa de precipitação, baixa nebulosidade e alta taxa de evaporação, com baixas umidades relativas diárias.

Com os dados do estudo pluviométrico é possível compreender o comportamento hidrológico da bacia e sua influência na recarga de aquíferos, escoamento superficial e os volumes de armazenamento em reservatórios.

Campos e Chaves (2020), em seus estudos sobre precipitação pluviométrica no Cerrado verificaram que, de maneira geral, a precipitação anual no Cerrado aumenta de leste para o oeste. E que a área central do Cerrado é caracterizada por estações com tendências de queda na precipitação, especialmente o estado de Goiás.

Esses dados permitem prever e mitigar os impactos de eventos extremos, como enchentes, secas e deslizamento, principalmente em áreas de maior concentração populacional e por demanda hídrica.

O mapa da Figura 8 representa a distribuição espacial das chuvas na bacia hidrográfica por meio de isoietas, permitindo identificar áreas com maior e/ou menor concentração pluviométrica. Pelo mapa apresentado, pode-se observar uma maior concentração de chuvas nas regiões noroeste e sudoeste da bacia.

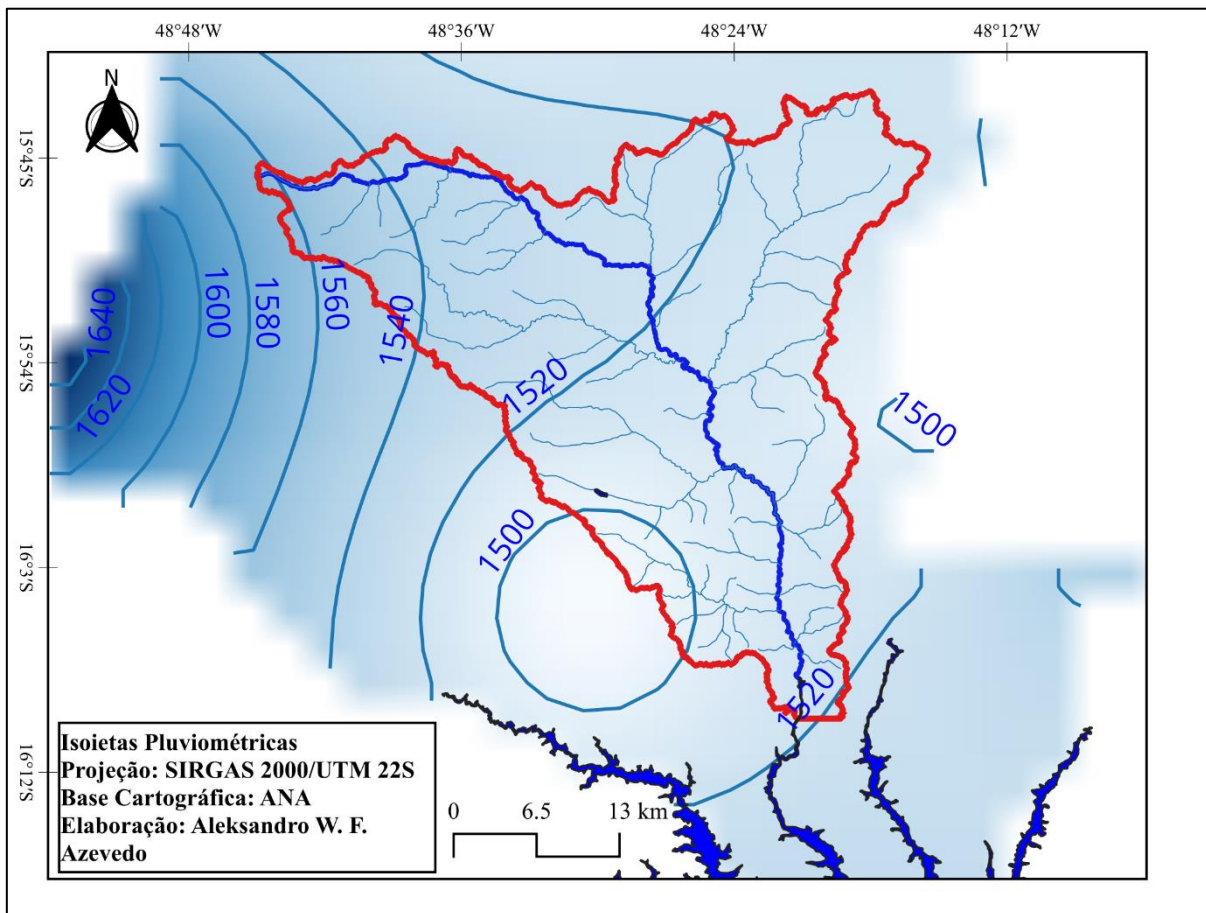


Figura 8: Intensidade pluviométrica anual na bacia do rio Areias, GO.

Mudanças na intensidade e frequência das chuvas no Cerrado combinados com a ampla expansão de parcelamentos de terras rurais podem impactar em alterações significativas da qualidade e disponibilidade hídrica (FERRIGO *et al.* 2014).

Análises feitas por meio dos dados obtidos pelo mapa de isoietas também permitem observar a interação entre a cobertura vegetal e o ciclo hidrológico, para implantação de ações de recuperação e manejo sustentável da bacia.

As bacias com fatores de forma baixos são as que possuem formas estreitas ou irregulares. Nestes casos, é menos provável a ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão, e, por outro lado, os escoamentos resultantes surgem na secção de saída mais distribuídos ao longo do tempo (HIPOLITO; VAZ, 2017). Essa condição se verifica na bacia em estudo que apresenta fato de forma (K_f) de 0,2 apresentado na Tabela 1.

Segundo Adler *et al.* (2003), houve uma redução de aproximadamente 70 mm na precipitação anual na região do cerrado nas últimas décadas. Essas tendências de redução significativa da precipitação no bioma Cerrado no início e fim da estação chuvosa se devem por alterações sofridas no ciclo hidrológico que ocorrem nas bacias devido ao desmatamento,

alterações da vegetação nativa e aumento da urbanização, e indicam um prolongamento da estação seca por meio dos dados obtidos do Projeto Climatológico da Precipitação Global.

Essas alterações no regime de chuvas no Cerrado impactam o meio ambiente e as atividades humanas, uma vez que o Cerrado também tem papel primordial na segurança hídrica do país, pois contém nove das doze bacias hidrográficas brasileiras, das quais seis têm nascentes em seus limites (LIMA, 2011; BRASIL, 2011).

Ferrigo *et. al.* (2004) destacou em seu estudo que, na região da bacia do córrego do Capão Comprido no DF, as chuvas se concentram nos meses de outubro a abril, com o restante do ano seco, sendo a manutenção das vazões nos rios amplamente dependentes dos processos de recarga e de geração de escoamento de base.

A vazão é o volume de água que passa por uma determinada seção de um rio dividido por um intervalo de tempo. É o resultado da interação entre a precipitação e a bacia, e depende das características da bacia que influenciam a infiltração, o armazenamento e a evapotranspiração (COLLISCHONN; DORNELLES, 2021).

Quanto aos dados de vazão do rio Areias, o hidrograma da Figura 9, demonstra o comportamento da vazão no intervalo de 1996 a 2019 nos períodos de estiagem e de chuva, em que se observa uma tendência de diminuição diária das vazões máximas e mínimas a partir de 2013. A maior vazão no período de cheia ocorreu nos anos 2000 e 2007 com variações próximas a $70\text{m}^3/\text{s}$ e $120\text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

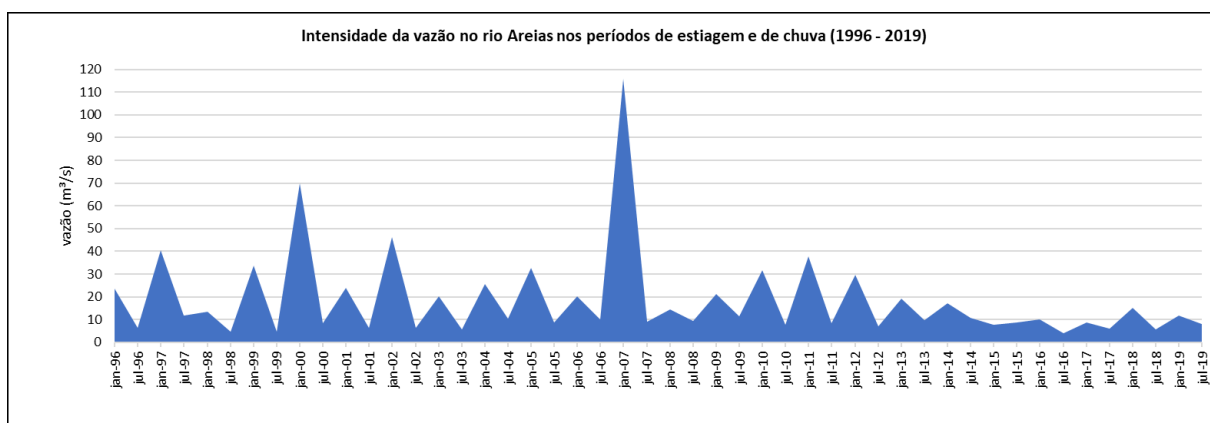


Figura 9: Hidrograma da vazão do rio Areias, BHRA (1996 - 2019), ANA.

Esse aumento dos picos de vazão observado no hidrograma nos anos supracitados podem estar relacionados com o período de retorno das chuvas para região. Tais observações poderão se relacionar com os dados pluviométricos em uma pesquisa futura e complementar, assim como a diminuição das vazões a partir de 2013.

Uma possível diminuição da vazão do principal rio da bacia, associada ao valor do índice de circularidade da Tabela 1, tende a reduzir ainda mais o pico de vazão, prejudicando a recarga hídrica nos reservatórios superficiais.

Tal tendência pode ou não estar relacionada à quantidade de precipitação pluviométrica dentro da BHRA. Porém, ao analisar o gráfico das séries históricas dos índices pluviométricos dos últimos 30 anos, constata-se que não há uma alteração significativa no regime de chuvas na bacia. Isso nos leva a verificar outros aspectos para diminuição da vazão do rio. Dentre esses aspectos está o efeito de recarga dos corpos hídricos ou possíveis problemas de aferição da estação fluviométrica.

Segundo Uchôa *et al.* (2024), em seus estudos sobre fluxo de vazão dos rios no Brasil, constatou-se que em mais de 90% dos riachos pesquisados houve uma diminuição de suas vazões em decorrência do número exacerbado de poços artesianos num raio de 1km de seus leitos.

O ciclo hidrológico tem sua compreensão pautada na relação entre os corpos hídricos superficiais e as águas subterrâneas. Essa relação ocorre na forma de infiltração e percolação da água no solo e na ocorrência de nascentes (MANZIONE, 2015).

Considerando que toda água, superficial e subterrânea, faz parte do mesmo ciclo hidrológico, fica claro que a extração de águas em poços pode causar impactos sobre a disponibilidade de água superficial (COLLISCHONN; DORNELLES, 2021).

O tempo de concentração (tc) da bacia hidrográfica do rio Areias calculado foi de 1012,89 minutos, aproximadamente 17h. Isto significa que a duração da chuva sendo menor que o tempo calculado, o escoamento superficial ainda não terá atingido sua vazão máxima. Caso dure mais que 1012,89 minutos, a bacia já terá atingido sua capacidade máxima de escoamento, aumentando o risco de enchentes e erosão. Segundo Collischonn e Dornelles (2021), o tempo de resposta tende a ser maior em bacias hidrográficas de grande área de drenagem, como a bacia em estudo, ratificando, assim o perfil da bacia estudada.

3.3 Uso e cobertura do solo

3.3.1 Vegetação

A bacia hidrográfica do rio Areias está representada neste estudo em três grandes áreas quanto aos aspectos sobre vegetação (Figura 10). O estudo não possui o viés da abordagem detalhada sobre os diferentes cultivos da região, mas apenas salienta a principal característica vegetativas e os principais usos e ocupação do solo.

A região da bacia hidrográfica é formada em grande parte por vegetação classificada como Savana Parque (classificação oficial do IBGE), isto é, vegetação mista, com árvores de pequeno e médio porte, arbustos e gramíneas. A vegetação savânica que compõe a paisagem da bacia hidrográfica do rio Areias tem grande parte de sua área tomada pela agricultura e pela pecuária, conforme pode-se observar na Figura 9.

Também é possível verificar que na bacia do rio Areias encontram-se regiões relevantes de influência urbana, principalmente na porção Nordeste da bacia.

Em estudos sobre conservação do Cerrado feitos por Klink e Machado (2005) foram levantadas as principais ameaças causadas por algumas culturas agrícolas, tais como erosão por manejo deficiente do solo, uso extensivo de fertilizantes que poluem córregos e rios e gramíneas africanas invasoras cultivadas para pastagens que impactam a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas da região.

Ainda que a erosão seja um processo natural formadora de paisagem, enquanto processo geológico, se causada por ação antrópica decorrente do uso e manejo, o desprendimento de partículas e nutrientes é acelerado, causando degradação no ambiente como um todo (VASQUEZ; WINCK, 2014).

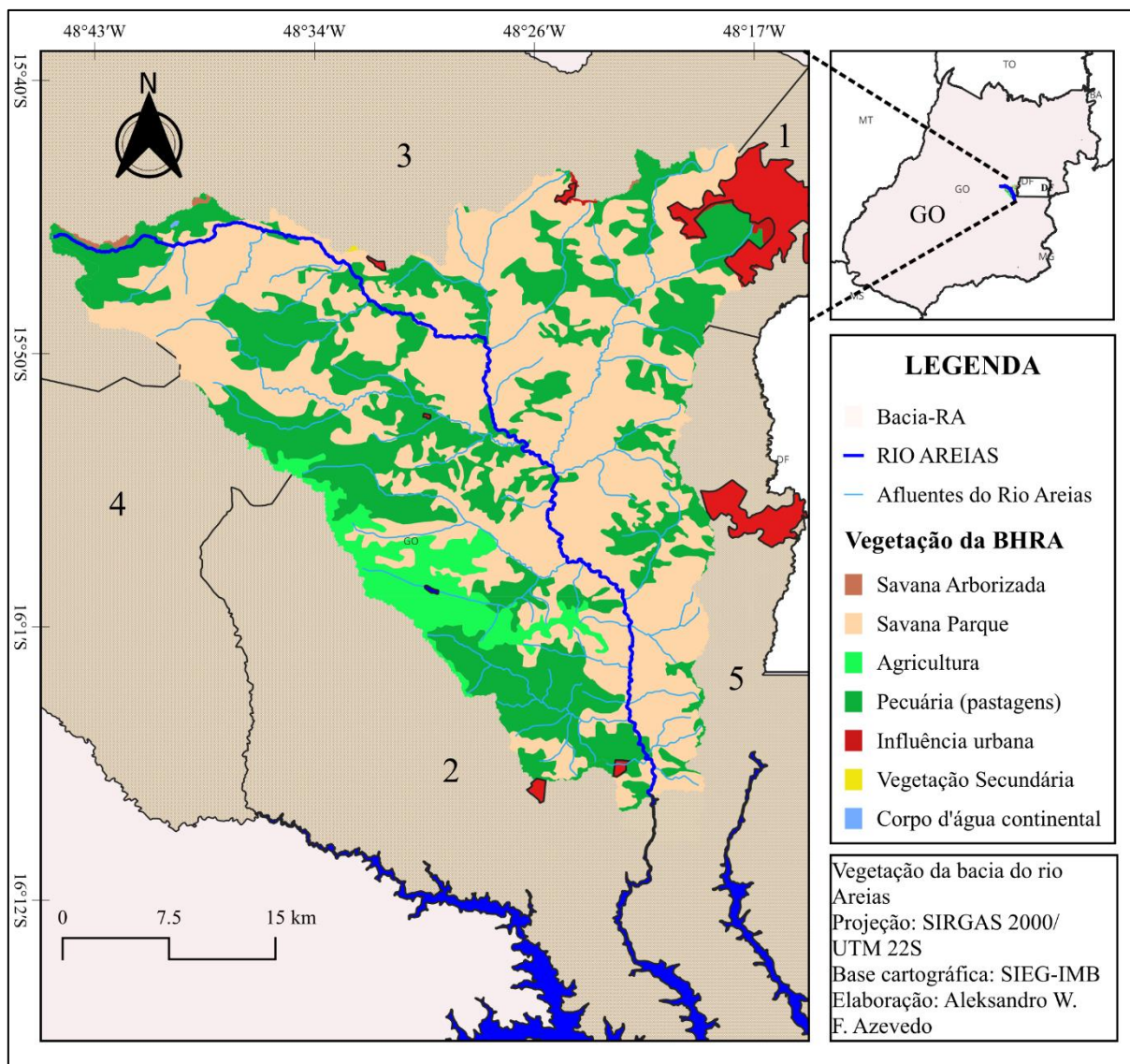


Figura 10: Cobertura do solo da bacia do rio areias (2023), SIEG-IMB, GO, Brasil.

Segundo Hipólito e Vaz (2017) o tipo de vegetação de uma bacia hidrográfica vai definir como a relação de interseção da precipitação e o retardo do escoamento superficial se estabelecem, evitando assim a desagregação do solo.

Simulações que modelaram a conversão do Cerrado natural em pastagens plantadas mostraram que a precipitação pode ser reduzida em pelo menos 10 %, com veranicos mais frequentes e aumento da temperatura em 0,5°C, com grandes implicações para a agricultura (KLINK; MACHADO, 2005).

Em áreas áridas, onde os solos são muito secos e a vegetação esparsa, a infiltração é impedida e o escoamento da precipitação pode ocorrer como escoamento superficial (MANZIONE, 2015).

Os mecanismos da relação entre o desmatamento regional/local e a redução da precipitação estão associados às mudanças nos processos biofísicos da superfície terrestre (albedo, rugosidade aerodinâmica e evapotranspiração), após a retirada da vegetação nativa (CAMPOS; CHAVES, 2020).

Os mapas das Figuras 11, 12 e 13 mostram as mudanças da cobertura e uso do solo que a bacia hidrográfica do rio Areias vem sofrendo nos últimos 20 anos.

Pode-se observar nos mapas uma supressão das áreas de pastagem e formação florestal em detrimento do aumento da área cultivável por culturas anuais de verão como a soja.

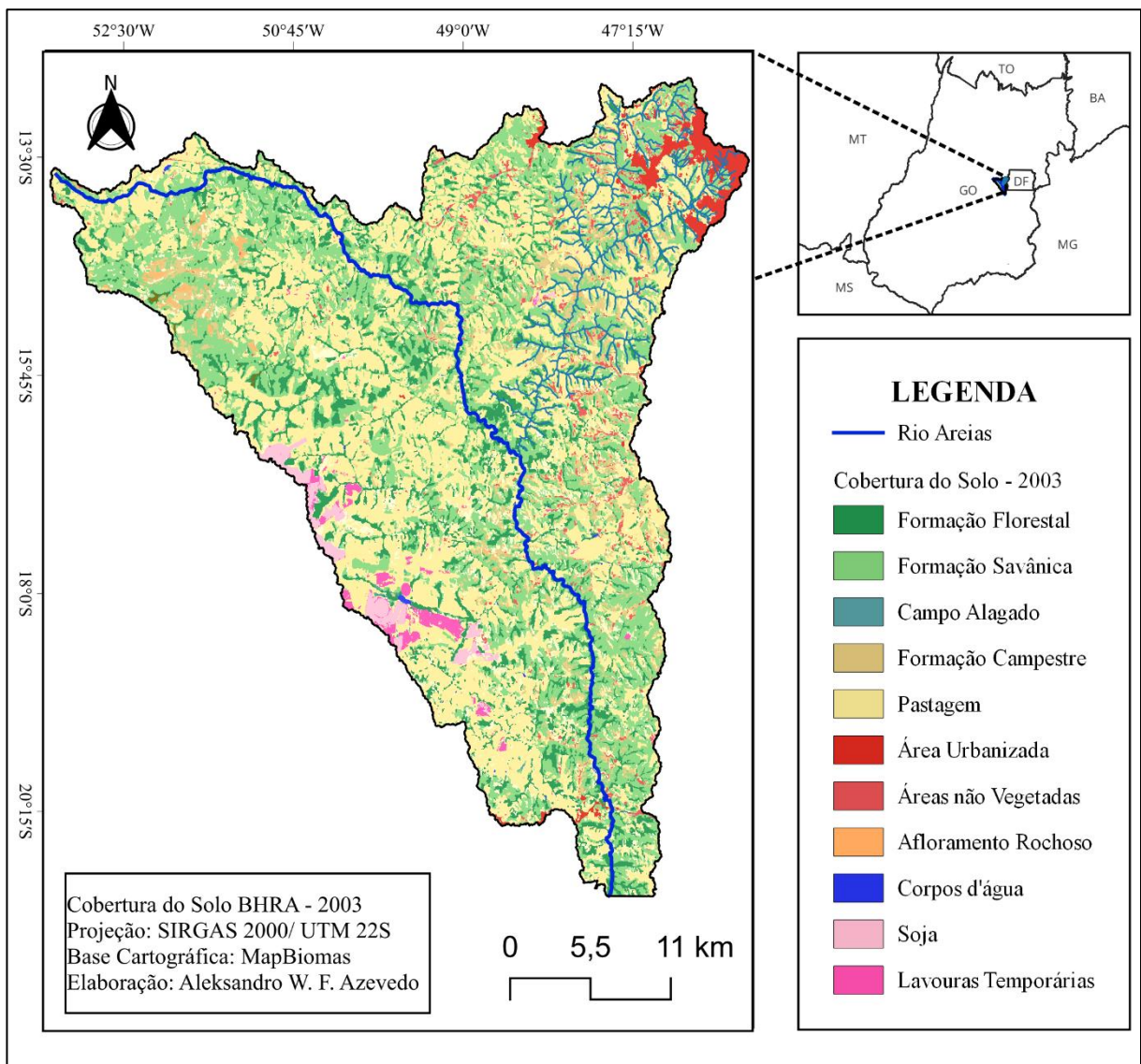


Figura 11: Cobertura e uso do solo da bacia do rio Areias, ano 2003, GO, MapBiomias, Brasil.

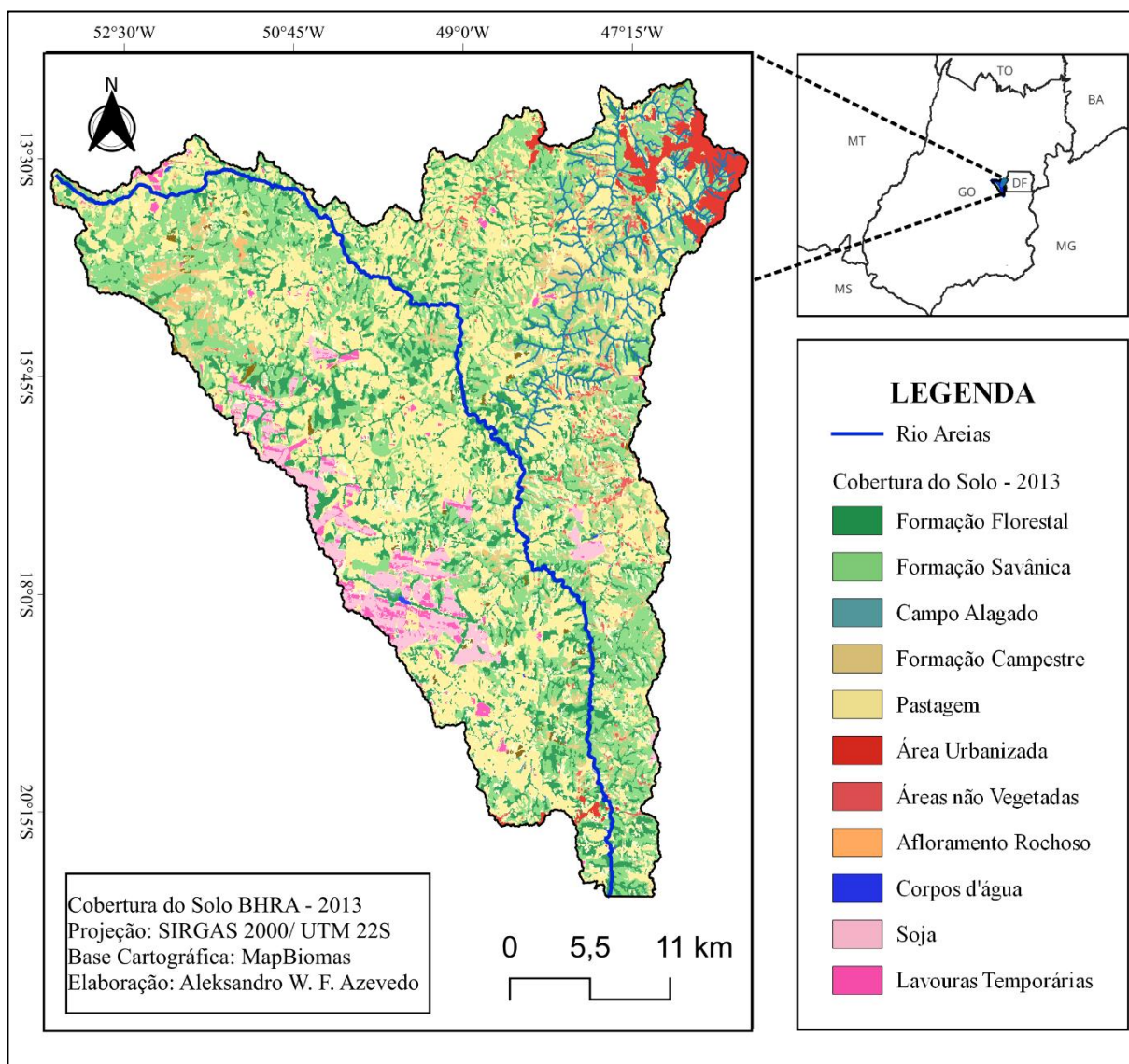


Figura 12: Cobertura e uso do solo da bacia do rio Areias, ano 2013, GO, MapBiomias, Brasil.

Os mapas das Figuras 11 e 12 já demonstram que houve uma mudança significativa na cobertura e uso do solo na bacia hidrográfica do rio Areias nos 10 primeiros anos do estudo (2003 – 2013). Percebe-se que já há um avanço das áreas de cultivo no lado Oeste e de áreas não vegetadas nas regiões Nordeste e Sul da bacia, com destaque para áreas urbanizadas.

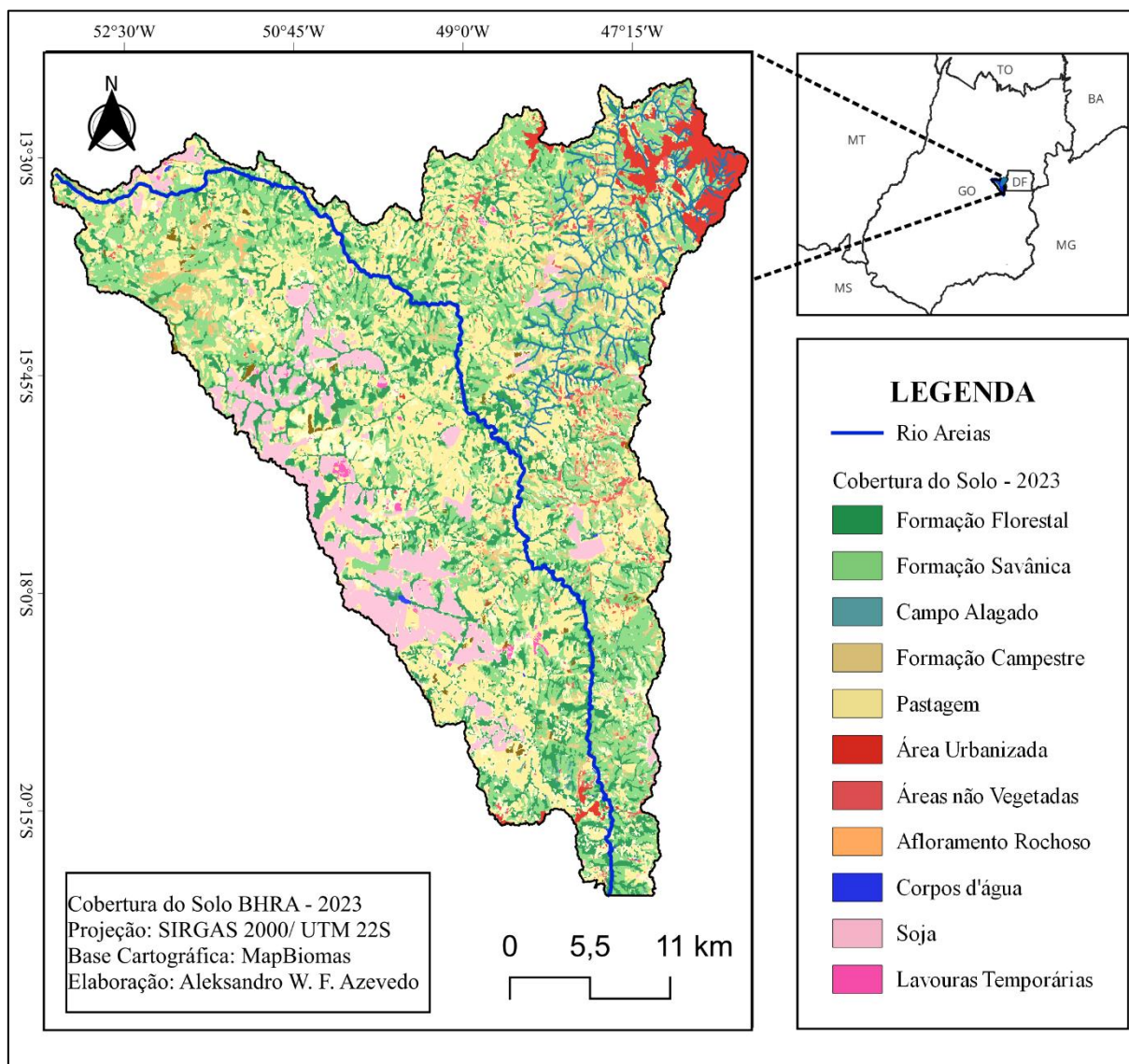


Figura 13: Cobertura e uso do solo da bacia do rio areias, ano 2023, GO, MapBiomas, Brasil.

Nas Figuras 14 e 15, pode-se notar uma diminuição da floresta natural dentro da bacia em estudo e um aumento nas áreas relacionadas à agropecuária. Em 1992, a área de floresta natural representava 34,67 % da área da bacia do rio Areias, caindo para 27,17% em 2022. Isso representa uma perda real de vegetação natural de 7,5 % desde 1992, ou seja, uma área de aproximadamente 94 km² de floresta nativa.

Por outro lado, a área destinada ao cultivo e criação de animais passou de 661,80 km² em 1992 para 765,57 km² em 2022. Isto representou um aumento de aproximadamente 8,3 % em áreas para a agropecuária.

Em estudos realizados na bacia hidrográfica do Pandeiros em Minas Gerais (MG) Fonseca *et al.* (2011) observou que nos locais de pastagem, em geral com criação de gado de maneira extensiva, ocorreram os maiores impactos, com regiões de solo exposto e

descaracterização da vegetação natural. Desta forma, a região ficou suscetível a diversas formas de erosão pluvial, tais como, ravinas e voçorocas.

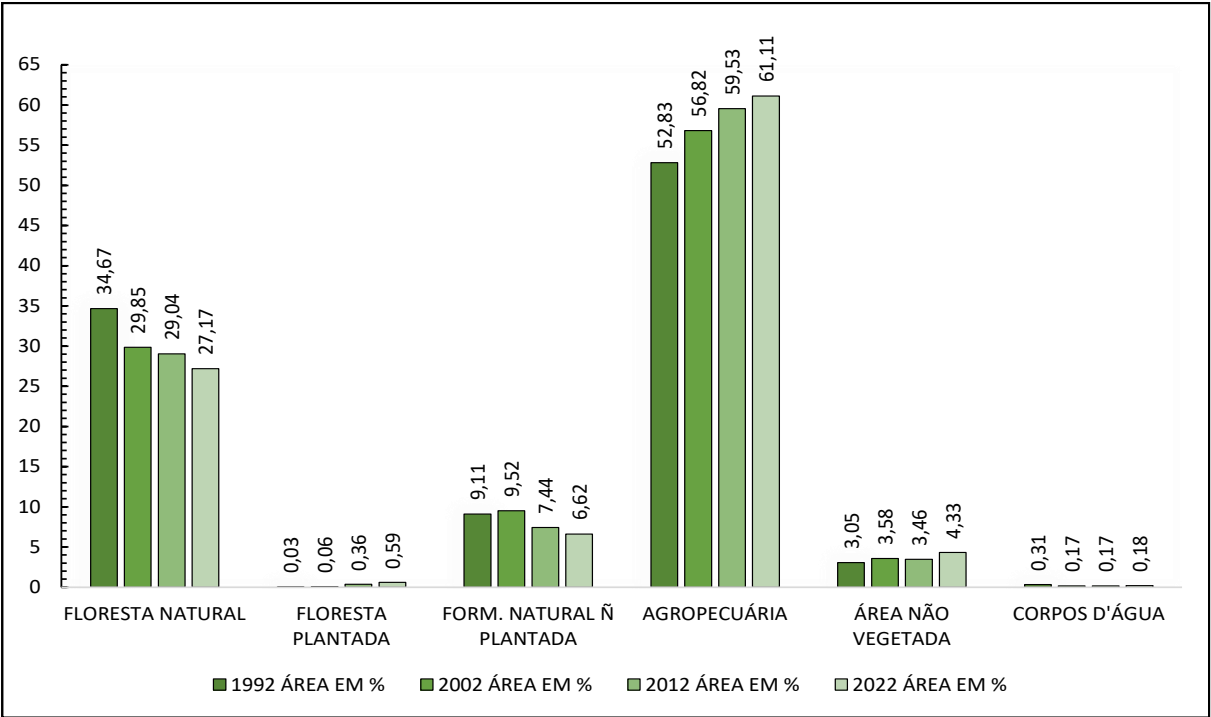


Figura 14: Gráfico percentual da ocupação do solo da bacia (1992 -2022), Mapbiomas, Brasil.

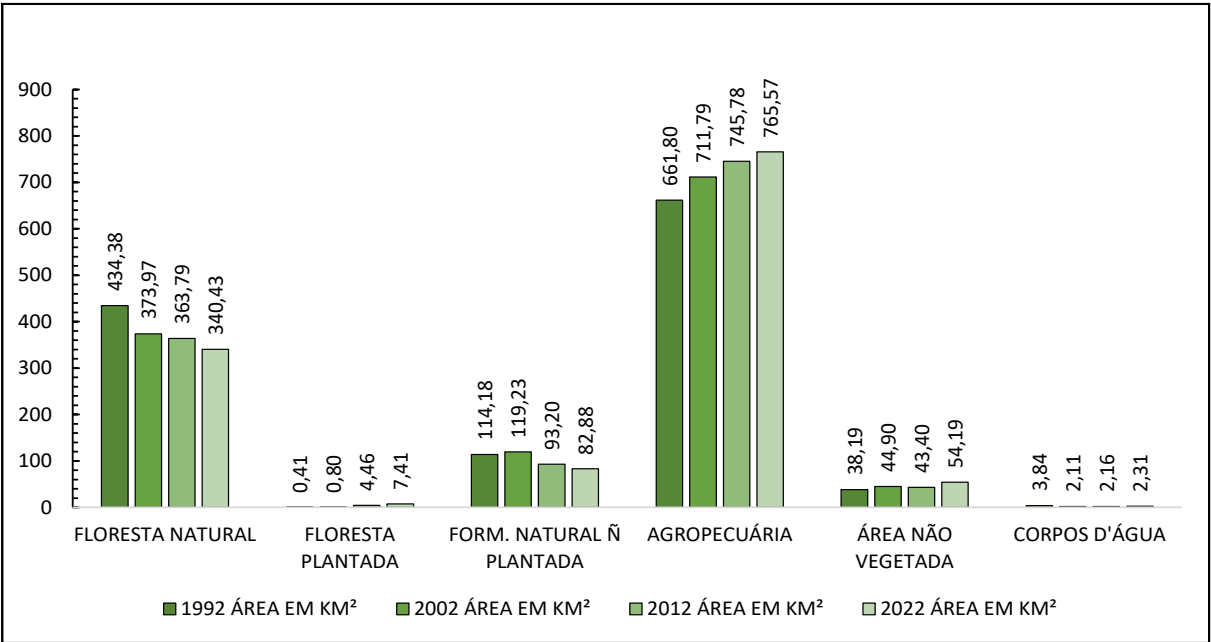


Figura 15: Gráfico em km² da área de uso e ocupação do solo da bacia (1992 - 2022), MapBiomas, Brasil.

Ainda é possível observar nas Figuras 14 e 15 um pequeno aumento dos corpos d'água na bacia em estudo no período de 2012 a 2022. Tal aumento pode estar relacionado ao número de pequenas barragens outorgadas no mesmo período e constatado no aumento de captação hídrica para dessedentação animal, conforme verificado nas Figuras 19 e 20 deste estudo.

3.3.2 Características Geológicas

A bacia hidrográfica do rio Areias possui em sua estrutura geológica 10 conjuntos litológicos na sua formação, conforme demonstrado na Figura 16.

O Grupo Canastra Litofácies 1 ocupa a maior parte da região da bacia e se caracteriza por constituir filitos variados, os quais incluem clorita filitos, quartzitos finos e mármore finos cinza-claro. Apresentam idade meso/neoproterozoica, com unidades impermeáveis, pequena capacidade de infiltração e maior potencial erosivo (CAMPOS, 2004).

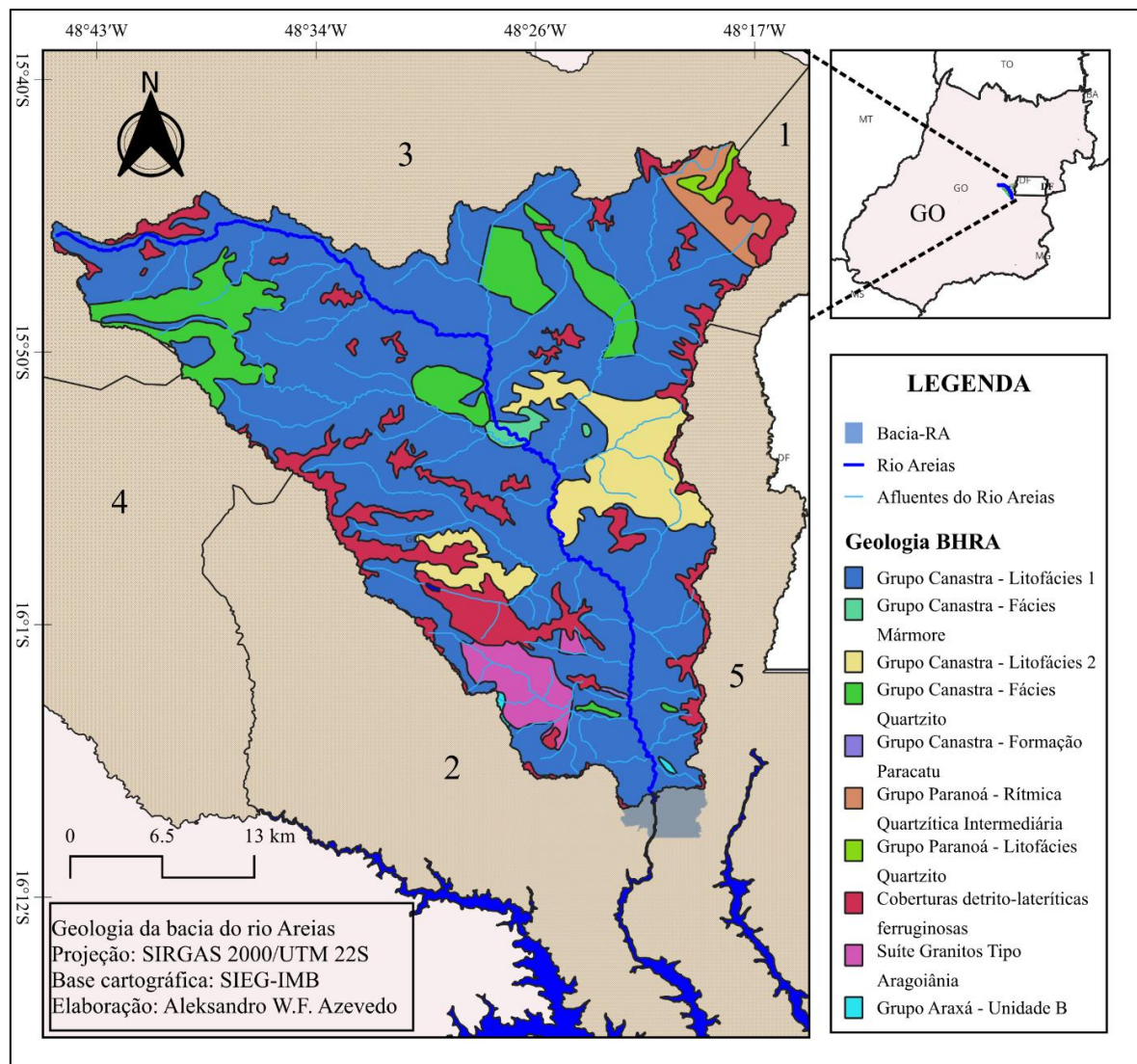


Figura 16: Geologia da bacia do rio Areias, SI-Mapbiomas, Brasil.

Na região a montante do rio Areias (Figura 16) o solo se apresenta como de natureza porosa que, segundo Manzione (2015) em um meio com alta porosidade e alta permeabilidade são encontrados bons aquíferos por favorecerem o fluxo e renovação das águas, com transmissão entre as regiões.

A geologia condiciona a localização do nível freático, que tem grande importância para o fenômeno da evapotranspiração, a permeabilidade dos terrenos e, conseqüentemente, a infiltração, fenômeno que está na base da recarga dos aquíferos (HIPÓLITO; VAZ, 2017).

Os solos dos Grupos Canastra estão classificados, de acordo com a Classificação Brasileira de Solos (CBS) como Cambissolos e Latossolos. Tais solos são predominantes na bacia hidrográfica do rio Areias, conforme demonstrado na Figura 17.

Segundo Sartori *et al.* (2005) os Cambissolos, geralmente, apresentam alta suscetibilidade à erosão associada ao grande potencial de escoamento superficial. Os Latossolos possuem grande porosidade, permitindo boa drenagem interna, baixo potencial de escoamento superficial, mas quando submetidos à concentração d'água proveniente da ocupação antrópica, podem desenvolver ravinas profundas.

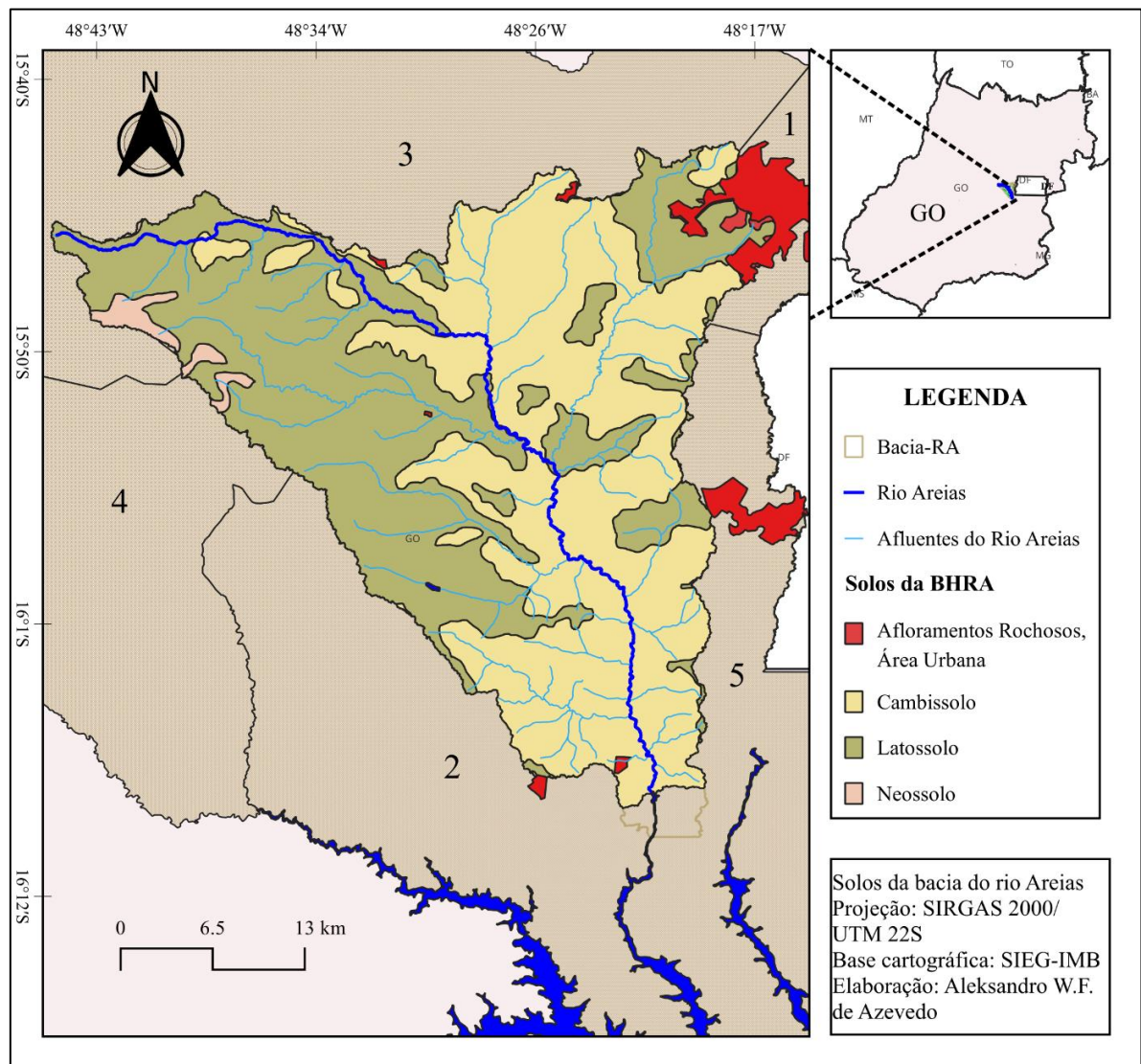


Figura 17: Características do solo da bacia do rio Areias, SIAG, GO, Brasil.

3.4 Consumo e Retirada Hídrica

A respeito dos dados de retirada e consumo hídrico nos cinco municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do rio areias, evidenciou-se que nos últimos vinte anos houve um aumento (Figuras 18 e 19) para o uso de abastecimento urbano, industrial e sedentação animal e uma diminuição para o uso de irrigação.

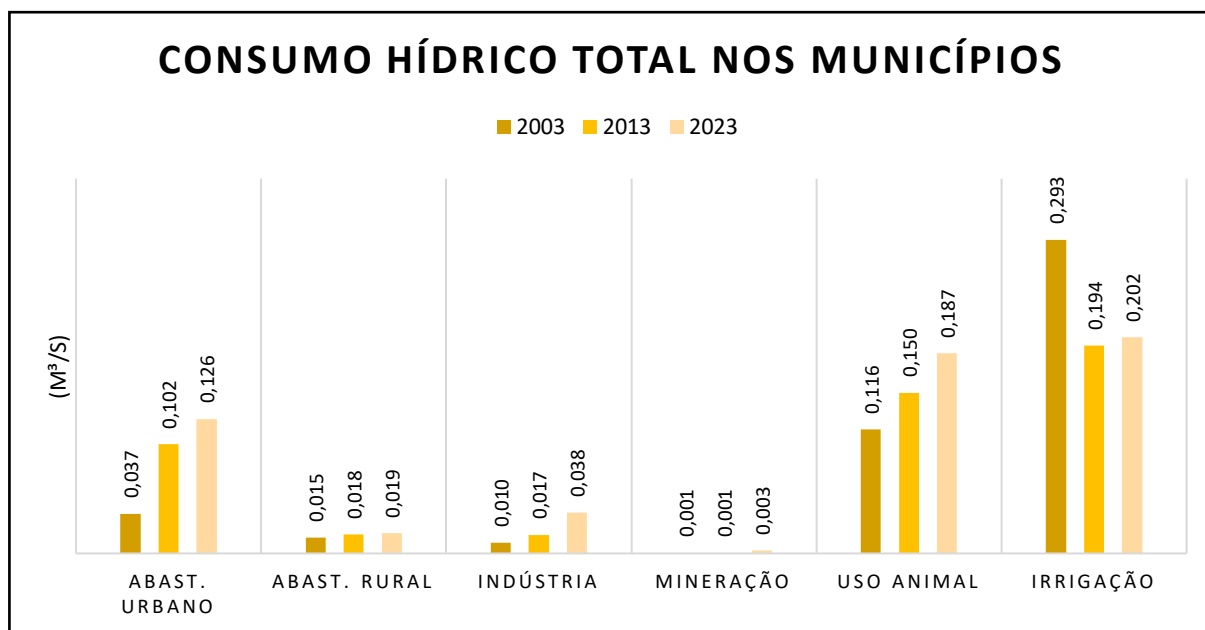


Figura 18: Consumo hídrico nos municípios que compõem a bacia do rio Areias, GO – ANA

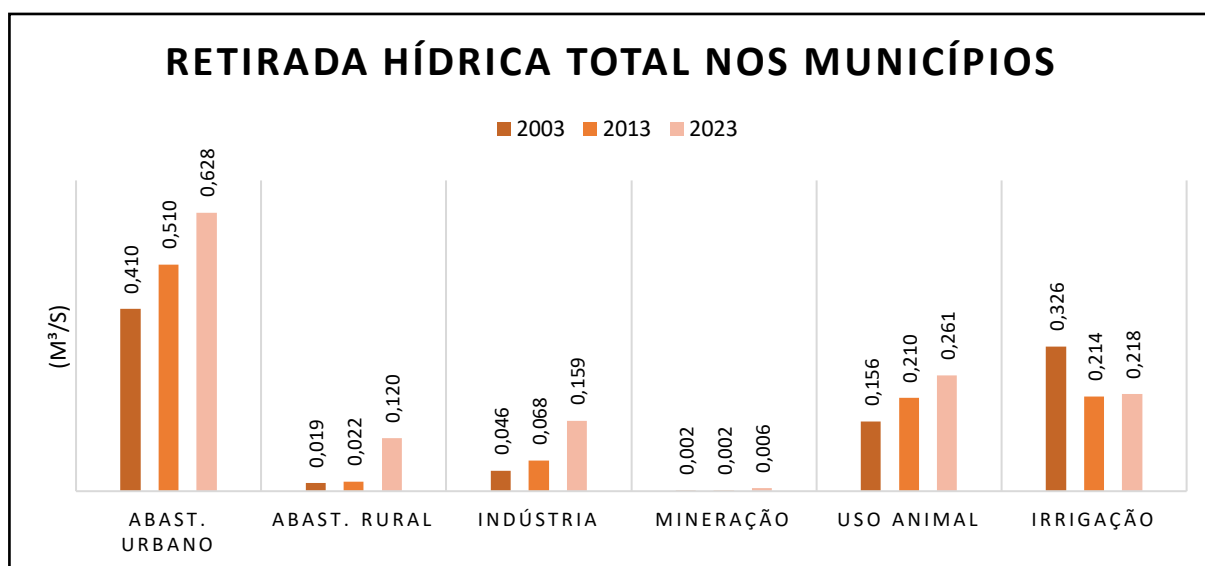


Figura 19: Retirada hídrica nos municípios que compõem a bacia do rio Areias – ANA

Ainda sobre captação e consumo dos recursos hídricos na bacia, verificou-se um número elevado de captação de águas subterrâneas próxima aos afluentes do rio principal (rio Areias), tendo uma maior concentração de captação a região nordeste da bacia, localizada no município de Águas Lindas de Goiás (Figura 20).

Segundo Hipólito e Vaz (2017), a entrada de água no aquífero subterrâneo por meio de recarga está em equilíbrio com a saída de água, seja para um rio, uma fonte, ou por evaporação no caso de aquíferos pouco profundos. A extração de água do aquífero vai, desta forma, reduzir o potencial hídrico de uma ou mais descargas.

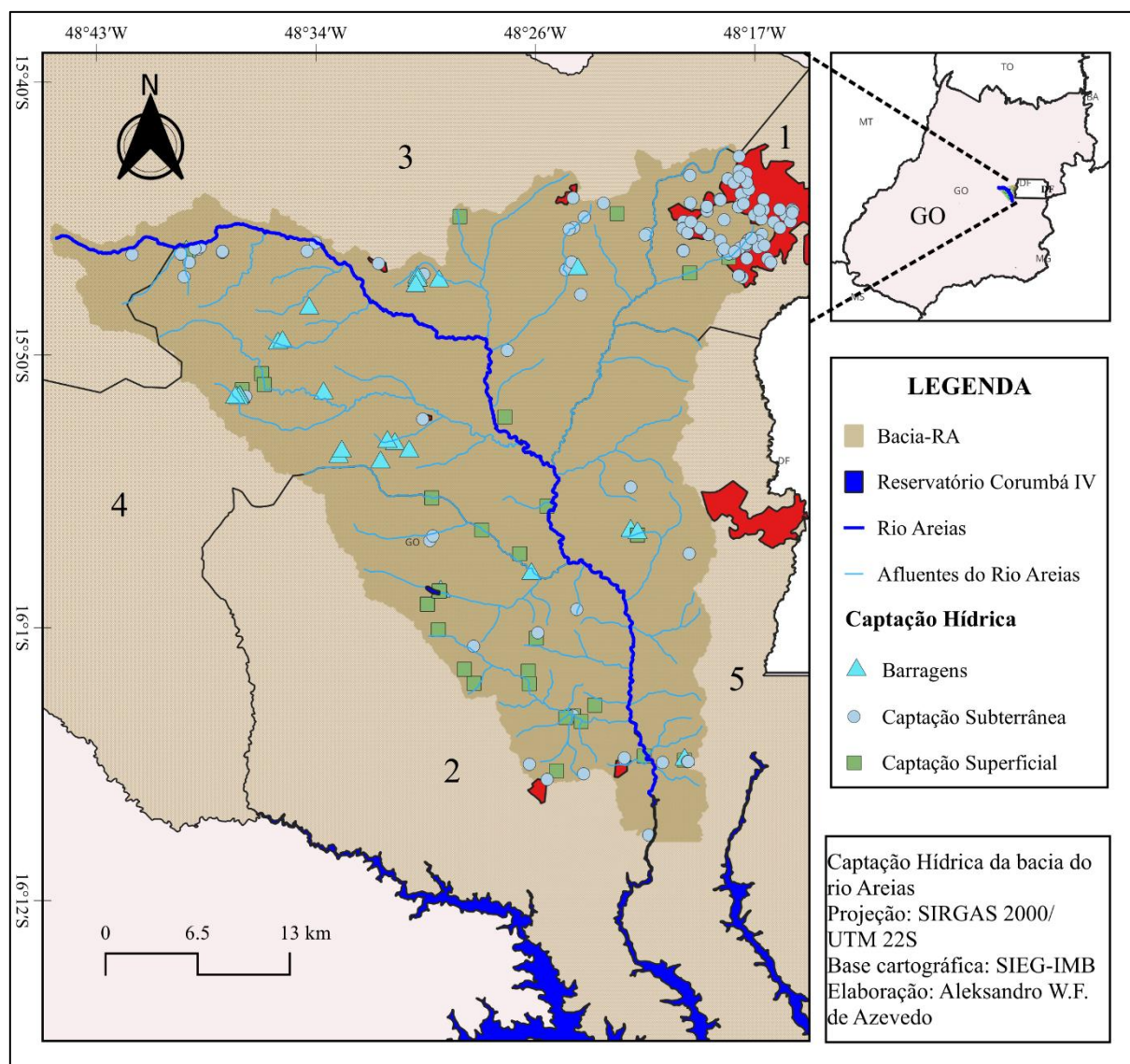


Figura 20: Captações hídricas outorgadas na bacia do rio Areias, SIEG, Goiás, Brasil.

As águas superficiais e subterrâneas são parte de um único ciclo hidrológico. Sua interface, normalmente ocorre na forma de infiltração e percolação e na ocorrência de nascentes ou fontes (DORNELLES; COLLISCHONN, 2021).

É possível inferir que a grande concentração de captação hídrica subterrânea demonstrada na Figura 21 está relacionada com o aumento populacional da região nos últimos vinte anos, percebida na Figura 22.

Segundo Manzione (2015), os diferentes processos de captação hídrica realizada por ações antrópicas dentro da bacia hidrográfica podem acarretar contaminação e desequilíbrio no balanço hídrico das bacias. A extração de água por meio de poços artesianos causa impactos sobre a disponibilidade de água superficial. Existem situações em que a presença de um poço diminui o aporte de água do aquífero para um rio.

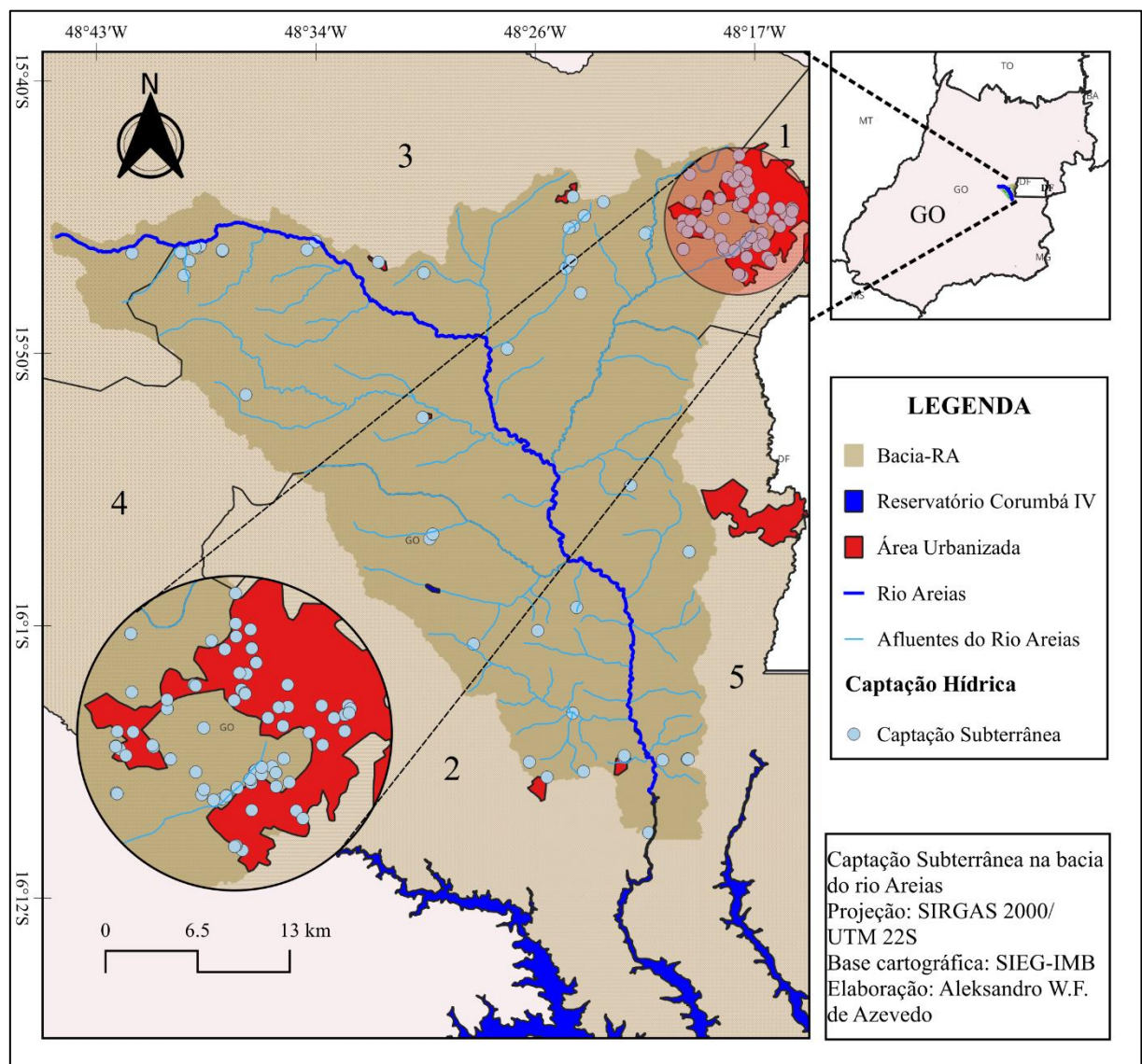


Figura 21: Captações hídricas subterrâneas outorgadas na BHRA, SIEG, Goiás, Brasil.

Assim como evidenciado no DF, Campos (2004), na região da bacia hidrográfica do rio Areias as obras de captação de águas profundas muitas vezes são realizadas junto a inúmeros focos de contaminação (principalmente fossas sépticas ou negras).

O aumento populacional, demanda um maior consumo de recursos hídricos, como já observado em pesquisa realizada por Campos (2004) no Distrito Federal ao constatar que; com o aumento da expansão dos condomínios e a ampliação de núcleos urbanos consolidados, a água subterrânea passou a desempenhar um papel significativo no abastecimento público, como também verificado neste estudo, principalmente em Águas Lindas de Goiás (Figuras 21 e 22).

Em levantamento feito sobre o aumento populacional da região nos últimos 20 anos representado na Figura 22 e tendo como fonte o site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), constatou-se que, dos cinco municípios que compõem a BHRA, Águas Lindas de Goiás foi o que evidenciou maior aumento populacional, passando de 105 mil habitantes para 225 mil habitantes, um aumento de 114,29 % em sua população, sendo o 4º município mais populoso do Estado de Goiás e tendo aproximadamente 23% de sua área territorial urbanizada.

Em seguida, está o município de Cocalzinho de Goiás que, apesar de possuir um número pequeno de habitantes, seu aumento representa uma variação de 72,41% de sua população nos últimos 20 anos.

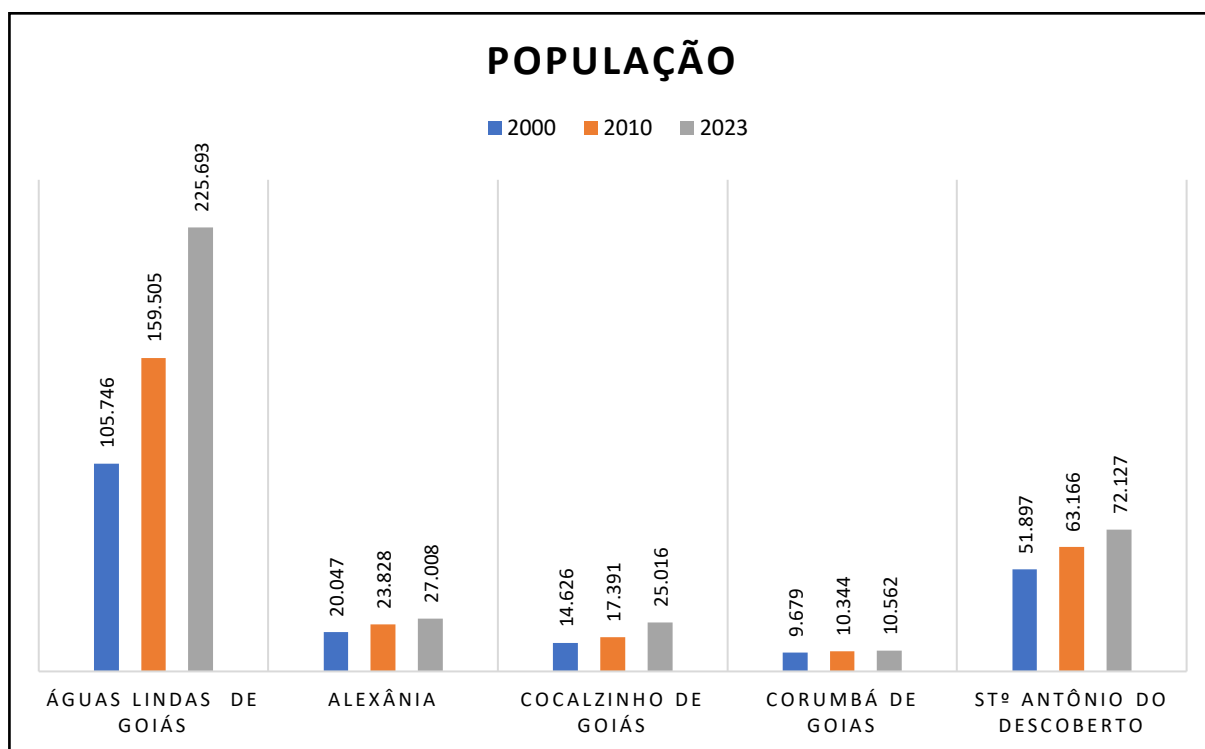


Figura 22: Crescimento populacional dos municípios da bacia do rio Areias – IBGE.

3.5 Ocupação e Intervenção Antrópica

Estudos realizados por Ferrigo *et al.* 2014 na bacia hidrográfica do córrego Capão Comprido no Distrito Federal e entorno correlacionam as mudanças de uso e ocupação do solo com o aumento da intensidade da impermeabilização do solo e em conexão a conversão de propriedades rurais em loteamentos de baixa densidade.

Essa situação é análoga ao processo de ocupação e uso do solo que vem sofrendo a bacia hidrográfica do rio Areias, como identificados nas Figuras 23, 24, 25 e 26.

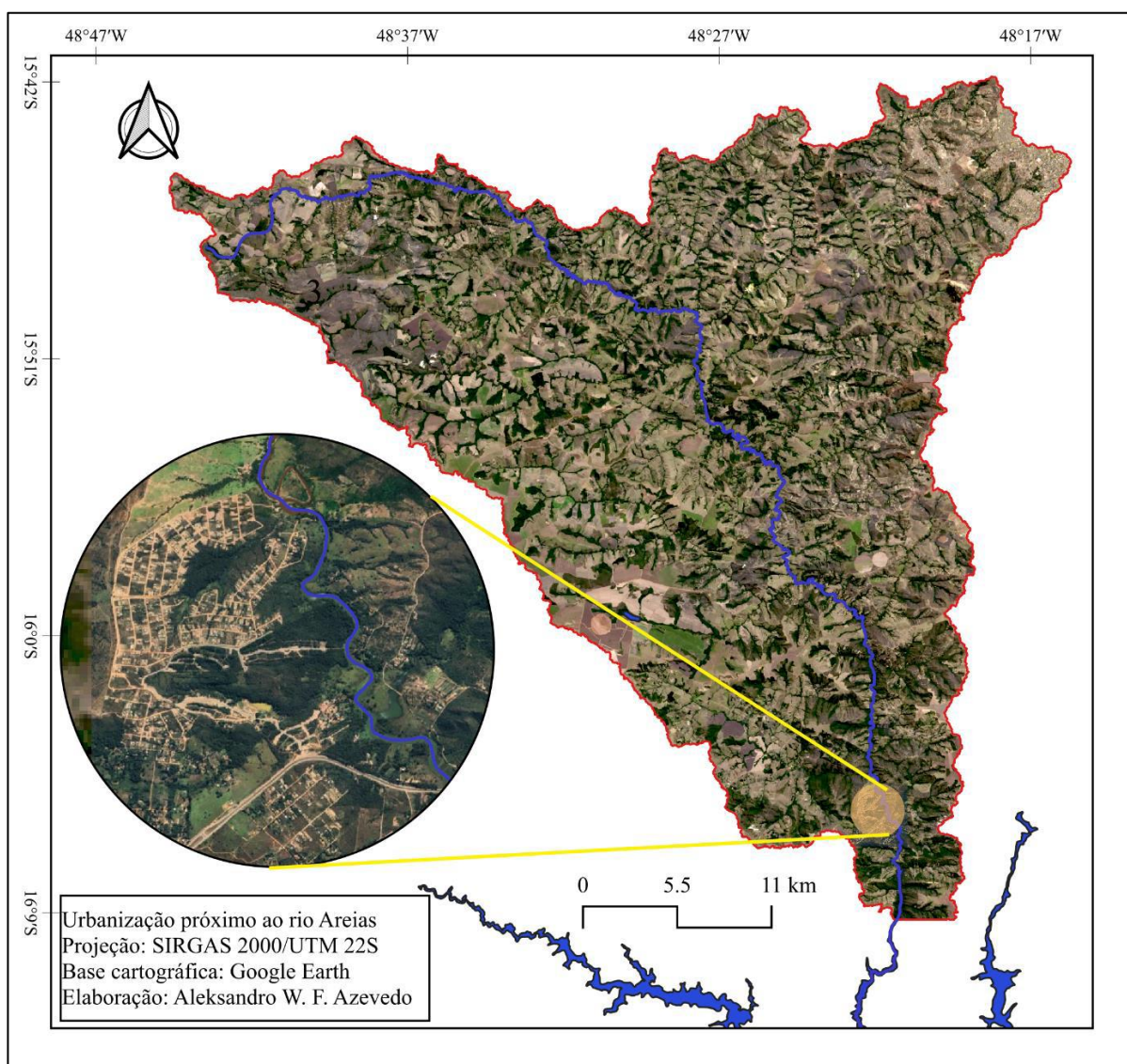


Figura 23: Mapa da expansão urbana próximo ao rio Areias.



Figura 24: Processo de urbanização rural - Google Earth.

Com relação as atividades antrópicas que ocorrem dentro da bacia, observou-se através de imagens de satélite um extenso parcelamento de terras em alguns pontos a margem do rio Areias (Figuras 24, 25 e 26). Esses parcelamentos de terras dão origem a uma série de condomínios que tem sido criado na região.

A grande maioria desses assentamentos chamados de condomínio captam seus recursos hídricos por meio de poços de captação de águas subterrâneas, onde, muitos desses poços não contam na relação de poços outorgados pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado de Goiás. Estudos como os de Manzione (2015) já têm demonstrado que a captação de águas subterrânea impacta a disponibilidade hídrica superficial, interferindo no processo de recarga hídrica.



Figura 25: Criação de condomínios rurais 2013 - Google Earth.

O aumento populacional de uma determinada região requer que ordenamento e parcelamento do solo seja realizado de maneira que não impacte ou impacte minimamente o meio ambiente e os recursos hídricos ali existentes.

De acordo com Poletto (2014), o escoamento em rios, lagos e outros corpos d'água é o resultado da soma das parcelas de escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo. Modificações em qualquer uma dessas parcelas, através de atividades antrópicas, alterarão profundamente os corpos d'água, podendo levar à escassez de água em toda região.

A urbanização exerce um grande impacto na bacia hidrográfica por substituir grandes áreas com diversos graus de permeabilidade por áreas impermeáveis. Esta impermeabilização resulta na diminuição da retenção superficial e da infiltração, e, conseqüentemente, no aumento do volume do escoamento superficial no período de chuvas (HIPÓLITO; VAZ, 2017).



Figura 26: Criação de condomínios rurais 2023 - Google Earth.

Estudos realizados por Tucci (2002) estabeleceram relações entre áreas impermeáveis e parâmetros de urbanização, chegando à seguinte conclusão quantitativa:

- Um habitante introduz cerca de 49 m² de área impermeável numa bacia.
- Para cada 10 % de aumento de área impermeável ocorre cerca de 100 % de aumento no coeficiente de escoamento de cheia e volume de escoamento superficial.
- Apenas o arruamento produz o aumento do volume e do coeficiente de escoamento de 260 %, e para cada 13 % de ocupação com área impermeável no lote ocorre aumento de 115 % no coeficiente de escoamento.

Concomitante à expansão da criação de condomínios rurais dentro da bacia hidrográfica do rio Areias, a supressão de vegetação natural associada à retirada das florestas e matas ciliares têm causado significativas alterações do ponto de vista ecológico, prejudicando as interações tanto para o domínio abiótico quanto para o biótico.

Segundo Wu *et al.* (2003), quanto mais intensivo o uso do solo, mais significativas são as alterações causadas às suas propriedades físico-químicas e biológicas, acarretando à erosão hídrica.

O processo de retirada da vegetação natural, assim como das matas ciliares por pressão antrópica não se relaciona apenas com a expansão urbana, mas, também, com a expansão de áreas diretamente afetadas pela agricultura, implantação de pastagens e aberturas de acesso do gado aos cursos d'água, como mostram as Figuras 26, 27 e 28.



Figura 27: Processo de urbanização rural com perda de mata ciliar na bacia do rio Areias, GO.

A retirada das florestas e matas ciliares reduz sensivelmente a capacidade de retenção e percolação da água das chuvas no solo, havendo menor reposição hídrica nos lençóis freáticos e maior escoamento superficial, o que, em momentos de pico, ocasiona o transporte de em massa de sedimentos para o leito dos corpos d'água (PERIOTTO; CIELO FILHO, 2014).

Na Figura 27, observa-se não só a supressão da vegetação nativa ao longo do rio Areias, como também a construção de barragem.

Levantamento feito pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Goiás (SEMAD) aponta que existem no Estado, aproximadamente 40 mil barragens. Destas, cerca de 33 mil já tinham sido cadastradas no Sistema Estadual de Informações sobre Segurança de Barragens (SEISB) até o final de 2023.

Sabe-se que muitas dessas barragens em propriedades rurais, sejam para fins de irrigação ou dessedentação animal, não foram construídas com acompanhamentos técnicos adequados, podendo, desta forma, ocorrer desmoronamento do talude ou transbordo e causar diversos impactos ambientais como erosões e contaminação hídrica.



Figura 28: Supressão de mata ciliar e construção de barragem na bacia do rio Areias, GO.



Figura 29: Supressão de mata ciliar e vegetação nativa na bacia do rio Areias, GO.

As matas ciliares, de acordo com o inciso I do art. 4º da Lei 12.651/2012, são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) e devem possuir nas faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, desde a borda da calha do leito regular, largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura. Também estabelece a obrigatoriedade de manutenção de áreas de “reserva legal” e define regras para a compensação ambiental em casos de supressão de vegetação.

Observa-se nas figuras 26 a 28 o total descumprimento da legislação supracitada com supressões significativas das faixas de vegetação marginais ao rio areias e consequente dano ambiental na região.

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás criou em 2024 o Inã - plataforma (aplicativo) para recepcionar denúncias de desmatamento, queimadas, poluição, emergências ambientais e atropelamento de animais silvestres – com objetivo de intensificar a fiscalização sobre irregularidades ambientais dentro do Estado.

Em agosto de 2024, houve uma autuação de supressão vegetativa dentro da bacia hidrográfica do rio Areias feita pelo órgão ambiental, na região de Savana Parque (Figura 30).

A Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) tipifica como crime a destruição de vegetação nativa sem autorização, estabelecendo multas e penas para infratores.

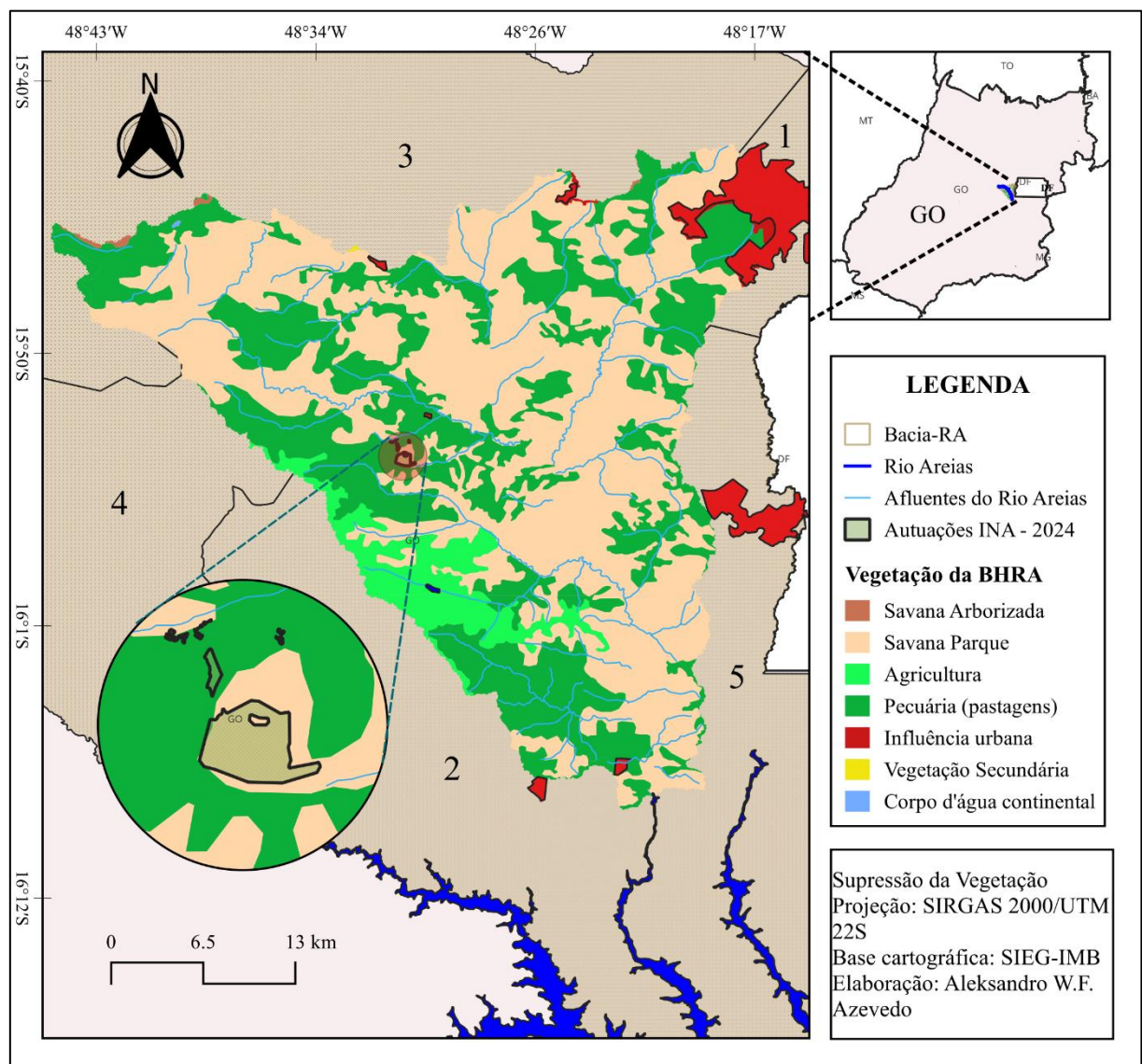


Figura 30: Supressão vegetativa dentro da bacia hidrográfica do rio Areias, autuações INA-2024.

A supressão da cobertura vegetal nativa, em qualquer subsistema do Cerrado, desencadeia o desequilíbrio afetando a recarga dos aquíferos, desaparecendo assim, o lençol freático, diminuição drástica da reserva dos aquíferos e um processo de diminuição da perenidade de córregos e rios (ALONSO, 2009).

O estudo apresentou limitações quanto aos dados obtidos nas séries históricas pluviométricas das estações pesquisadas por apresentarem lacunas de informações em alguns períodos mensais analisados.

Sugere-se que estudos relacionados à contaminação do solo e da água, assim como à produção e armazenagem do lixo em zonas rurais da bacia hidrográfica do rio Areias possam dar continuidade às análises sobre a intervenção antrópica na bacia. Também a criação do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Areias para implantação da política de gerenciamento dos recursos hídricos com atribuições já definidas no artigo 38 da Lei Federal nº 9.433/97.

4 CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do rio Areias, assim como tantas outras bacias, compõe o sistema biogeográfico do Cerrado com sua biodiversidade e pluralidade socioambiental.

As análises sobre os dados de fisiometria e morfometria da bacia hidrográfica do rio Areias revelaram que a bacia possui áreas com possibilidade de erosão, escoamento lento e maior capacidade de acumulação de água.

O estudo da bacia do rio Areias mostrou o crescimento de áreas urbanas próximos e dentro da área de estudos, impactando a demanda por consumo e retirada hídrica.

Expansão de áreas de pastagem e supressão de florestas e matas ciliares que impactam a composição do solo a percolação da água da chuva no solo, podendo causar sérios desequilíbrios no seu ecossistema.

Com a análise do perfil geológico da bacia hidrográfica do rio Areias e dos dados morfométricos de densidade de drenagem constatou-se que a região Centro/Sul da bacia está mais suscetível a escorregamentos superficiais, podendo ser potencializado por causa da expansão urbana e retirada de vegetação natural.

A identificação de toda e qualquer ação humana que possa se materializar como potencial agente de degradação dos recursos hídricos, em especial, a redução da vazão e comprometimento na qualidade das águas se torna imperativo para o estudo da bacia hidrográfica, uma vez que a interpretação de possíveis pontos críticos de vulnerabilidade ambiental permitiram colher informações relevantes sobre as condições hidrogeológicas da região estudada.

O estudo sobre as características morfofisiológicas da bacia e da análise das intervenções dentro dela procurou trazer elementos de pesquisa que pudessem contribuir para a observância de uma gestão integrada dos recursos naturais superficiais e subterrâneos como definição de estratégia para minimizar os impactos já causados na bacia e prevenir demais degradações.

Uma vez que a gestão dos recursos hídricos traz como fundamentos o domínio público da água, sua natureza limitada, importância econômica e prioriza como uso o consumo humano e a dessedentação de animais, é vital que o diagnóstico dos recursos hídricos e a análise dos padrões de ocupação do solo tragam informações que ajudem a dirimir possíveis conflitos de disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio areias.

5 AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pelo privilégio do seu infinito amor em minha vida e por ter me dado forças para chegar até aqui.

Minha adorável esposa e companheira de todas as horas, Bárbara, pela ajuda e paciência durante esse caminho percorrido.

Aos professores do CRENAC, em especial a professora Débora Astoni e o professor André Castro pela dedicação, orientação e apoio.

Aos colegas do curso de mestrado por compartilhar seus conhecimentos e pela solidariedade durante todo o curso. Também pelo carinho, amizade e respeito.

Aos professores Leonardo Pedroso e Cássia Corrêa por terem aceitado participar de minha banca e contribuído com seus saberes e experiências para o meu crescimento acadêmico e profissional.

E, por fim, ao meu amigo e orientador prof. Dr. Leandro Salomão que com paciência e sabedoria, ajudou-me na condução desse trabalho e pelo apoio e confiança a mim dados incondicionalmente.

6 REFERÊNCIAS

ADLER, R.F.; HUFFMAN, G.J.; CHANG, A.; FERRARO, R.; XIE, P.P.; *et al.* The version-2 global precipitation climatology project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979-present). **Journal of Hydrometeorology**, v. 4, n. 6, p. 1147-1167, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA (ANA). www.ana.gov.br. Acesso em: 15 fev. 2024.

ALONSO, A.; COSTA, V. **Por uma Sociedade dos Conflitos Ambientais no Brasil**. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2020. Disponível em: <https://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20100930023420/7alonso.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 109, n. 6, p. 470, 9 jan. 1997.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Diário Oficial da União, Brasília, 13 mai. 2011.

BRASIL; Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: Cerrado**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2011.

CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1, p. 41-48, 2004.

CAMPOS, J.O.; CHAVES, H.M.L. Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período de 1977-2010. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 157-169, 2020.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenheiros e ciências ambientais**. Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 3. ed. 2021.

DAVIN, E.L.; DE NOBLET-DUCOUDRÉ, N. Climatic Impact of Global-Scale Deforestation: Radiative versus Non-radiative Processes. **American Meteorological Society**, v. 23, n. 1, p. 97-111, 2010.

DYMINSKY, A. S. **Contaminação de Solos e Águas Subterrâneas**. Material de aula. Universidade Federal do Paraná. Publicado na web em outubro de 2006. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/Contaminacao%20de%20solos.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

FERRIGO, S.; TÁVORA, B.E.; MINOTI, T.; *et al.* **Avaliação de Possíveis Impactos das Mudanças climáticas e do uso do Solo sobre a Produção de Sedimentos em Bacia Hidrográfica no Distrito Federal**. XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, ABRH, 2014.

FONSECA, D. S. R. *et al.* Diagnóstico do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Pandeiro-MG como subsídio para estudos de impacto ambiental. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, v. 1, n. 1, p. 1-20, jan/julho. 2011.

GOIÂNIA. Lei nº 13.123, de 16 de julho de 1997. **Estabelece normas de orientação à política estadual de recursos hídricos, bem como ao sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos e dá outras providências**. Diário Oficial, Goiânia, 1997. Disponível em: https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/82217/lei-13123. Acesso em: 12 mar. 2024.

HIPÓLITO, J. R.; VAZ, A. C. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. 3. ed. Lisboa, Pt.: Ed. Press, 2017.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. **Revista Megadiversidade**, v. 1, n. 1, julho. 2005.

LIBÂNEO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas-SP: Átomo, 2016.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do Cerrado. **Ciência e Cultura**, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011.

MANZIONE, R. L. **Águas Subterrâneas: Conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar**. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2015.

MARCHESAN, J.; FUNEZ, L. M. **Gestão da água em bacias hidrográficas: práxis coletivas de educação ambiental**. Curitiba, PR: Apris, 2017.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

PERIOTTO, F.; CIELO FILHO, R. A Mata Ciliar: **Conceituação, Considerações sobre Conservação, Ecologia e Recuperação**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

POLETO, C. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, P. R. C. D; CABRAL, J. **Análise dos solos, formação, classificação e conservação do meio ambiente**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

SARTORI, A. *et al.* **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**, v. 10 n. 4 Out/Dez, p. 05-18, 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (Goiás). **Relatório estadual de segurança de barragens-RESB-2023**. [Goiânia: SEMAD], 2023. Disponível em: https://goias.gov.br/meioambiente/wp-content/uploads/sites/33/files/barragens/Rel_Barragens_23.pdf. Acesso em: 18 fev. 2025.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10 n. 1 Jan/Mar, p. 05-24, 2005.

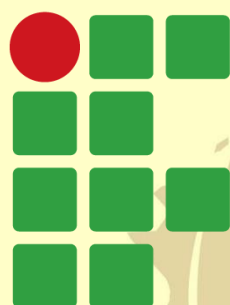
TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. **Introdução ao QGis 30.1**: OSGEO4W-3.30.1. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2024.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade – UFRGS, 2002.

UCHÔA, J. G. S. M. *et al.* Potencial generalizado de vazamento de vazão em todo o Brasil. **Nature Communications**, v.15 , nov. 10211 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54370-3>.

VASQUEZ, B. A. F.; WINCK, B. R. **Erosão** – Princípios e Recomendações de Controle. Interciência, 2014.

WU, L. FENG, G.; LETEY, J.; FERGUNSON, L.; MITCHELL, J.; MCCULLOUGH-SANDEN, B.; MARKEGARD, G. Soil management effects no limiting water range. **Geodema**, v. 114, p. 401-414, 2003.



**INSTITUTO
FEDERAL**

Goiano

Campus
Urutaí

