



BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VAZÃO NA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO VERDINHO

André Pereira Da Silva

Rio Verde – GO 2025

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS RIO VERDE.**

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VAZÃO NA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO
VERDINHO**

ANDRÉ PEREIRA DA SILVA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal
Goiano Câmpus Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Bacharel em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr. Lucas Peres Angelini

Rio Verde - GO Maio, 2025

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

S586a Pereira Da Silva, Andre
 ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VAZÃO NA BACIA
 HIDROGRAFICA DO RIO VERDINHO / Andre Pereira Da
 Silva. Rio Verde 2025.

 48f. il.

 Orientador: Prof. Dr. Lucas Peres Angelini.
 Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220074 -
 Bacharelado em Engenharia Ambiental - Integral - Rio Verde
 (Campus Rio Verde).

 1. Variação de vazão. 2. Rio Verdinho. 3. Recurso Hídricos. 4.
 Cerrado. 5. Séries Temporais. I. Título.



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

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

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), 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 Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica (assinale com X)

- ☐ Tese
- ☐ Dissertação
- ☐ Monografia – Especialização
- ☐ Artigo - Especialização
- ☒ TCC - Graduação
- ☐ Artigo Científico
- ☐ Capítulo de Livro
- ☐ Livro
- ☐ Trabalho Apresentado em Evento
- ☐ Produção técnica. Qual: _____

Nome Completo do Autor: **André Pereira da Silva**

Matrícula: 2018102200740063

Título do Trabalho: **ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VAZÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDINHO - GO**

Restrições de Acesso ao Documento [Preenchimento obrigatório]

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:

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:

1. 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;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano 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;
3. Cumprir 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 Goiano.

Rio Verde, 11 de agosto de 2025

André Pereira da Silva

Assinado eletronicamente pelo o Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Lucas Peres Angelini

Assinatura eletrônica do(a) orientador(a)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/08/2025 09:24:15.
- **André Pereira da Silva, 2018102200740063 - Discente**, em 11/08/2025 09:40:54.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/05/2025. 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: 704817

Código de Autenticação: c6c78ee2b0



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000



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

Ata nº 15/2025 - CCBEAMB-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

No dia 09 de Maio de 2025, às 14 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Lucas Peres Angelini (orientador), Raysa Moraes Castro (membro), Alinne de Assis Veras Queiroz (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA VAZÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDINHO - GO**" da estudante **André Pereira da Silva**, Matrícula nº 2018102200740063 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do Trabalho de Curso. Após a apresentação do estudante houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora reuniu-se e decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Lucas Peres Angelini

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Raysa Moraes Castro

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Alinne de Assis Veras Queiroz

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/05/2025 14:59:37.
- **Alinne de Assis Veras Queiroz, 2022202331440006 - Discente**, em 09/05/2025 15:02:54.
- **Raysa Moraes Castro, 2022102320140012 - Discente**, em 09/05/2025 15:05:00.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/05/2025. 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: 704810

Código de Autenticação: fa32a5d727



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Roseni Pereira e Arnaldo Almeida.

Aos meus irmãos Rafael Pereira e Ruan Pereira

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as bênçãos e por mais essa conquista na minha vida.

Aos meus pais Roseni Pereira e Arnaldo Almeida, por todo amor, incentivo, carinho, ensinamentos e compreensão nesses anos importantes da minha vida, por nunca medir esforços para que meus sonhos sejam concluídos.

Ao meu irmão Ruan Pereira que me ajudou na adaptação geral dessa minha fase de estudos.

Ao meu irmão Rafael Pereira que sempre me incentivou e torceu pelo meu sucesso e meu bem.

A minha amiga Murielle Pereira e sua mãe, por sempre estar do meu lado e pela paciência, apoio, incentivo e companheirismo nesta etapa.

A minha prima Lívia Caldas, que me acolheu no começo de tudo.

A minha prima Adriana Caldas, que me deu oportunidade de emprego para me ajudar nesta fase.

Ao meu orientador, Lucas Angelini, que sempre esteve a disposição para me ajudar com muita paciência. Obrigado por tudo.

A todos meus professores nesse período no Instituto Federal Goiano, por todo ensinamento e paciência.

1. RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar temporalmente as variações das vazões na bacia do rio Verdinho de 1971 a 2022. A pesquisa aborda a temática de monitoramento hidrológico com foco na análise das flutuações de vazão ao longo do tempo. A relevância do estudo reside na importância de compreender o comportamento hídrico para gestão sustentável dos recursos hídricos locais, considerando também as mudanças causadas pela ação humana. Para atingir os objetivos, utilizou-se análise estatística de séries temporais, com a coleta de dados de vazão por meio de estações fluviométricas instaladas na bacia. A análise dos dados foi realizada com técnicas de modelagem hidrológica e ferramentas de estatística descritiva. Os resultados obtidos indicam que as vazões apresentam variações significativas ao longo das estações do ano, com picos durante o período chuvoso e quedas acentuadas na seca. Verificou-se que os padrões de vazão estão diretamente relacionados aos índices pluviométricos regionais, além de serem influenciados por atividades humanas, como desmatamento e uso intensivo da água para irrigação. Esses resultados contribuem para o aprimoramento das políticas de gestão da água na região. Conclui-se que a bacia do rio Verdinho apresenta uma dinâmica de vazão altamente sensível à sazonalidade climática e às intervenções humanas. A pesquisa demonstrou que o monitoramento contínuo é essencial para prever eventos extremos e planejar o uso racional dos recursos hídricos. Sugere-se que estudos futuros explorem a modelagem preditiva para aprimorar a capacidade de gestão, considerando cenários de mudanças ambientais e sociais.

Palavras-chave: Variação de vazão; Rio Verdinho; Recurso Hídricos; Cerrado; Séries Temporais.

2. ABSTRACT

SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF FLOW IN HYDROGRAPHIC BASIN

AUTHOR: ANDRE PEREIRA DA SILVA ADVISOR: LUCAS PERES ANGELINI

This work aims to temporally assess flow variations in the Verdinho River basin. The research addresses the topic of hydrological monitoring, focusing on analyzing flow fluctuations over time. The study's relevance lies in the importance of understanding water behavior for the sustainable management of local water resources, also considering changes caused by human activities. To achieve the objectives, statistical analysis of time series was used, with flow data collected through fluvimetric stations installed in the basin. Data analysis was carried out using hydrological modeling techniques and descriptive statistical tools. The results indicate that flows show significant variations throughout the seasons, with peaks during the rainy season and sharp drops during dry periods. It was found that flow patterns are directly related to regional rainfall indices and influenced by human activities, such as deforestation and intensive water use for irrigation. These results contribute to improving water management policies in the region. It is concluded that the Verdinho River basin has a flow dynamic highly sensitive to climatic seasonality and human interventions. The research demonstrated that continuous monitoring is essential to predict extreme events and plan the rational use of water resources. It is suggested that future studies explore predictive modeling to enhance management capacity, considering environmental and social change scenarios.

Keywords: Flow variation, Watershed, Verdinho River, Hydrological monitoring, Water resource management, Human action

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1:Uso e ocupação do Brasileiro

24

FIGURA 2: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, sudoeste de Goiás

25

FIGURA 3: Mapa da declividade da bacia hidrográfica do Rio Verdinho

30

FIGURA 4:Vazão média anual

33

FIGURA 5: Vazão média mensal

34

FIGURA 6: Vazão média máxima anual

36

FIGURA 7: Vazão média máxima mensal

37

FIGURA 8: Vazão média mínima anual

39

FIGURA 9: Vazão média mínima mensal

40

FIGURA A: Área na bacia em 1971

42

FIGURA B: Área na bacia em 2022

42

FIGURA 8: Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Verdinho

43

LISTAS DE TABELAS

TABELA 1: Área de cada município na Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho	27
TABELA 2: Médias mensais de vazão	31
TABELA 3: Médias anuais de vazão.....	33
TABELA 4: Vazões máximas mensais.....	35
TABELA 5: Vazões mínimas mensais	38
TABELA 6: Variações anuais de El Niño e La Niña	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1 1. Objetivos

III Objetivo Geral

II2 Objetivo Específicos

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização da área: Rio Verde - Goiás

2.2. Mudança da vazão

2.3. Impactos causados

2.4. Geoprocessamento: SIG

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização da área da bacia

3.2. Materiais

3.3. Metodologia

3.3.1. Projeção da Bacia

3.3.2. Elaboração de Mapas

3.3.3. Mapa da Declividade

3.3.4. Mapa do Uso e Cobertura do solo

3.3.5. Mapa do Clima

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. CONCLUSÃO

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INTRODUÇÃO

A região Centro-Oeste do Brasil, composta pelos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, tem se destacado nas últimas décadas como um dos principais polos de desenvolvimento econômico do país (MENDONÇA & JÚNIOR, 2024). Esse crescimento acelerado e a transformação territorial observados na região são resultado direto da modernização do agronegócio, processo que remodelou profundamente a estrutura produtiva local e a inseriu com força no mercado globalizado (CARVALHO, et al., 2020). O avanço desse setor não só impulsionou a economia regional, como também impactou a configuração do território, transformando áreas anteriormente destinadas à agricultura de subsistência em grandes monoculturas de commodities agrícolas, como soja, milho e carne. Essa transição evidenciou a necessidade de discutir os impactos socioambientais associados a essa nova lógica produtiva.

O agronegócio, anteriormente centrado em práticas tradicionais e voltado para a subsistência, passou a se organizar com base nas exigências do comércio internacional, exigindo maior escala e produtividade (BUSTAMANTE, 2020). A produção voltada à exportação impôs uma nova dinâmica ao espaço rural, substituindo paisagens agrícolas diversificadas por extensas áreas de monocultivo. De acordo com Macedo (2010a), o agronegócio não apenas substituiu as práticas tradicionais, mas consolidou o Centro-Oeste como uma das principais regiões exportadoras do Brasil. Esse processo de transformação econômica é reforçado por estudos recentes, que destacam a forte relação entre o crescimento da agricultura comercial e a intensificação da pressão sobre os recursos naturais, sobretudo os hídricos (MONDARDO, 2010). A conversão de ecossistemas naturais em áreas produtivas teve como consequência direta a modificação dos padrões de uso do solo, refletindo também na estrutura hídrica da região.

A expansão agrícola intensiva resultou em uma urbanização crescente e em alterações significativas nos padrões de ocupação territorial, levando à diminuição da cobertura vegetal nativa e à degradação de áreas de preservação permanente. Essa mudança no uso da terra, somada à utilização de técnicas de irrigação cada vez mais frequentes, provocou uma crescente demanda por recursos hídricos, especialmente nas bacias hidrográficas locais (PIROLI, 2022). Tais mudanças exigem um olhar atento sobre a dinâmica dos rios e mananciais que abastecem essas regiões, tanto para manter a produtividade agrícola quanto para assegurar a disponibilidade de água para os centros urbanos.

O aumento da produção agrícola se traduz em um uso mais intensivo do solo e na ampliação de áreas irrigadas, o que eleva substancialmente a demanda por água (HOGAN, 2002). Essa pressão crescente sobre os recursos hídricos compromete a qualidade e a quantidade da água disponível, principalmente em regiões onde as bacias hidrográficas já enfrentam vulnerabilidades ambientais. A análise detalhada das vazões torna-se, portanto, imprescindível, já que qualquer alteração nos cursos d'água pode gerar impactos diretos na oferta hídrica, afetando tanto a agricultura quanto o abastecimento humano (DIAS & MATOS, 2023). (TAVARES et al, 2024) ressaltam que a análise da vazão das bacias hidrográficas é essencial para compreender o comportamento do ciclo hidrológico e seus impactos nos recursos hídricos, servindo como base para políticas públicas sustentáveis de gestão da água (DRUMOND, 2024).

O município de Rio Verde, situado no estado de Goiás, é um exemplo marcante dessa realidade. Reconhecido como um dos maiores produtores de soja do Brasil, a cidade tornou-se referência em produtividade, mas também em desafios ambientais decorrentes do uso intensivo da terra (PEDROSO & SILVA, 2005). Segundo DA ROCHA MENDES, (2024), a expansão de culturas agrícolas como a soja tem gerado impactos diretos nas bacias hidrográficas, afetando a dinâmica dos corpos hídricos da região, contribuindo para o assoreamento, a contaminação por insumos químicos e a modificação do ciclo hidrológico (ARIAS, et al., 2007). Embora frequentemente se fale nos rios Verdinho e Doce em estudos sobre o impacto da agricultura na região, é importante destacar que esses rios não são mananciais de abastecimento público de Rio Verde.

O abastecimento urbano do município é feito, na verdade, a partir do Córrego Abóboras, de origem superficial, e do aquífero Lajes, de origem subterrânea. Ambos estão inseridos na bacia hidrográfica do rio São Tomás, que desempenha um papel essencial na garantia de disponibilidade hídrica para a população local. Nesse contexto, torna-se imprescindível estudar a bacia do rio São Tomás e seus afluentes para compreender os riscos à segurança hídrica em função da expansão agrícola e das mudanças climáticas (DE CASTRO, 2014). O acompanhamento contínuo das vazões possibilita também a implementação de medidas preventivas, como o aumento da capacidade de armazenamento de água, a modificação das práticas de irrigação e o incentivo à adoção de tecnologias mais eficientes, especialmente em períodos de seca (SOUSA, 2025). A relevância desse tipo de estudo é evidente, principalmente considerando o papel estratégico do Centro-Oeste na produção de alimentos não apenas para o mercado interno, mas também para a exportação global (RODRIGUES, et al., 2025). A soja, por exemplo, representa um dos pilares econômicos da região e, por isso, as decisões sobre seu

cultivo e sobre o uso da água precisam considerar os limites ecológicos e as capacidades de suporte das bacias.

A importância econômica da soja torna a região um centro nervoso de discussões sobre a sustentabilidade dos recursos naturais. Isso inclui a necessidade de práticas de manejo que garantam a eficiência do uso da água e a conservação dos mananciais (BESSA, et al., 2006) enfatizam que o monitoramento contínuo das vazões é uma condição indispensável para a gestão eficaz dos recursos hídricos, sobretudo em regiões de forte presença agrícola, onde o uso da água influencia diretamente na produção e no abastecimento urbano (ÁVILA, et al., 2016).

Assim, a gestão sustentável da água em regiões agrícolas é essencial para manter o equilíbrio ecológico e a continuidade das atividades econômicas (BARROS & AMIN, 2008). A escassez hídrica, quando não antecipada e gerida corretamente, pode provocar graves consequências tanto para a produção quanto para a qualidade de vida da população. BALBINO, (2021) ressalta que o monitoramento das vazões nas bacias de regiões agrícolas é essencial para evitar crises de abastecimento, especialmente em contextos de expansão da agricultura intensiva (RAMOS, et al., 2024).

O monitoramento hidrológico ao longo do tempo permite identificar os impactos cumulativos de atividades humanas, como desmatamento, urbanização desordenada e intensificação agrícola (BLAINSKI, 2011). Esses efeitos podem comprometer não apenas os cursos d'água, mas também os serviços ecossistêmicos associados, como regulação climática, recarga de aquíferos e conservação da biodiversidade. BESSA, et al., (2006) reforçam que esse conhecimento é indispensável para desenvolver estratégias de uso racional da água, necessárias para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e o funcionamento equilibrado dos ecossistemas, inclusive em apoio à atividade agroindustrial (TETILA, 2020).

A análise temporal das vazões é também indispensável para a formulação de políticas públicas ambientais, que devem mitigar os efeitos negativos da mudança no uso do solo (Santana et al., 2023). À medida que a agricultura avança para áreas do norte do país e do Cerrado, as bacias hidrográficas sofrem com mudanças no escoamento superficial, aumentando os riscos de erosão, assoreamento e perda de biodiversidade (Ramos e Araújo, 2022). Nesse sentido, o monitoramento contínuo das vazões auxilia no planejamento de ações corretivas, como reflorestamento, restauração de nascentes e recomposição de matas ciliares (FERREIRA, 2025). destacam que integrar o monitoramento das vazões com práticas conservacionistas como o plantio direto e a recuperação de áreas protegidas é essencial para garantir a sustentabilidade da agricultura e a preservação dos recursos hídricos (SILVA, 2022).

Além disso, a preservação dos recursos hídricos e a manutenção dos fluxos naturais dos

rios são fundamentais para o abastecimento das cidades e para assegurar a qualidade da água utilizada em processos industriais e agroindustriais (SILVA, et al., 2024). (SANTOS & HARVEY, 2001) destaca que a conectividade entre a produção rural e os mercados consumidores é um elemento-chave na economia globalizada. Porém, isso exige também uma infraestrutura hídrica robusta, capaz de atender às crescentes demandas da produção (COSTA, et al., 2020).

Neste contexto, a análise das vazões temporais permite que os gestores públicos ajustem políticas de infraestrutura e logística de forma mais eficaz, promovendo a distribuição sustentável da água entre os diferentes setores da economia (DE SOUZA, 2020). SOUZA, et al., (2014) reforçam que o monitoramento das vazões é uma ferramenta indispensável para compreender os efeitos da transformação do uso da terra e planejar ações de mitigação dos impactos ambientais, como a recuperação de matas ciliares e a conservação dos solos (AUGUSTO, et al., 2012).

A infraestrutura necessária para gerir eficientemente a água envolve redes de transporte, sistemas de armazenamento, canais de irrigação e mecanismos de bombeamento que estejam ajustados às realidades hidrológicas de cada bacia (QUIRINO & DE JESUS CAFÉ, 2024). O dimensionamento e a modernização desses sistemas são fundamentais para garantir a segurança hídrica em contextos de variabilidade climática (DE MESQUITA OLIVEIRA., et al, 2017). CUNHA, (2011) apontam que a adaptação das estruturas de irrigação às variações das vazões e às mudanças climáticas é um fator crucial para a resiliência da produção agrícola (ALMEIDA, et al., 2012). A eficiência desse sistema depende também da integração entre planejamento hídrico e logístico, garantindo que a água chegue onde for necessária sem comprometer os ecossistemas (PEREIRA JUNIOR, et al., 2024).

Por fim, a preservação dos recursos hídricos e a gestão cuidadosa das vazões são indispensáveis para evitar os efeitos negativos associados à agricultura intensiva, como a degradação de habitats naturais, o assoreamento de corpos d'água e a contaminação das águas (Oliveira-filho e Lima, 2002). O grande desafio para os próximos anos na região Centro-Oeste será equilibrar o crescimento econômico com a conservação ambiental, num cenário de aumento da pressão sobre os recursos naturais (TETILA, 2020). A análise temporal das vazões representa, assim, uma ferramenta estratégica de diagnóstico e planejamento, fundamental para garantir que o desenvolvimento da região ocorra de forma sustentável, respeitando os limites ambientais e assegurando a qualidade de vida das gerações futuras (BESSA, et al., 2006).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Analisar as mudanças das vazões na bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Goiás, Brasil, e evidenciar as variações no grau de alteração das vazões anualmente e mensalmente.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Coletar dados históricos de vazão na bacia do Rio Verdinho;

Avaliar a mudança temporal das vazões na bacia do Rio Verdinho;

Identificar os principais dados obtidos nas datas analisadas;

Classificar os níveis máximos e mínimos presentes na bacia hidrográfica do Rio Verdinho;

Elaborar uma síntese das mudanças multitemporais da bacia do Rio Verdinho;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Área de Estudo

A região Centro-Oeste do Brasil tem se destacado nas últimas décadas como um dos principais motores de desenvolvimento econômico do país, evidenciando um processo acelerado de transformação territorial impulsionado por grandes empresas globais (DORNELES, et al., 2024). Esse processo é especialmente visível nas dinâmicas de ocupação do espaço e na redefinição do papel da região na geografia econômica, tanto no âmbito nacional quanto internacional (PAZ, 2000). Segundo Macedo (2010a), o Centro-Oeste representa um exemplo claro da substituição das antigas atividades econômicas, voltadas para a subsistência e a economia natural, por produções modernas, direcionadas ao agronegócio internacionalizado (UCHÔA, 2024). Esse movimento, conforme destacam DE MACEDO, (2018) e (SANTOS & HARVEY, 2001), contribuiu significativamente para a desconcentração da produção no Brasil, promovendo a integração de novas áreas ao mercado global e transformando a configuração espacial do país em uma rede mais complexa de interações econômicas e comerciais (MENDONÇA et al., 2024). Neste contexto, a infraestrutura e a logística têm papel crucial, pois são essas estruturas que conectam as produções regionais aos mercados externos, permitindo que grandes empresas globais adaptem o território às exigências da nova geografia

econômica, onde a compressão tempo-espaço é um fator determinante (DAMAME, et al., 2019) (DE CASTRO, 2014).

O município de Rio Verde, localizado na microrregião sudeste de Goiás e na mesorregião sul goiano, emerge como um exemplo notável desse processo de crescimento e desenvolvimento no Centro-Oeste (HONORATO, 2025) (FERNANDES, et al., 2020). Com uma taxa de crescimento urbano de 7,3% ao ano, o que equivale a aproximadamente 77 hectares por ano, e uma taxa de crescimento populacional de 1,77% (SANTOS, et al., 2018), Rio Verde tem experimentado um grande impulso econômico, impulsionado pela instalação de grandes empresas, como COMIGO, BRF, SIOL, Refrigerantes Rinco, Videplast, Brasilata, entre outras. Esse crescimento reflete o impacto da modernização agrícola e da expansão do agronegócio, que alteraram profundamente a paisagem e as atividades econômicas locais (Pires, M. J. D. S. 2024) (DAMAME, et al., 2019).

Historicamente, Rio Verde teve sua economia voltada para a criação de gado, mas a partir da década de 1960, com o movimento de modernização da agricultura, a cidade passou a se destacar na produção agrícola, especialmente com a introdução da soja em áreas que antes eram utilizadas para o cultivo de milho, arroz, pastagem e algodão (QUIRINO & DE JESUS CAFÉ, 2024). Atualmente, a soja é o principal produto agrícola da região, com o município se destacando como o maior produtor de soja de Goiás, com uma produção superior a 1,4 milhão de toneladas em 2022, segundo dados do IBGE (IBGE, 2022) (BORGES, 2006). Esse avanço no setor agrícola reflete a crescente importância de Rio Verde no cenário nacional, especialmente no que se refere à contribuição para o agronegócio e à dinâmica econômica da região Centro-Oeste (DRUMOND, 2024).

Em relação aos recursos hídricos, Rio Verde possui uma complexa rede de bacias hidrográficas, com 15 subbacias e diversas regiões hidrográficas que abastecem o município (BORGES, 2006). Entre as bacias que compõem a área de Rio Verde, destacam-se a Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho, bem como outras importantes como a do Rio Doce e a do Rio São Tomaz, conforme descrito por DOS SANTOS, (2013). Essas bacias são essenciais para o abastecimento de água e para o desenvolvimento das atividades agrícolas e urbanas da cidade. Dessa forma, a realização de estudos que visem ao planejamento e à gestão sustentável desses recursos torna-se de extrema importância (SILVA, 2024) (RODRIGUES et al., 2023).

A análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Verdinho é fundamental para compreender as características geométricas da área, como sua extensão, o relevo, a densidade da rede de drenagem e os cursos d'água (MARQUES & GONÇALVES, 2022). A compreensão desses fatores é crucial para o entendimento do comportamento hidrológico da região, incluindo

o volume de água drenado, a velocidade do escoamento e os riscos de alagamentos e erosão (DE FREITAS SOUZA, et al., 2024). Esses estudos são essenciais para o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos, especialmente em áreas agrícolas e urbanas, onde o uso da água e a preservação dos recursos naturais estão intimamente ligados à sustentabilidade das atividades econômicas (DE CASTRO, 2014). De acordo com TAVARES et al, (2024) a análise da morfometria e o monitoramento da dinâmica hídrica nas bacias hidrográficas são imprescindíveis para o desenvolvimento de estratégias de conservação e uso sustentável da água, fundamentais para o futuro de Rio Verde e da região Centro-Oeste (DE MESQUITA OLIVEIRA., et al, 2017).

Portanto, o município de Rio Verde se apresenta como um exemplo de transformação econômica e territorial, caracterizado pela ascensão do agronegócio e pela crescente importância da infraestrutura e logística na organização do espaço (HADDAD, 2016). A análise das bacias hidrográficas e da dinâmica hidrológica da região, especialmente da bacia do Rio Verdinho, é crucial para garantir o planejamento e a gestão dos recursos naturais, promovendo um desenvolvimento econômico sustentável e equilibrado (MIRANDA et al., 2023). A evolução do uso do solo e a expansão das atividades agrícolas exigem, cada vez mais, um olhar atento sobre os impactos ambientais e hídricos, a fim de assegurar a continuidade do crescimento de Rio Verde de maneira responsável e sustentável (CARVALHO, 2006).

2.2. Clima Da Região de Estudo

O clima da região Centro-Oeste do Brasil, particularmente em municípios como Rio Verde, é predominantemente tropical, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, que vai de outubro a março, e uma seca, que se estende de abril a setembro. Esse regime climático é caracterizado por altas temperaturas durante todo o ano, com médias anuais de temperatura em torno de 25°C a 28°C, e precipitações concentradas no período chuvoso. Segundo Vanzela et al. (2010), as características climáticas dessa região são determinantes para o tipo de vegetação, o uso da terra e as atividades econômicas predominantes, como a agricultura, especialmente o cultivo de soja, milho e algodão.

As precipitações médias anuais da região variam entre 1.400 mm e 1.800 mm, com uma grande parte dessa chuva ocorrendo no verão, o que favorece a agricultura irrigada e a produção de culturas que dependem de grandes volumes de água. No entanto, esse regime também impõe desafios relacionados à variabilidade climática, como a ocorrência de períodos de seca prolongados, que podem afetar negativamente a produtividade agrícola. De acordo com DORNELES, et al., (2024), a variabilidade climática no Centro-Oeste tem se intensificado nos

últimos anos, com mudanças nos padrões de precipitação e aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como secas e chuvas torrenciais. Esse aumento de eventos extremos tem sido amplamente discutido por especialistas, como observado em estudos realizados por MADER, et al., (2025), que enfatiza que o aumento da temperatura e as alterações nos padrões de precipitação afetam diretamente as safras e a produtividade das lavouras.

Em Rio Verde, as condições climáticas têm um impacto direto sobre a dinâmica de produção agrícola. A região é favorecida por uma combinação de clima quente e alta umidade relativa do ar, o que é benéfico para o desenvolvimento de diversas culturas, mas, por outro lado, também exige práticas eficientes de manejo de água. O município experimenta uma crescente demanda por sistemas de irrigação, especialmente durante a estação seca, para garantir a estabilidade da produção. A adaptação a essas condições climáticas é crucial para a sustentabilidade das atividades agrícolas. Nesse sentido, estudiosos argumentam que é essencial que as políticas públicas considerem a gestão eficiente dos recursos hídricos, dado que o uso exacerbado de água pode resultar em impactos ambientais significativos, como a diminuição dos níveis de água nos reservatórios e o comprometimento da qualidade da água disponível (SOUZA et al., 2024).

A análise das mudanças climáticas também é relevante para o planejamento e gestão dos recursos naturais, especialmente na região de Rio Verde, que é predominantemente agrícola. O impacto das mudanças no regime de chuvas pode afetar as bacias hidrográficas locais e, conseqüentemente, a qualidade e a quantidade de água disponível para a irrigação e o consumo urbano. De acordo com (ALBUQUERQUE, 2023), a avaliação da relação entre mudanças climáticas e a disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas é fundamental para implementar estratégias de uso sustentável da água, a fim de mitigar os efeitos das secas e das inundações. A crescente escassez de recursos hídricos devido às mudanças climáticas também tem sido observada por SILVA, et al., (2023), que sugerem que o monitoramento contínuo e a adaptação de políticas públicas são necessários para garantir a resiliência da agricultura no Centro-Oeste.

Em suma, o clima tropical de Rio Verde, com seu regime de chuvas concentradas no verão e seca no inverno, configura um desafio para a agricultura e o uso dos recursos naturais. Contudo, com o uso adequado das tecnologias de irrigação e o gerenciamento eficiente dos recursos hídricos, a região tem se mostrado resiliente aos desafios climáticos, promovendo o desenvolvimento agrícola e a sustentabilidade ambiental. A constante análise do clima e suas variações é essencial para garantir o sucesso das práticas agrícolas e a proteção dos recursos naturais essenciais para o desenvolvimento econômico local.

2.3. Mudança da Vazão

A vazão dos rios é um indicador crítico dos recursos hídricos de uma região, e mudanças na sua dinâmica têm impactos significativos no uso da água e nos ecossistemas. Esses impactos podem ser originados de diversas fontes, incluindo fatores naturais e atividades humanas. Em particular, as mudanças climáticas e as intervenções no uso do solo desempenham um papel central na alteração dos regimes de vazão dos rios.

Mudanças climáticas são frequentemente associadas a alterações nos padrões de precipitação, que afetam diretamente a vazão dos rios. Segundo PAIVA, et al., (2024), as alterações climáticas podem gerar impactos diversos sobre os regimes hidrológicos, com implicações tanto positivas quanto negativas para a vazão de bacias hidrográficas. Alterações nos padrões de chuva, com aumento da intensidade das precipitações no verão e a ocorrência de secas mais prolongadas no inverno, afetam diretamente os fluxos de água e, conseqüentemente, a quantidade de água disponível nos rios. De acordo com LUCAS, et al., (2022), o aumento da frequência de chuvas intensas e a maior duração das secas têm causado variações abruptas nos níveis de água dos rios, afetando o abastecimento de água e a agricultura.

Os fenômenos climáticos extremos, como El Niño e La Niña, também têm impactos consideráveis na vazão dos rios. Estes eventos são conhecidos por alterar significativamente os padrões de precipitação e de escoamento, afetando o volume e a distribuição da água nos rios. A variabilidade climática, com chuvas torrenciais seguidas de secas prolongadas, pode causar inundações repentinas ou a redução acentuada do nível de água nos rios, o que afeta tanto o abastecimento de água quanto as atividades agrícolas. Segundo DE SOUSA, et al., (2022), eventos climáticos extremos como o El Niño podem intensificar a variabilidade da vazão, exacerbando os impactos das secas e das inundações. Esse comportamento tem sido amplificado nos últimos anos, conforme estudos recentes sobre a intensificação das mudanças climáticas (DIAS & MATOS, 2023).

Fatores naturais também desempenham um papel importante na variação da vazão. A geologia da região, como atividades tectônicas e deslizamentos de terra, pode afetar a geografia das bacias hidrográficas, alterando os fluxos dos rios. Além disso, a cobertura vegetal e a utilização do solo têm efeitos diretos sobre a capacidade de infiltração da água e o escoamento superficial. Segundo HOFFMANN, et al., (2023), o desmatamento nas bacias hidrográficas tem impacto direto na infiltração da água, resultando em um aumento do escoamento superficial e em eventos de cheias rápidas. Recentemente, o avanço da urbanização e da agricultura também tem contribuído para essa diminuição da cobertura vegetal, agravando os problemas de erosão

e enchentes (FEARNSIDE, 2006).

As atividades humanas também têm um impacto significativo na vazão dos rios. A urbanização, com o aumento da impermeabilização do solo, impede que a água das chuvas se infiltre no solo, resultando em maior escoamento superficial e alterações na vazão dos rios. A construção de barragens e represas, como destaca Vanzela et al. (2010), pode reduzir o fluxo de água nos rios, além de alterar sua distribuição, criando variações na vazão ao longo do ano. Essas mudanças na vazão podem ter consequências diretas sobre os ecossistemas aquáticos e o abastecimento de água, (MONDARDO, 2010).

O uso intensivo de recursos hídricos, como a irrigação agrícola e o abastecimento urbano e industrial, também pode reduzir a vazão dos rios. A poluição e o lançamento de esgoto nos corpos d'água afetam tanto a qualidade da água quanto a dinâmica da vazão. O aumento da urbanização e a expansão da agricultura contribuem para a poluição dos rios, afetando o ecossistema e os processos hidrológicos. De acordo com DE ANDRADE & FELCHAK, (2009), a poluição e os despejos de esgoto são fatores críticos que afetam a vazão dos rios, comprometendo sua qualidade e, conseqüentemente, a vida aquática. Além disso, a expansão descontrolada da agricultura e a falta de tratamento de resíduos têm agravado a poluição hídrica, conforme estudos recentes de DA SILVA PEREIRA et al. (2020).

Dado o impacto da combinação entre fatores naturais e humanos na vazão dos rios, a gestão eficiente dos recursos hídricos se torna essencial. A avaliação contínua da dinâmica da vazão dos rios, levando em consideração as mudanças climáticas e as alterações no uso do solo, é fundamental para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos. A análise da morfometria das bacias hidrográficas, como discutido por TAVARES et al, (2024), e o monitoramento da dinâmica hidrológica são cruciais para desenvolver estratégias de conservação e manejo sustentável da água.

2.4. Impactos Causados por redução na vazão

A redução na vazão de rios e bacias hidrográficas pode resultar em sérios impactos ambientais e sociais. A diminuição da vazão pode comprometer a capacidade de diluição de poluentes, afetando diretamente a qualidade da água para consumo humano, para a agricultura e para os ecossistemas aquáticos. A concentração de substâncias tóxicas aumenta com a diminuição da vazão, prejudicando a saúde dos organismos aquáticos e tornando a água inadequada para consumo humano (GONÇALVES, 2016). Como os rios são responsáveis pela irrigação agrícola, abastecimento de água e suporte a ecossistemas aquáticos, qualquer alteração no regime de vazão pode desencadear uma série de efeitos negativos, afetando diversos setores.

Além disso, a redução da vazão pode reduzir a área de habitat disponível para várias espécies aquáticas, como peixes e plantas aquáticas, colocando em risco a biodiversidade local. Mudanças nos padrões de fluxo de água, como a diminuição da vazão, interferem diretamente em ciclos naturais das espécies, afetando especialmente a reprodução de peixes, que depende de padrões de fluxo e inundações específicos (ZUANON, 2019). A diminuição da vazão também pode resultar no aumento de áreas secas, o que impacta diretamente as comunidades de organismos que dependem da umidade constante.

A redução da vazão tem impactos diretos sobre o abastecimento de água potável, tanto em áreas urbanas quanto rurais, principalmente em regiões que dependem de corpos hídricos para a captação de água. Mudanças na vazão também afetam atividades essenciais como a agricultura, que depende da água para irrigação, e a indústria, que utiliza grandes volumes de água em seus processos produtivos. A escassez hídrica pode prejudicar essas atividades e gerar uma série de crises econômicas e sociais (HOFFMANN, et al., 2023). Além disso, a escassez hídrica pode agravar a pobreza e a desigualdade social, especialmente em áreas mais vulneráveis, onde o acesso à água potável e à produção agrícola é fundamental para a subsistência (DOS SANTOS, 2013).

A interação entre mudanças na vazão e as atividades humanas tem sido mais intensamente discutida por estudos recentes. A agricultura intensiva, por exemplo, tem sido um dos principais responsáveis pela alteração nos fluxos hídricos devido ao uso elevado de recursos hídricos e mudanças no uso do solo (UCHÔA, 2024). Esses fatores contribuem para o escoamento superficial acelerado e a redução da infiltração de água, resultando em uma menor disponibilidade de água para os rios e seus afluentes. Além disso, a urbanização crescente tem gerado uma maior impermeabilização do solo, agravando a situação da vazão nos rios e bacias, contribuindo para a escassez hídrica (FRITZEN & BINDA, 2011).

De acordo com recentes investigações sobre mudanças climáticas, eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas, têm se tornado mais frequentes, afetando ainda mais o regime de vazão das bacias hidrográficas. Esses eventos alteram a dinâmica dos cursos d'água, dificultando a previsão e o gerenciamento dos recursos hídricos, com impactos tanto para os ecossistemas aquáticos quanto para as populações humanas (TURATTI, 2017). A variação inesperada na vazão, impulsionada por esses eventos climáticos, coloca em risco o abastecimento de água e as atividades agrícolas, especialmente em regiões altamente dependentes de recursos hídricos, como o Centro-Oeste do Brasil (MARENGO, et al., 2008).

2.5. Geoprocessamento: SIG

O geoprocessamento é uma disciplina que engloba uma série de técnicas, ferramentas e tecnologias computacionais aplicadas à análise e manipulação de dados geográficos. BARCELLOS, (2002) definem o geoprocessamento como um campo do conhecimento que utiliza métodos matemáticos e computacionais para tratar, analisar e representar dados espaciais, possibilitando a visualização, o planejamento e a gestão de informações relacionadas ao território. No contexto atual, com o avanço tecnológico, o geoprocessamento tornou-se uma ferramenta crucial para a gestão de recursos naturais, o planejamento urbano e rural, e o monitoramento ambiental.

ZAIDAN, (2017) afirma que o geoprocessamento abrange uma gama de tecnologias, incluindo Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Sensoriamento Remoto e Sistemas de Posicionamento Global (GPS). Essas ferramentas trabalham de maneira integrada, possibilitando a coleta, análise e interpretação de grandes volumes de dados geoespaciais. Com o uso de SIG, é possível mapear, classificar e identificar padrões de uso do solo, cobertura vegetal e recursos hídricos, além de ajudar a avaliar as mudanças no uso da terra ao longo do tempo. Essa integração é essencial para os desafios contemporâneos relacionados à gestão do território, permitindo otimizar o uso dos recursos e reduzir impactos ambientais.

A definição de (MOURA, 2000) é ainda mais detalhada, pois ele destaca que o geoprocessamento é um campo que fornece suporte tecnológico para estudar as transformações espaciais e temporais dos fenômenos geográficos, permitindo que se entenda as interações entre eles. As aplicações dessa tecnologia são diversas e essenciais, como no monitoramento da qualidade do meio ambiente, na análise de áreas suscetíveis à degradação, na agricultura de precisão e no planejamento de uso sustentável dos recursos naturais. Essa capacidade de visualizar e analisar dados geográficos torna o geoprocessamento uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento sustentável, principalmente em áreas que enfrentam grandes pressões econômicas e ambientais, como a região Centro-Oeste do Brasil.

O geoprocessamento é especialmente relevante para o estudo da fragilidade ambiental, pois permite identificar áreas de risco, como zonas propensas a desastres naturais, áreas com baixa capacidade de absorção de água ou regiões afetadas pelo desmatamento e degradação. DO CARMO GIORDANO & RIEDEL, (2006) apontam que o uso de SIG, juntamente com sensoriamento remoto, pode otimizar o planejamento de áreas de preservação permanente, além de auxiliar na tomada de decisões políticas e na gestão dos recursos naturais. Essas ferramentas permitem identificar padrões de uso da terra, como a expansão de áreas agrícolas, desmatamento e mudanças na cobertura vegetal, o que é essencial para entender as dinâmicas

ambientais e promover a sustentabilidade.

De acordo com CORREIA, et al., (2023), o uso de geoprocessamento no estudo das dinâmicas ambientais ajuda a identificar os impactos da urbanização e da agricultura intensiva. Essas atividades humanas alteram significativamente a dinâmica hídrica e o uso do solo, exigindo soluções mais eficazes para a gestão de recursos. Os estudos de DOS SANTOS, et al., (2024) também apontam que o uso de SIG tem sido essencial para a análise espacial das mudanças no uso do solo, facilitando o planejamento de ações de conservação e gestão sustentável dos recursos naturais.

Ademais, o uso do geoprocessamento é crucial para o monitoramento de mudanças ambientais em grande escala. Segundo CORREIA, et al., (2023), as tecnologias de geoprocessamento são fundamentais para a análise do impacto das atividades humanas sobre a paisagem, como o agronegócio e a urbanização, que alteram significativamente a dinâmica hídrica e o uso do solo. A utilização dessas ferramentas no planejamento urbano e rural tem ajudado a otimizar a gestão de recursos, a identificar áreas críticas para conservação e a melhorar a eficiência dos processos produtivos. Com isso, é possível tomar decisões mais precisas e baseadas em dados, melhorando a sustentabilidade e a resiliência das regiões frente às mudanças climáticas e ao crescimento urbano.

O geoprocessamento também desempenha papel fundamental na agricultura, principalmente na agricultura de precisão. Ele permite que os produtores agrícolas tomem decisões mais informadas sobre o uso de insumos, como fertilizantes e pesticidas, otimizando a produção e reduzindo o impacto ambiental das atividades agrícolas. Segundo REGHINI & CAVICHIOLI, (2020), o geoprocessamento oferece recursos para mapear a produtividade das áreas agrícolas, identificar áreas com maior risco de erosão ou com potencial para o uso mais eficiente da água, melhorando a gestão das bacias hidrográficas e dos recursos naturais. Esse uso otimizado das tecnologias no campo resulta em uma maior sustentabilidade das práticas agrícolas, com uma gestão mais eficiente dos recursos naturais.

2.6. Uso e cobertura da terra

A cobertura do solo é de grande importância na prevenção e controle das mudanças de vazão, especialmente quando há variações nas quantidades e nos fluxos de água em bacias hidrográficas. Ela melhora a capacidade do solo de absorver a água, minimizando os efeitos de picos de vazão, além de ajudar na dispersão e evaporação da água antes que ela atinja a superfície. Esse processo contribui para a maior infiltração da água no solo, ajudando a reduzir

o escoamento superficial e a regular o fluxo dos rios (SARTORI, 2021).

De acordo com um estudo realizado por DE MESQUITA OLIVEIRA., et al, (2017), dentre os 850 milhões de hectares de terras no Brasil, 61 milhões são ocupados por áreas agrícolas e 195,5 milhões por pastagens. A Figura 1.1 ilustra a importância de mapear o uso e cobertura da terra, pois a alteração desses espaços, como desmatamento, urbanização e uso intensivo de pastagens e áreas agrícolas, pode alterar significativamente o regime de vazão e o escoamento das águas nas bacias hidrográficas. Essas mudanças, muitas vezes, contribuem para o aumento ou a diminuição dos fluxos de água, afetando a disponibilidade e a qualidade da água nas regiões afetadas.

A análise do uso e ocupação da terra foi realizada utilizando imagens de satélite, disponíveis para acesso público no site do MapBiomas. A escolha do MapBiomas se justifica pela alta qualidade das imagens e pelo fato de serem atualizadas anualmente, garantindo dados precisos e recentes.

Tabela 1: Uso e cobertura da terra

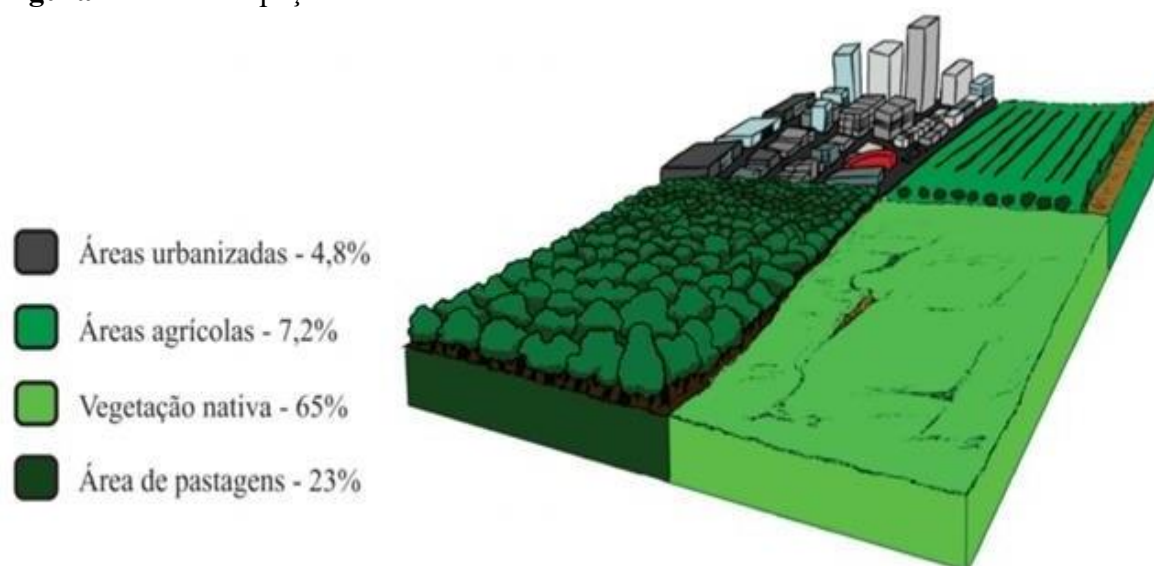
Floresta	Florestas Ombrófila Densa Aluvial; Associação de Floresta ombrófila aberta com palmeiras com floresta ombrófila densa aluvial; Floresta ombrófila aberta com palmeiras; etc.
Formação Natural não Florestal	Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo; Vegetação secundária (capoeira); Formações pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre – arbustiva (vegetação dos pedrais – porte arbustivo/arbóreo); etc.
Agropecuária	Área cultivada, Pastagem.
Área não vegetada	Extração mineral; Áreas urbanas, povoados, estruturas associadas, Corpo de água, Areia.

Corpos d'água	Extração mineral; Áreas urbanas, povoados, estruturas associadas, Corpo de água, Areia.
---------------	---

Fonte: Adaptado de SILVA (2019).

Para elaborar o mapa de uso e cobertura do solo de 1971 e 2022, foi realizado o download dos arquivos no site do MapBiomass, juntamente com o arquivo a ser utilizado como modelo de reclassificação, o que possibilitou identificar cada área e seu respectivo uso. A partir do comando de reclassificação por tabela e utilizando os arquivos do MapBiomass, foi possível gerar o mapa de fragilidade para ambos os anos, permitindo a comparação entre eles.

Figura 1: Uso e ocupação do solo Brasileiro



Fonte: Adaptado de Ministério do Meio Ambiente e IBGE (2014); Fernandes *et al.* (2016).

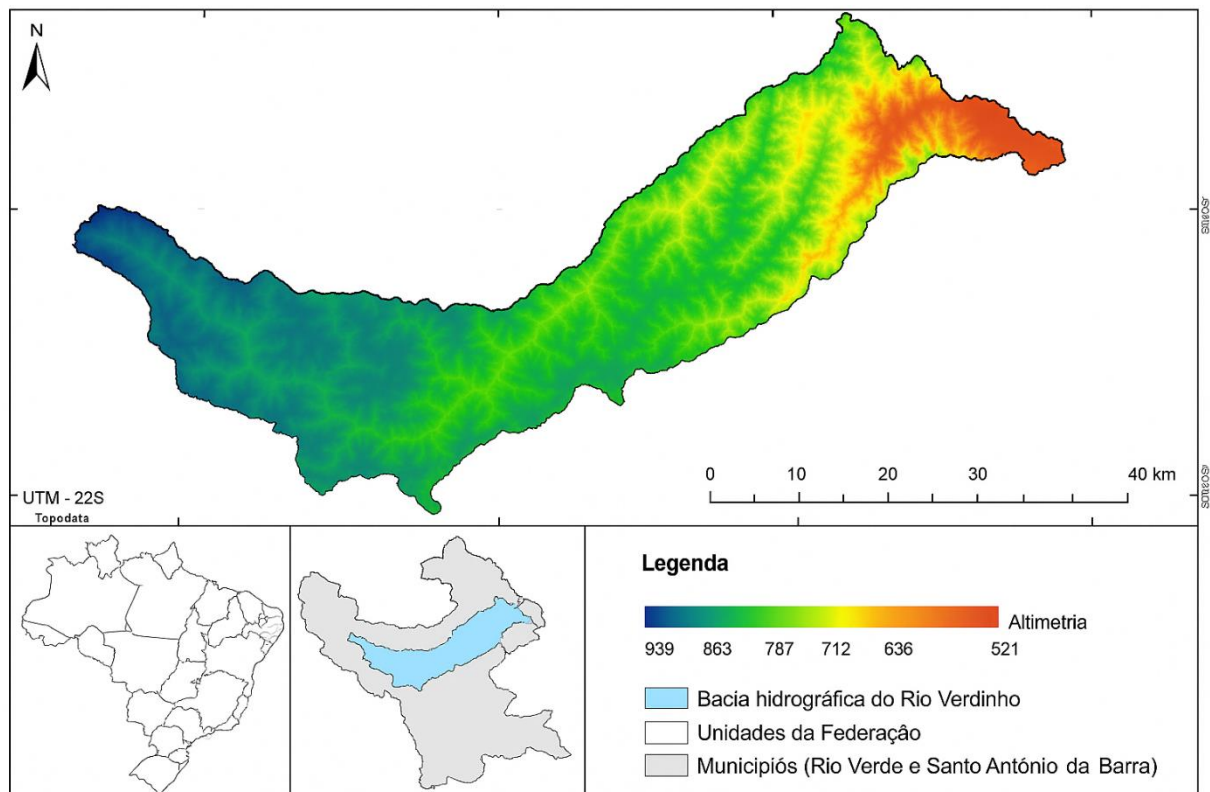
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Verdinho está localizada na região sudoeste do estado de Goiás, abrangendo uma área de aproximadamente 161.166,04 hectares (Figura 2). A bacia está presente nos municípios de Rio Verde e Santo Antônio da Barra, sendo que 7,78% da área está localizada em Santo Antônio da Barra e a maior parte, com 92,22%, está situada no município de Rio Verde (Figura 2; Tabela 2) A bacia hidrográfica encontra-se entre as coordenadas geográficas 17°29'20,40"S/50°31'37,20"O e 17°33'50,40"S/51°30'46,80"O, região com dominância de

chapadões centrais recobertos por cerrados, cerradões e formações campestres. Sua região possui clima com estações definidas, entre maio a outubro um período de seca, novembro a abril um período chuvoso, uma região que possui boas características para o crescimento da agricultura (RIO VERDE, 2021).

Figura 2: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

As atividades predominantes na região da bacia do Rio Verdinho são fortemente influenciadas pela agricultura e pecuária, refletindo a dinâmica econômica local. O agronegócio, em especial, é a principal atividade econômica, com destaque para o cultivo de soja, milho e algodão, além da pecuária de corte. A região experimenta um crescimento expressivo no setor agrícola, o que resulta em uma crescente pressão sobre os recursos hídricos e o uso do solo (FERREIRA, et al., 2016). A irrigação, essencial para a produção agrícola, também é um fator importante que afeta o regime hídrico da bacia, alterando o escoamento superficial e o volume de água nos cursos d'água (LUCAS, 2007). Além disso, a expansão urbana exerce influência na paisagem local, especialmente em Rio Verde, Goiás, onde o crescimento urbano tem se intensificado, o que impõe desafios ao planejamento ambiental e à gestão dos recursos naturais (LIMA & LOPES 2019).

).

A região da bacia do Rio Verdinho apresenta um clima tropical, com uma média anual de precipitação pluviométrica de aproximadamente 1.500 mm, com a maior parte das chuvas ocorrendo no período de outubro a março, durante a estação chuvosa (MARENGO, 2007). Esse regime pluviométrico exerce grande impacto no comportamento hidrológico da bacia, influenciando a disponibilidade de água e o escoamento nos cursos d'água (ALMEIDA, et al., 2012). As variações nas chuvas, que podem ser intensas durante a estação chuvosa, têm implicações diretas na vazão dos rios e nas condições de drenagem da bacia (MARENGO, 2008).

Quanto ao solo predominante na região, a bacia do Rio Verdinho é caracterizada principalmente por solos de textura argilosa e Latossolos, comuns em áreas de cerrado (CARVALHO, 2006). Esses solos apresentam boa capacidade de retenção de água, mas também são suscetíveis à compactação e ao processo de impermeabilização, especialmente com o avanço das atividades agrícolas e a urbanização da região (UCHÔA, 2024). A utilização desses solos para a agricultura, sem o manejo adequado, pode contribuir para o agravamento dos problemas de drenagem e de vazão nas bacias, com impactos significativos na qualidade da água e na sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos (SOUZA, M. et al, 2014).

Portanto, a bacia do Rio Verdinho, é uma área de intensa atividade agrícola e urbana, com características climáticas e de solo que influenciam diretamente a dinâmica hidrológica local. O volume pluviométrico médio e o tipo de solo predominante são fatores que, em conjunto com as atividades econômicas, têm um papel fundamental na gestão dos recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental da região (ALVES, et al., 2019).

O escoamento das águas na bacia do Rio Verdinho é fortemente influenciado pelas características de declividade do terreno. A declividade do solo desempenha um papel crucial na velocidade e direção do escoamento superficial, afetando diretamente o regime hidrológico da região e a capacidade de drenagem das águas pluviais (FRITZEN & BINDA, 2011). Na bacia do Rio Verdinho, as classes de declividade podem ser divididas em três categorias principais que foram utilizadas no mapa definitivo de declividade (Figura 3). Essas variações nas classes de declividade impactam diretamente a dinâmica da vazão e o comportamento hidrológico da bacia do Rio Verdinho.

Na confecção dos mapas foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) disponibilizado da plataforma SIEG (2025). O mapa de declividade foi elaborado a partir da

imagem Shuttle Radar Topography Mission (SRTM),. Logo após, foi confeccionado o mapa final com valores das declividades da bacia. Segundo De Biasi (1992), para encontrar os dados de declividade baseia-se na fórmula seguinte:

$$D = (n/E) \times 100$$

Onde: D= Declividade, em porcentagem; n = Diferença de níveis; E = Espaçamento entre as curvas de níveis (horizontal).

Tabela 1 – Área de cada município na Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho. Área total da Bacia nos municípios (ha)

Santo Antonio da Barra	12.536,019 (ha)
Rio Verde	148,630,021 (ha)
Total	161.166,04 (ha)

3.2. AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados de vazão utilizados neste estudo foram obtidos por meio de bases públicas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2025) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, ano). A coleta foi realizada através do portal Hidroweb, que facilitou o download dos dados necessários. A série histórica abrange um período de 51 anos, organizada inicialmente em médias mensais (de janeiro a dezembro) e, posteriormente, por ano, no intervalo de 1971 a 2022. Durante alguns períodos, a falta de dados foi decorrente de manutenção de equipamentos ou falhas operacionais, sendo essas lacunas preenchidas com valores zero. Além disso, os eventos climáticos de El Niño e La Niña foram analisados com o objetivo de facilitar a verificação dos eventos climáticos na bacia hidrográfica do Rio Verdinho por meio de estudos feitos por outro autor sendo ela (Silva, 2025) com o trabalho de análise temporal da precipitação em bacias hidrograficas de rio verde.

3.3. AQUISIÇÃO DE DADOS ESPACIAIS

Os dados espaciais utilizados neste estudo disponibilizados pelo Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIEG, 2025). A manipulação dos dados foi realizada utilizando o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), assegurando alta precisão e compatibilidade com os demais dados empregados na análise. A integração espacial

e a correlação com os dados de precipitação foram efetuadas por meio do software QGIS 3.42 da (Bratislava, 2025) baixado no site <https://qgis.org>, uma ferramenta robusta e eficiente, capaz de atender adequadamente às necessidades deste estudo.

3.4. ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados consistiu inicialmente no cálculo das médias mensais e anuais de vazão, visando compreender os padrões climáticos predominantes na região da bacia hidrográfica. Em seguida, foi realizada a correlação das variações de vazão ao longo dos anos, permitindo avaliar se houve tendências de aumento, estabilidade ou diminuição dos índices de vazão. Para validar as observações, foi utilizada a estatística descritiva.. Essas análises foram fundamentais para compreender a dinâmica da vazão na região e embasar as discussões propostas neste estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do mapeamento e da padronização dos parâmetros hidrológicos e de uso do solo, os resultados obtidos demonstram uma tendência clara de intensificação da ocupação agrícola na bacia hidrográfica ao longo dos últimos anos. Essa transformação territorial está diretamente relacionada às características geomorfológicas da região e ao clima predominantemente tropical, que favorecem o desenvolvimento de atividades agropecuárias em larga escala. A topografia relativamente plana, aliada à fertilidade dos solos e à disponibilidade hídrica sazonal, tem incentivado a conversão de áreas naturais em lavouras, principalmente de soja e milho, o que é corroborado por estudos como os de MENDONÇA & JÚNIOR, (2024) e que apontam para o avanço do agronegócio nas bacias do Centro-Oeste.

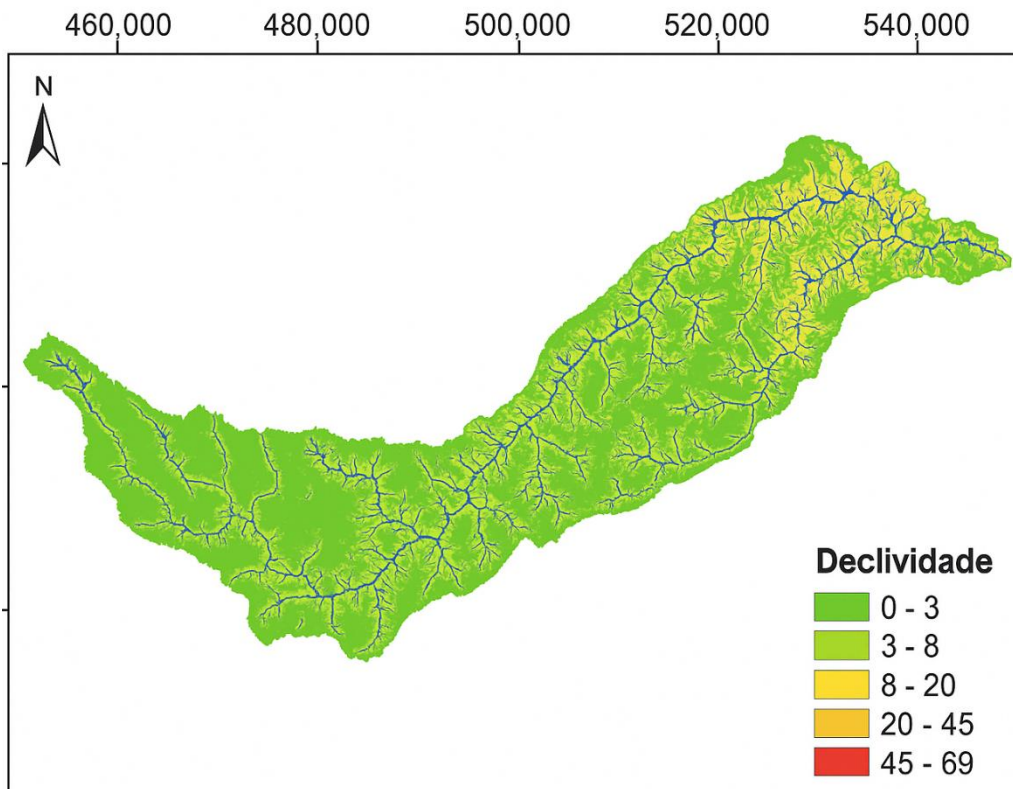
Esse processo de mudança no uso da terra, embora promova o crescimento econômico regional, impõe uma série de impactos ambientais à dinâmica hidrológica da bacia, como a redução da cobertura vegetal, o aumento do escoamento superficial e a diminuição da infiltração de água no solo. Tais alterações podem comprometer a recarga dos aquíferos e modificar os padrões naturais de vazão dos cursos d'água, como discutido por TOMASONI, et al., (2008) em estudo similar sobre bacias agrícolas no Cerrado. A expansão agrícola na bacia estudada reflete, portanto, um padrão observado em diversas regiões do bioma, onde a

intensificação do uso do solo está associada à degradação gradual dos serviços ecossistêmicos, conforme também discutido por BLAINSKI, (2011).

Interação com o uso do solo – A tendência de redução da cobertura vegetal (MENDONÇA & JÚNIOR, 2024) amplifica extremos hidrológicos: em anos de El Niño a infiltração já limitada agrava a escassez; em La Niña o escoamento superficial aumenta, elevando as cargas de sedimento (MONDARDO, 2010)

Com o mapa de declividade, é possível perceber que a bacia possui uma vasta área classificada como suave ondulada e plana. A bacia apresenta poucas áreas montanhosas, o que resulta em um escoamento lento com relação à sua declividade (Figura 3).

Figura 3: Mapa da declividade da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, sudoeste de Goiás, Brasil.



Fonte: Alves et al (2020).

A análise das classes de declividade na bacia hidrográfica do rio Verdinho revelou que áreas com declividades elevadas estão significativamente associadas a processos de escoamento superficial acelerado, o que contribui para o aumento do risco de erosão laminar e linear, especialmente em regiões com cobertura vegetal reduzida. Essa constatação está em consonância com os achados de ALVES, et al., (2019), que apontam que em áreas com declividade acima de 12%, o potencial erosivo do solo aumenta exponencialmente, particularmente em regiões do Cerrado com uso intensivo do solo para agricultura. Em contrapartida, as áreas com baixa declividade, embora apresentem menor risco de erosão, demonstraram maior suscetibilidade à saturação do solo e à ocorrência de alagamentos, sobretudo em eventos de chuva intensa, como também relatado por (DRUMOND, 2024), que estudaram padrões semelhantes em microbacias do sudoeste goiano.

O manejo inadequado nessas zonas críticas, sem práticas conservacionistas, pode amplificar a perda de solo, o assoreamento de corpos d'água e a alteração do regime de vazões. Dessa forma, a implementação de técnicas como terraceamento, curvas de nível, faixas de contenção e plantio direto com vegetação de cobertura é apontada por autores como

TOMASONI, et al., (2008) e Ramos e Araújo (2022) como indispensável para o controle da erosão em áreas inclinadas e para o aumento da infiltração em zonas mais planas. Portanto, a variação da declividade deve ser considerada uma variável-chave no planejamento ambiental e na gestão do uso do solo, visto que influencia diretamente a recarga hídrica, o transporte de sedimentos e a estabilidade ecológica da bacia.

Com a análise dos dados obtidos da vazão média mensal constatou-se, que no mês de setembro de 2021 houve a menor taxa de vazão dentre os anos de 1971 a 2022, sendo um total de $5.9 \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)}$ e a maior taxa de vazão média mensal ocorreu no mês fevereiro de 2022, com um total de $48.7 \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)}$ (Tabela 2)

Tabela 2 – Médias mensais de vazão ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) para os anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste de Goiás, Brasil.

Ano	jan	Fev	mar	Abr	Mai	jun	jul	Ago	Set	Out	nov	Dez
1971										15,9	10,8	31,6
1972	18,1	23,6	20,3	15,8	12,7	10,3	10,4	8,7	8,5	16,3	28,8	32,3
1973	22,7	21,2	25,3	19,8	15,2	12,8				15,8	24,0	
1974	23,1	18,8	21,6	18,8	14,3		13,9	13,8	11,8	15,3	15,3	21,3
1975	23,5	16,3	17,9	17,7	13,4	10,4	10,3	8,7	7,5	9,4	22,3	16,9
1976	18,9	32,5	23,6	20,8	18,2	14,6	11,6	10,8	13,5	15,0	25,8	35,7
1977	40,7	36,5	27,9	23,9	20,6	17,8	14,4	12,3	13,7	12,1	19,3	23,1
1978	35,2	23,0	32,9	28,5	20,5	21,2	17,3	14,2	16,9	15,2	18,1	26,6
1979	36,9	35,8	35,9	24,0	19,5	17,1	15,8	14,5	16,5	15,8	17,3	26,0
1980	30,1	39,4	25,9	27,7	18,4	16,7	15,0	12,4	11,5	12,4	16,2	29,8
1981	28,0	22,7	27,8	22,0	17,1	14,7	14,1	11,9	10,8	13,7	22,2	30,3
1982	35,0	33,4	48,1	39,1	26,4	22,0	18,6	17,3	17,3	20,9	23,3	27,0
1983	38,9	38,2	32,9	34,4	22,7	20,8	19,0	15,8	17,6	22,7	22,9	34,9
1984	32,2	26,7	24,4	31,5	20,4	16,1	14,4	15,2	16,5	15,4	15,8	22,5
1985	41,3	34,4	41,3	30,6	22,2	18,6	17,9	14,8	13,4	14,9	18,6	19,2
1986	22,0	25,1	24,0	18,4	16,4	14,6	12,4	11,6	11,5	15,9	14,4	26,8
1987	30,7	26,9	33,6	24,7	17,7	15,3	13,0	11,8	12,3	16,1	20,7	38,2
1988	36,8	49,8	46,6	31,6	27,7	22,9	18,6	16,7	14,2	17,1	21,4	23,9
1989	36,2	40,3	43,9	32,2	23,7	21,8	18,1	18,3	17,4	16,6	21,4	46,7
1990	38,6	30,4	26,5	24,8	23,5	18,4	17,5	15,9	15,2	19,0	21,9	17,9
1991	24,2	38,2	45,0	40,0	28,8	25,4	20,9	17,7	16,0	19,1	21,0	24,3
1992	37,2	47,4	42,4	41,0						19,1		
1993												
1994							19,2	16,7	14,5	16,8	18,2	21,7
1995	21,5	25,2	25,7	25,6	21,6	16,3	14,5	12,5	12,3	15,5	23,1	19,7

1996	23,8	22,6	32,6	29,1	20,9	17,5	15,5	14,3	14,9	15,4	39,1	35,9
1997	39,6	33,9	34,6	31,2	27,4	30,6	22,1	18,7	17,3	16,3	21,5	33,5
1998	25,4	39,8	32,0	28,4	21,7	18,4	16,0	14,2	11,5	14,2	16,3	20,2
1999	18,0	13,9	21,7	17,1	13,4	12,3	11,2	10,1	11,3	10,4	14,0	13,6
2000	18,2	32,2	42,8	26,2	18,0	15,4	14,4	13,1	15,7	13,0	23,0	37,3
2001	27,8	25,5	28,6	22,0	19,0	17,6	14,5	13,1	13,7	15,7	24,1	26,2
2002	37,8	35,1	31,9	22,6	18,6	15,6	15,0	13,3	12,9	12,7	15,5	17,1
2003	21,3	23,7	36,3	31,5	20,0	16,9	14,5	13,3	12,2	15,6	18,5	20,8
2004	30,6	45,8	37,4	29,8	23,7	19,4	17,0	14,4	12,3	15,8	17,4	19,5
2005	20,6	19,3	27,9	19,4	15,9	13,7	12,2	10,9	10,5	12,5	18,3	35,9
2006	24,3	29,5	41,3	32,3	20,8	17,3	15,2	13,5	13,0	19,5	26,6	40,3
2007	38,9	47,3	37,2	25,0	21,5	18,5	16,4	14,6	12,8	13,7	18,4	20,0
2008	25,8	40,7	46,0	36,4	25,1	20,4	17,7	15,7	13,8	25,4	23,8	21,5
2009	23,9	36,4	44,9	29,9	19,9	16,9	15,3	12,6	14,0	17,0	27,9	28,3
2010	30,3	34,6	34,4	26,3	18,5	16,4	14,4	12,7	11,1	11,8	21,6	24,7
2011	30,5	34,2	42,8	26,9	20,2	19,6	15,7	13,2	11,1	18,0	14,5	22,2
2012	22,2	38,9	26,3	21,0	17,3	17,2	14,0	11,1	10,3	10,5	36,3	16,0
2013	30,4	31,3	43,5	57,7	20,7	20,6	16,4	14,4	12,8	13,8	22,0	21,7
2014	17,8	26,0	37,9	24,0	16,9	15,8	15,4	13,5	12,0	13,1	26,0	36,2
2015	20,7	19,7	29,5	25,8	21,5	17,1	14,9	12,4	12,0	9,6	10,1	21,0
2016	26,5	22,1	25,5	16,7	15,5	14,7	11,8	10,9	9,1	10,8	17,8	23,1
2017	18,0	25,4	28,4	18,9	14,4	13,2	11,4	10,1	8,5	7,4	14,6	35,5
2018	26,0	20,2	22,5	19,1	15,5	13,5	11,8	10,2	9,5	11,8	18,9	21,5
2019	21,5	21,2	21,1	21,0	15,4	14,2	12,5	9,6	8,4	10,8	12,1	13,9
2020	20,3	29,4	21,2	17,8	14,1	13,0	10,8	8,8	7,1	7,9	14,6	
2021	19,8	15,2	21,2	17,6	12,8	10,2	8,5	7,6	6,0	12,1	20,2	26,4
2022	32,4	48,7	47,4	20,1	14,7	14,1	12,5	10,6				
Total	1364,3	1498,4	1590,5	1286,6	924,3	797,9	714,2	628,8	592,6	740,8	995,8	1228,6

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Com a análise dos dados obtidos da vazão média anual constatou-se, que no ano de 2022 houve a menor taxa de vazão dentre os anos de 1971 a 2022, sendo um total de 14,0 ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) e a maior taxa de vazão média anual ocorreu no ano de 1992, com um total de 37,4 ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) (Tabela 3)

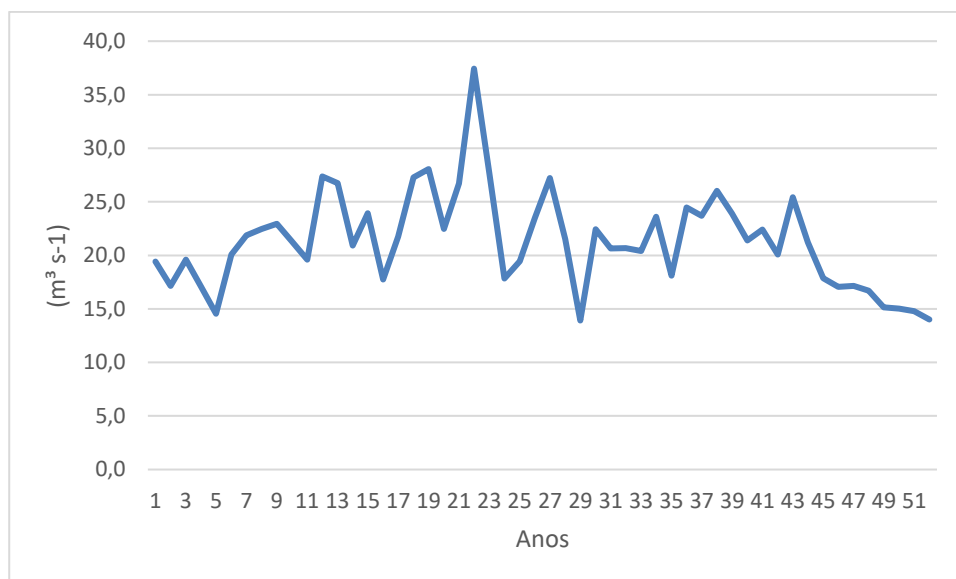
Tabela 3 – médias anuais de vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) para os anos de 1971 – 2022

Anos 70	Vazão	Anos 80	Vazão	Anos 90	Vazão	Anos 00	Vazão	anos 10	Vazão	Anos 20	Vazão
1971	19,4	1981	19,6	1991	26,7	2001	20,7	2011	22,4	2021	14,8
1972	17,2	1982	27,4	1992	37,4	2002	20,7	2012	20,1	2022	14,0
1973	19,6	1983	26,7	1993	27,6	2003	20,4	2013	25,4		
1974	17,1	1984	20,9	1994	17,8	2004	23,6	2014	21,2		
1975	14,5	1985	23,9	1995	19,5	2005	18,1	2015	17,9		
1976	20,1	1986	17,8	1996	23,5	2006	24,5	2016	17,1		
1977	21,9	1987	21,8	1997	27,2	2007	23,7	2017	17,1		
1978	22,5	1988	27,3	1998	21,5	2008	26,0	2018	16,7		
1979	22,9	1989	28,0	1999	13,9	2009	23,9	2019	15,1		
1980	21,3	1990	22,5	2000	22,4	2010	21,4	2020	15,0		

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

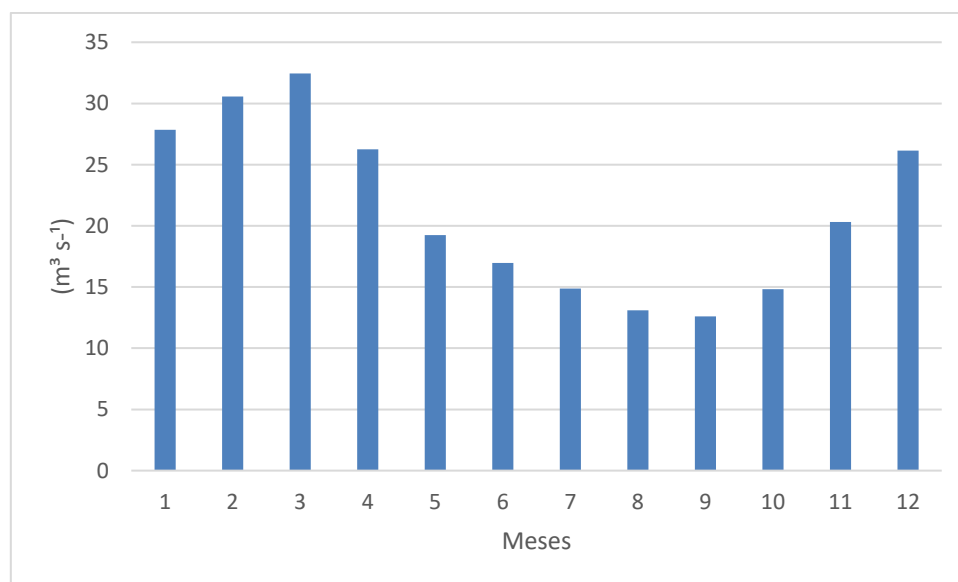
Na análise da alteração da vazão, utiliza-se o tempo e o nível em que as vazões se encontram em determinados anos e as médias dos mesmos para que fosse possível a obtenção de dados precisos. Então, com base na (figura 4) pode-se avaliar a alteração na vazão média que ocorreram-se todos os anos desde 1971 a 2022. A maior vazão ocorreu no mês de março e menor vazão no mês de agosto.

Figura 4 –Vazão média anual ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) obtida a partir dos anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste de Goiás, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 5 –Vazão Média mensal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) obtidas entre os anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, Goiás, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Para correlacionar as mudanças, alterações e analisar os níveis de picos foi necessário o uso dos valores médios máximos mensais como mostrado na Tabela 4. O ano de 1996, com o pico de $134,4 \text{ m}^3/\text{s}$, coincide com registros históricos de precipitações mais intensas em parte da região Centro-Oeste, conforme os dados da ANA e os estudos de (MACEDO, 2013), que identificaram

um aumento significativo nas vazões em bacias agrícolas naquele período. Por outro lado, a baixa registrada em setembro de 2021 reflete um período prolongado de estiagem e coincide com um ciclo de maior pressão sobre os recursos hídricos, resultado do aumento da demanda agrícola e da redução da cobertura vegetal nativa.

Tabela 4: Vazões máximas mensais ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) para os anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste de Goiás, Brasil.

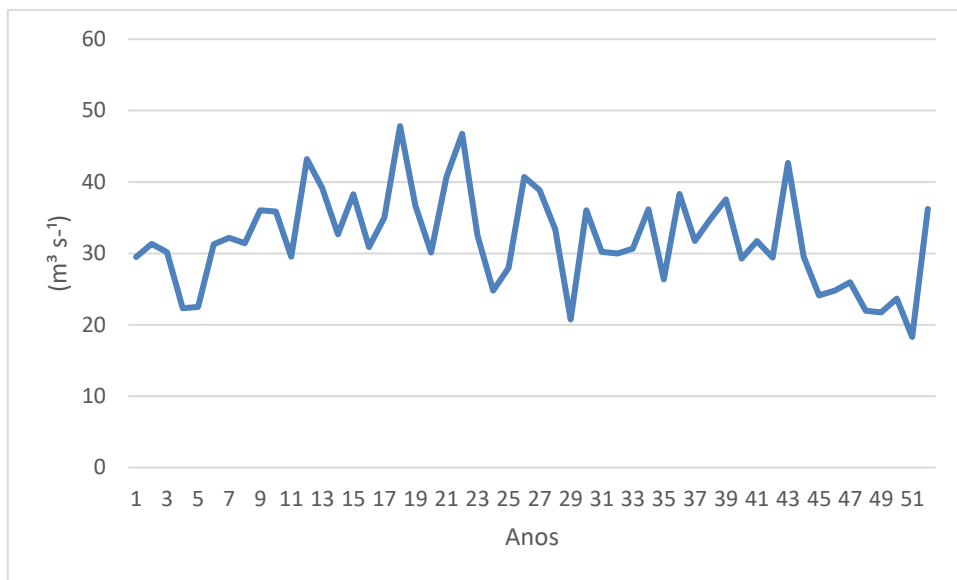
Ano	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1971										20,6	17,5	112,3
1972	21,5	49,4	26,5	28,7	20,0	11,4	14,8	9,4	12,6	30,0	68,4	83,0
1973	40,5	27,2	45,7	37,1	17,0	13,6						
1974							14,6	19,6	14,9	30,1	22,6	32,2
1975	43,3	21,5	31,2	30,5	17,9	11,5	11,8	9,5	10,1	13,9	34,3	34,3
1976	30,1	53,7	30,9	40,6	25,2	17,6	12,1	11,5	23,3	28,0	47,8	54,5
1977	59,4	92,6	33,0	31,7	26,4	19,6	16,5	13,0	18,6	16,9	27,6	30,5
1978	74,2	30,5	51,5	37,9	24,1	25,6	21,5	14,9	23,3	16,2	25,2	32,2
1979	74,6	77,1	49,9	28,0	21,5	18,9	17,9	17,2	24,9	26,0	21,5	55,0
1980	46,9	115,1	37,4	43,3	22,9	18,6	17,2	13,3	12,4	19,3	28,0	55,8
1981	43,7	40,1	53,7	34,3	25,2	17,2	22,2	12,7	14,6	18,2	31,7	40,6
1982	79,0	58,0	67,6	74,6	34,3	26,0	24,1	22,9	20,0	30,9	33,0	47,8
1983	64,8	55,0	43,7	49,0	26,0	26,0	28,4	17,9	28,0	31,3	35,6	63,4
1984	70,8	43,7	32,6	60,3	23,7	17,2	15,2	22,9	20,0	24,1	27,2	34,3
1985	86,0	56,3	68,0	46,5	28,0	21,8	22,9	15,2	16,9	39,2	27,6	30,9
1986	37,0	39,7	37,4	26,0	20,7	18,2	13,6	18,9	26,0	29,2	26,4	77,1
1987	47,4	47,4	70,4	38,3	23,3	18,6	14,6	14,3	20,7	28,8	33,5	63,0
1988	99,4	107,9	105,2	42,9	33,0	30,9	20,0	17,2	15,2	20,4	34,8	46,9
1989	46,1	56,7	50,3	39,2	25,6	24,9	21,1	23,3	21,8	22,2	31,3	77,5
1990	66,6	35,5	37,8	29,8	29,8	19,4	23,3	19,7	18,7	27,1	31,4	22,2
1991	40,9	51,5	111,8	76,6	31,9	28,6	22,5	19,4	18,0	21,8	27,1	38,2
1992	53,7	63,0	50,7	50,3						16,0		
1993												
1994							19,7	17,7	15,1	29,4	24,8	42,1
1995	45,7	30,6	33,9	35,5	31,9	17,7	16,0	13,5	20,1	19,4	44,5	26,7
1996	47,8	33,5	46,1	55,0	22,9	20,1	16,3	20,4	18,7	23,6	134,4	49,4
1997	52,8	49,0	49,4	45,3	44,1	51,1	24,4	20,1	26,7	20,8	36,7	46,1
1998	42,9	76,6	45,7	47,4	27,4	21,5	16,7	20,4	17,0	22,5	25,5	36,7
1999	27,4	20,8	38,6	29,0	14,4	12,6	12,0	10,6	17,3	14,4	25,9	25,9
2000	31,0	51,5	98,3	37,4	20,4	16,3	15,4	14,8	20,8	14,8	37,0	74,6
2001	37,8	35,2	44,9	40,1	29,8	22,2	16,0	15,4	21,5	21,5	37,0	40,9
2002	59,8	53,7	51,5	33,5	22,9	17,0	17,3	15,1	18,7	22,2	24,0	24,0
2003	37,8	38,6	51,5	58,9	24,8	19,0	15,4	15,4	15,4	27,8	29,8	33,5

2004	61,2	80,5	69,9	44,9	32,3	22,9	18,0	15,7	13,5	25,5	24,0	25,5
2005	27,4	30,6	49,0	25,5	20,8	15,4	13,5	12,3	12,9	17,3	31,0	60,3
2006	37,8	43,3	67,6	44,9	22,9	19,0	16,3	14,8	17,0	37,4	71,8	67,1
2007	58,5	67,6	53,7	27,4	29,0	20,8	17,3	16,3	14,8	17,7	24,0	33,5
2008	39,3	55,0	56,7	45,3	30,6	22,2	18,7	16,7	15,1	56,3	31,4	30,6
2009	43,3	72,7	107,4	38,2	23,6	18,0	16,0	14,1	19,4	25,5	39,0	33,5
2010	37,0	49,9	56,7	54,1	19,4	17,3	15,4	13,5	11,7	16,6	27,4	32,3
2011	45,3	46,5	67,6	49,0	26,7	28,6	17,0	14,1	11,7	27,4	15,4	31,4
2012	29,8	56,7	39,7	28,2	20,8	24,8	16,3	12,0	16,7	13,5	70,4	23,6
2013	52,8	42,5	122,4	99,9	24,8	24,8	18,0	15,4	14,4	22,9	42,5	31,4
2014	22,2	44,1	48,2	36,7	18,3	16,0	22,2	14,8	14,8	14,1	43,7	59,4
2015	26,9	28,1	46,9	29,4	34,8	19,2	15,8	13,5	16,1	12,5	14,8	31,5
2016	39,9	40,5	45,3	17,8	15,8	22,0	12,9	12,5	10,3	17,0	24,7	38,8
2017	30,7	41,7	41,7	37,0	15,1	14,1	11,9	10,7	9,4	8,2	33,8	56,7
2018	42,5	27,7	29,9	22,2	18,2	14,8	12,5	10,7	9,7	18,3	26,2	30,9
2019	59,2	28,4	27,1	34,8	17,5	14,5	13,7	10,7	10,0	12,1	14,6	18,3
2020	50,5	62,5	27,7	19,9	15,6	13,8	11,9	9,7	7,9	17,1	21,1	26,0
2021	21,7	18,7	29,9	19,7	14,8	11,6	9,1	8,2	7,8	15,0	28,4	34,4
2022	62,7	63,2	78,0	28,6	15,8	16,5	13,3	11,6				
	2297,	2411,	2561,	1931,	1132,					1101,	1636,	2097,
Total	8	5	0	6	1	939,5	813,6	723,5	784,4	4	8	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Durantes os anos houve alterações significativas nas médias máximas, pois houve variações climáticas. Então, em um mesmo dia ou mês do ano seguinte não ocorreu uma vazão média máxima e mínima semelhante ao ano anterior. Neste caso, foi necessário obter o dado médios das vazões máximas anuais e mensais (Figura 5 e Figura 6).

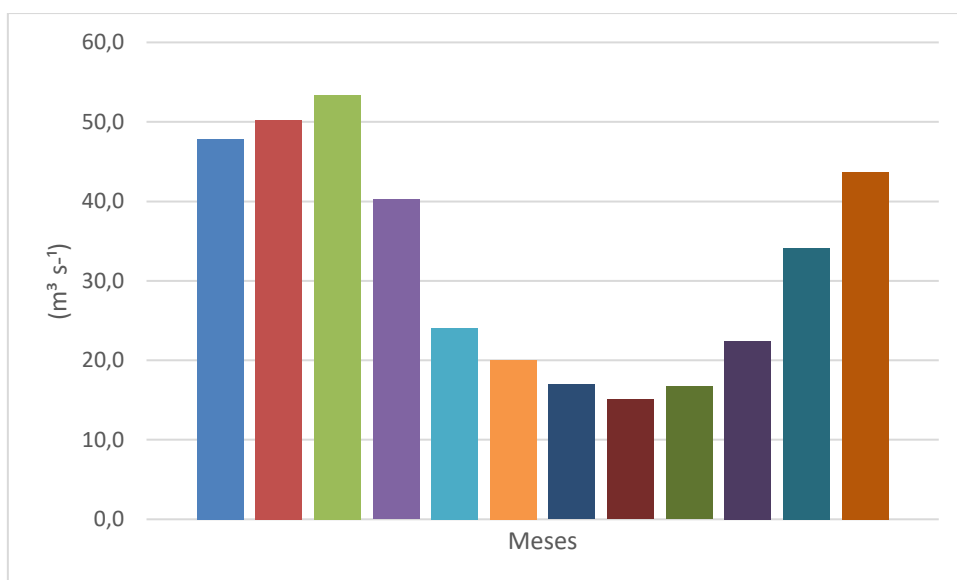
Figura 6 –Vazão média máxima anual ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) obtida a partir dos anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste de Goiás, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Observa-se que não verificou-se um padrão, pois a variação dos anos pode ter sido grande, em consequência, da enorme escala de dados e mudanças gerais ou específicas como o próprio clima. No entanto, as vazões máximas mensais tiveram um padrão, pois em meses de chuva, a vazão aumenta e em meses de seca, ela diminui (Figura 7).

Figura 7 – Vazão média máxima mensal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) obtidas entre os anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste Goiás, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Novamente, para correlacionar as mudanças, alterações e analisar dos níveis de picos foi necessário o uso dos valores médios mínimos mensais. O menor valor da média máxima de

vazões mensais foi atingido em setembro de 2021, sendo 4.8811 ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) e o maior valor alcançado ocorreu em novembro de 1992, com 34.3574 ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) (Tabela 5).

Tabela 5: Vazões mínimas mensais ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) para os anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste de Goiás, Brasil.

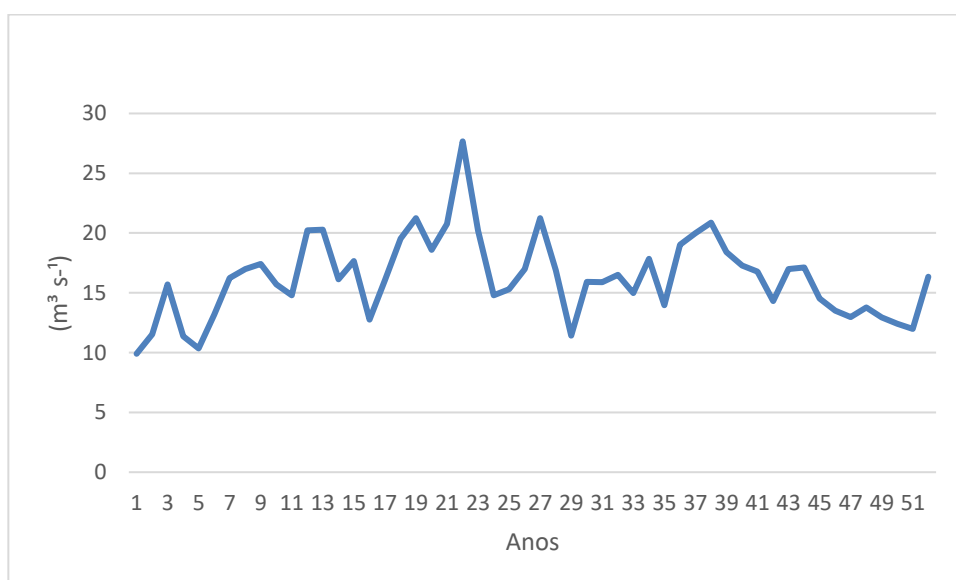
Ano	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1971										11,9	8,6	9,2
1972	15,4	14,8	15,1	12,1	11,0	9,6	9,2	8,4	7,6	8,4	13,6	13,1
1973	15,9	18,3	18,9	15,4	13,3	12,4						
1974							13,3	12,1	10,9	11,5	10,1	10,3
1975	14,6	13,3	11,5	13,0	11,5	10,1	9,5	7,9	7,2	7,7	7,7	10,3
1976	13,9	16,5	17,9	14,6	14,6	12,4	10,6	9,8	9,0	10,6	13,3	14,9
1977	20,4	21,5	23,3	21,5	17,9	16,5	13,3	11,5	10,9	9,5	12,4	16,2
1978	18,2	17,9	20,0	18,2	18,9	17,9	15,2	13,3	13,0	14,3	14,6	22,2
1979	19,6	26,0	25,2	21,5	17,9	16,2	14,9	12,7	13,9	12,1	14,3	14,6
1980	21,5	23,3	19,6	18,9	17,6	14,6	13,0	11,8	11,2	10,1	11,8	15,2
1981	18,6	16,2	16,2	17,9	14,3	13,3	12,7	10,9	9,8	10,9	15,5	21,1
1982	19,6	21,5	30,9	25,6	22,9	20,0	16,9	15,9	15,2	16,2	17,6	20,4
1983	26,0	26,8	24,5	26,4	21,1	18,2	16,2	14,6	13,9	15,5	17,2	22,9
1984	21,5	21,1	20,7	21,8	17,6	15,2	13,3	12,1	12,7	11,5	10,3	15,9
1985	19,6	26,4	26,4	24,5	18,9	17,6	15,2	13,9	12,1	11,8	12,1	13,3
1986	14,9	17,9	17,2	15,2	14,6	12,1	11,5	8,7	9,2	9,5	9,5	12,7
1987	20,0	20,7	19,6	20,4	15,2	13,9	11,5	10,9	10,3	11,2	14,6	24,1
1988	22,6	33,0	20,7	22,6	24,5	20,0	17,2	15,2	12,7	14,6	16,5	14,9
1989	28,0	28,4	33,9	24,5	22,2	18,9	16,2	15,2	14,9	13,9	15,5	23,3
1990	27,8	24,8	23,6	20,8	19,7	17,3	15,1	13,8	13,5	15,7	15,4	15,7
1991	15,1	25,5	27,1	29,8	26,7	22,9	19,4	16,3	15,1	16,0	17,3	18,0
1992	22,5	31,0	34,4	34,4						16,0		
1993												
1994							18,0	15,4	13,8	12,9	12,9	15,7
1995	16,7	19,4	17,3	20,8	17,3	16,0	13,5	11,7	10,6	12,6	12,3	15,4
1996	15,1	15,4	22,5	21,1	20,1	16,0	14,1	12,9	12,9	12,3	15,7	25,5
1997	27,1	25,5	26,3	25,5	22,2	22,9	20,1	16,7	16,0	14,1	16,0	22,5
1998	19,0	24,8	26,3	21,1	19,4	17,3	15,4	12,3	9,8	10,9	11,2	15,1
1999	14,8	10,9	14,4	14,1	12,3	11,7	10,6	10,1	9,0	9,0	10,1	10,1
2000	12,9	16,7	24,0	20,8	16,3	14,4	13,8	11,7	13,2	10,3	13,5	23,3
2001	20,8	20,8	20,8	16,7	16,0	16,0	13,5	12,0	11,5	11,7	12,6	18,3
2002	24,0	26,7	24,0	18,3	17,0	14,8	14,1	11,5	11,5	11,2	11,7	13,2
2003	12,9	18,0	17,3	21,5	18,0	16,0	13,5	12,6	10,6	10,1	14,1	15,1
2004	16,7	27,4	27,8	24,8	20,4	18,0	15,7	13,2	10,9	10,9	12,6	15,7
2005	17,3	14,4	16,7	16,7	13,8	12,9	11,2	10,3	10,1	10,3	12,3	21,5
2006	17,3	23,6	31,4	22,9	19,4	16,3	14,1	12,9	11,5	14,1	15,7	29,0
2007	31,0	39,3	27,4	22,9	19,4	17,3	15,7	13,5	12,3	11,7	15,4	13,8

2008	16,7	31,4	35,5	30,6	22,2	18,7	17,0	14,4	13,2	13,8	19,4	17,3
2009	18,0	22,9	25,1	23,3	18,3	16,0	14,1	11,5	11,5	14,1	21,5	24,4
2010	25,9	21,8	24,0	19,4	17,3	15,4	13,8	11,7	10,6	10,6	16,0	20,8
2011	20,1	22,9	28,2	21,5	17,7	17,0	14,1	11,7	10,6	11,2	13,5	12,9
2012	18,0	21,5	21,5	18,3	15,7	15,1	12,0	10,1	8,7	8,7	8,7	13,5
2013	12,6	23,6	24,8	24,8	18,7	18,0	15,4	13,5	12,0	11,5	13,5	15,4
2014	14,8	17,0	33,9	18,7	16,0	15,4	13,8	12,3	10,3	12,3	13,5	27,4
2015	16,1	14,8	19,0	22,2	19,2	16,1	13,8	11,6	10,0	8,8	8,8	13,7
2016	18,7	16,5	18,2	15,8	15,1	12,9	11,3	10,3	7,9	7,9	12,9	14,6
2017	10,7	17,8	18,2	15,1	13,2	11,9	10,7	9,4	7,7	7,1	7,1	26,8
2018	16,1	15,8	20,6	16,5	14,5	12,5	11,0	9,7	9,1	8,8	12,5	18,0
2019	13,8	18,0	17,8	16,5	14,5	13,8	10,7	8,8	7,7	10,3	11,0	12,4
2020	13,8	18,9	19,6	14,1	13,8	11,9	9,7	7,9	6,2	5,4	8,5	18,9
2021	17,8	13,2	16,8	15,1	11,6	9,1	8,2	6,8	4,9	8,5	14,3	17,5
2022	18,2	32,0	21,3	16,8	14,1	13,5	11,7	9,4		10,1	13,1	19,3
1036, 1087,												
Total	892,6	2	9	974,8	813,8	726,4	655,0	571,4	517,3	570,5	648,4	855,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

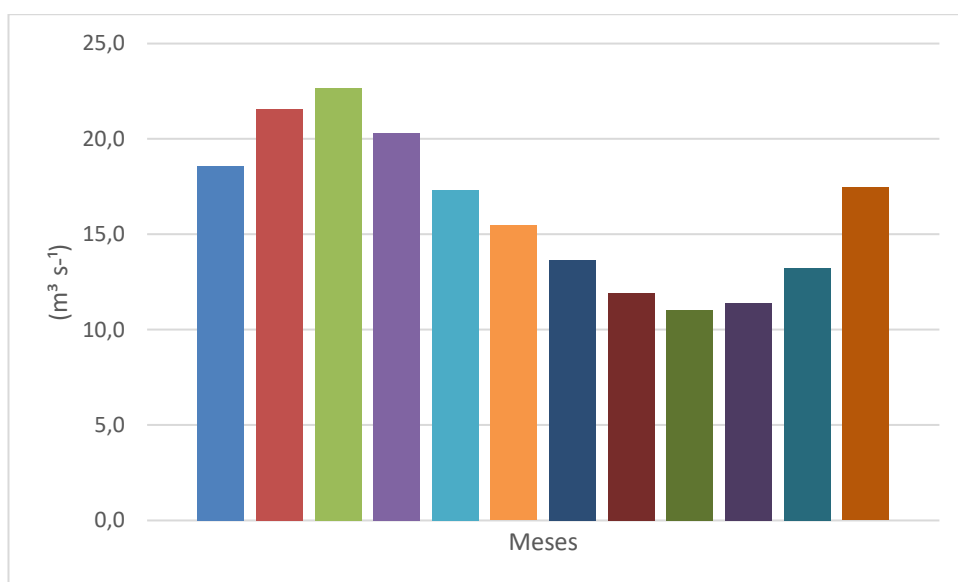
O mesmo caso ocorre na vazão média mínima anual, que ao longo dos anos não foi observado uma padronização, pois os fatores diversos faz com que a vazão tenha variações todos os anos. O menor índice de chuva, por exemplo, que faz com um mês específico tenha mais ou menos chuva do que o mesmo mês do ano anterior. Dito isto foi feito a análise da mesma para poder comparar as mudanças entre os anos nesse quesito (Tabela 5).

Figura 8 –Vazão média mínima anual ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) obtida a partir dos anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste de Goiás, Brasil.



A vazão média mínima se mantém em um padrão com poucas variações, pois mesmo que haja poucas chuvas durante o ano a bacia ainda tem água armazenada no subsolo, que tem escoamento mais lento, que recarrega o leito principal da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, então a variação geral não é significativa (Tabela 5)

Figura 9. – Vazão média mínima mensal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) obtidas entre os anos de 1971 – 2022 para estação da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, Rio Verde, sudoeste de Goiás, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A partir da análise temporal da vazão da bacia hidrográfica do rio Verdinho, no período de 1971 a 2022, verificou-se uma tendência significativa de redução no volume de água escoado em grande parte do ano. A variação percentual mostra uma redução média de -16,19% em janeiro, seguida por quedas em maio (-4,2%), junho (-1,4%), julho (-6,9%), agosto (-9%), setembro (-22%), outubro (-24%), novembro (-3,7%) e dezembro (-12,5%). Apenas os meses de fevereiro (0,4%), março (13,9%) e abril (7,8%) apresentaram aumento na vazão, o que pode estar relacionado a eventos isolados de precipitação mais intensa ou variações interanuais como o El Niño e a La Niña (Silva, 2025).

Esses resultados apontam para uma alteração no regime hidrológico da bacia, com impacto direto na disponibilidade hídrica ao longo do ano. As causas desse comportamento estão associadas, principalmente, à expansão da agropecuária, da agricultura mecanizada e da

urbanização, que alteram significativamente a cobertura do solo e a capacidade de retenção de água. O uso intensivo do solo, especialmente em áreas de nascentes e margens dos rios, contribui para o aumento da compactação e redução da infiltração, provocando um escoamento mais rápido das águas das chuvas (PIROLI, 2022; SILVA, et al., 2023).

Além disso, as mudanças no padrão climático, como o aumento da frequência de chuvas intensas em curtos períodos, causam saturação do solo e reduzem a capacidade de absorção da água, fazendo com que a vazão aumente rapidamente e diminua de forma abrupta, o que intensifica a perda de água por escoamento superficial (DRUMOND, 2024); Macedo et al., 2010). O desmatamento e a substituição da vegetação nativa por monoculturas também são fatores relevantes, pois reduzem a interceptação da água pela vegetação e a proteção do solo contra a erosão e a perda de umidade.

Dessa forma, os resultados obtidos evidenciam a urgência da implementação de um plano de manejo ambiental voltado ao uso e à cobertura da terra, com base em práticas de desenvolvimento sustentável. É fundamental estabelecer diretrizes que respeitem os limites da legislação ambiental vigente e que promovam a conservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas associados. Conforme ressaltado por SOUZA, et al., (2024), o uso racional da terra e o monitoramento contínuo das vazões são estratégias essenciais para garantir a segurança hídrica e mitigar os impactos causados pelas atividades humanas na bacia hidrográfica do rio Verdinho.

Observa-se que houve variações na vazão no período de 1971 a 2022, isto pode ser resultado de vários fatores, e um deles é o uso e cobertura da terra que influencia na infiltração. A infiltração favorece o armazenamento dos recursos hídricos. No entanto, as mudanças no uso e cobertura da terra no decorrer dos anos tem-se consolidado como uso predominante do solo em prol da subsistência humana e economia.. Nas Figuras A e B, nota-se que houve a mudança do uso do solo, o que pode resultar na diminuição da vazão ao longo dos anos analisados.

Observa-se, na Figura A, a delimitação da área da bacia hidrográfica no ano de 1971, enquanto a Figura B apresenta a mesma bacia no ano de 2022, evidenciando mudanças em sua cobertura e uso do solo ao longo do período.

Figura: (A)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura: (B)

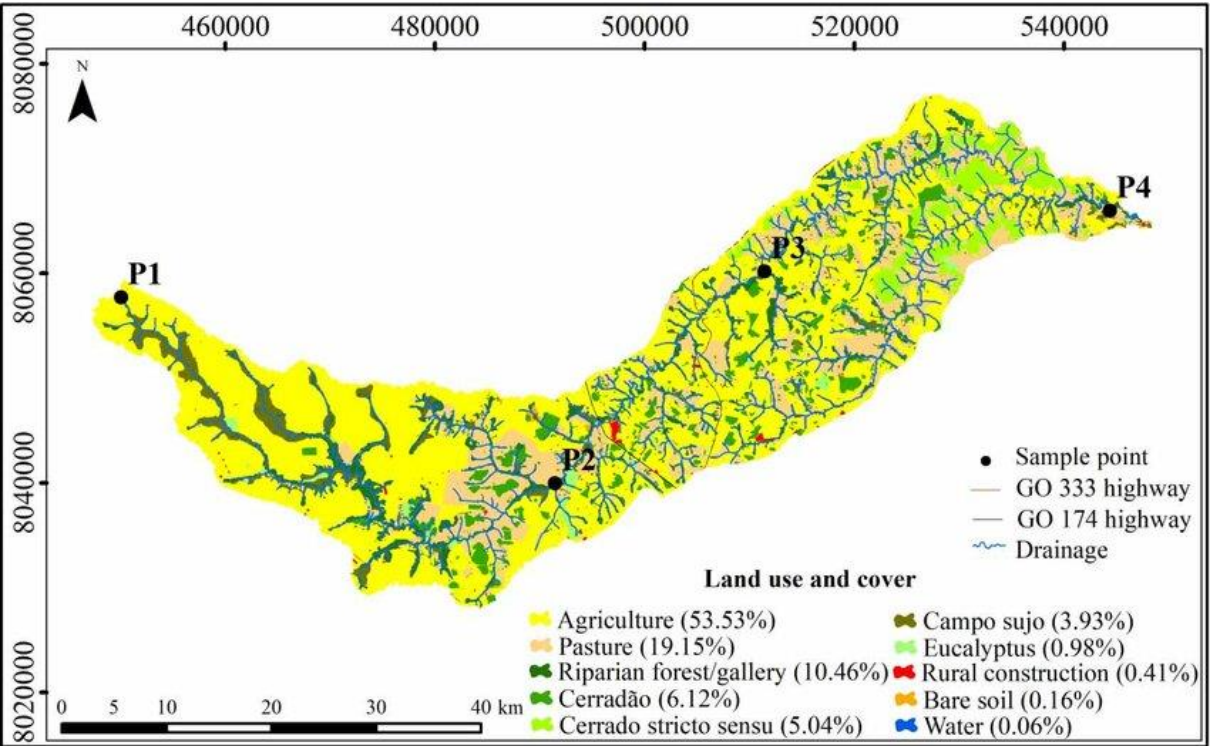


Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A análise do uso e cobertura da terra, baseada em HONORATO, (2025), indica que mais de metade ($\approx 53,5 \%$) da bacia do rio Verdinho é ocupada por cultivos agrícolas, com cerca de 19,2 % em pastagens e apenas 25,6 % remanescentes em vegetação nativa. A distribuição espacial mostra que grande parte da ocupação agrícola coincide com áreas de maior declividade ($> 8 \%$), perfil que intensifica significativamente os processos erosivos e o escoamento superficial, conforme discutido por (DRUMOND, 2024). Já nas zonas de baixa inclinação (0–8 %), onde há maior proporção de solo nativo, a infiltração é mais eficiente,

embora a expansão de uso agrícola mecanizado reduza essa dinâmica natural e eleve o risco de encharcamento – também apontado por Ramos e Araújo (2022). A combinação do mapa de declividade (figura 3) e do uso do solo (figura 10) reforça a necessidade de planejamento territorial que integre práticas conservacionistas, garantindo a recarga hídrica e a estabilidade do regime de vazão na bacia.

Figura 10 – Uso e cobertura da terra na bacia do rio Verdinho



Fonte: Alves et al (2020)

Essa relação entre os fenômenos climáticos e as vazões não foi apenas confirmada estatisticamente, mas também relatada por Silva (2025), em estudo sobre a precipitação em bacias hidrográficas de Rio Verde. A autora identificou que anos de El Niño estavam ligados a períodos críticos de baixa pluviometria e maior estresse hídrico, especialmente nos meses de dezembro a fevereiro, enquanto os anos de La Niña registraram aumento da variabilidade das chuvas e maior intensidade dos eventos extremos mostrado na tabela 6.

Tabela 6: variações anuais de El Niño e La Niña

Período	Eventos	
1972-73, 82-83, 97-98, 2015-16	El Niño forte	Déficit pluviométrico médio de 20-30 %; vazões mínimas anuais até 35 % abaixo da

		climatologia; maior pressão sobre o Córrego Abóboras no pico de safra.
1991-92, 2002-03, 2009-10, 2018-19	El Niño moderado	Redução de chuvas ~15 %; recargas menores no aquífero Lajes, porém sem colapso de abastecimento.
1973-76, 1988-89, 1999-2001, 2010-12, 2020-22	La Niña forte	Excedente pluviométrico de 25-40 %; picos de vazão até 45 % acima da média; episódios de erosão e assoreamento no leito do Verdinho.
2007-09, 2016-18	La Niña moderada	Chuvas 10-20 % acima da média; elevação dos sólidos suspensos, mas sem transbordamentos significativos.
1979, 1984-85, 1993-94, 2013	Anos neutros	Vazões próximas à mediana; oscilações controladas mais pelo uso do solo do que por forçantes oceânicas.

5. CONCLUSÃO

Com o presente estudo constatou que entre os anos de 1971 e 2022 a bacia hidrográfica do Rio verdinho teve uma diminuição da vazão de aproximadamente -16,19% no mês de janeiro, -4,2% em maio, -1,4% em junho, -6,9% em julho, -9% em agosto, -22% em setembro, -24% em outubro, -3,7% em novembro e -12,5% em dezembro houve um aumento percentual apenas nos meses de fevereiro, março e abril de 0,4%, 13,9% e 7,8% respectivamente.

Dessa forma, houve alterações significativas na vazão, ou seja, o volume distribuído pela bacia do rio verdinho atualmente está escoando mais rápido devido a diversos fatores com os principais sendo o uso do solo para agropecuária, agricultura e urbanização, tendo também fatores como o clima como fortes chuvas que aumentam a quantidade de água por m³ causando efeitos de saturação do solo que retém uma menor quantia de água e as atividades humanas como desmatamento também contribuem fortemente para esta alteração.

Os resultados apresentados evidenciam a necessidade de implementar um plano de manejo para o uso e a cobertura da terra, com foco no desenvolvimento sustentável. É crucial buscar maneiras de evitar o uso da região de forma prejudicial ao ambiente, respeitando as exigências das leis ambientais atuais. Com base nessa análise, é fundamental garantir o uso racional dos recursos naturais que ainda existem na região, sempre com o objetivo de preservar

o meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Olinda Conceição Passos. Classificação climática e disponibilidade hídrica no auxílio do planejamento ambiental e socioeconômico no município de Goiás (GO): a exemplo o projeto de Assentamento Mosquito. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Goiás (Brazil).

ALMEIDA, Josefa Morgana Viturino de. Índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas na região Centro-Oeste do Brasil. 2012.

ALVES, Wellmo. Geotecnologias aplicadas em estudos hidrogeográficos na bacia do Rio Verdinho–Sudoeste de Goiás–Brasil. 2019.

ANA. Agência Nacional das Águas. Rio Madeira. Disponível em http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala_de_situacao.

Análise temporal das vazões e manejo hídrico em bacias agrícolas. Revista Brasileira de Hidrologia.

ARIAS, A. R.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 61-72, 2007.

Ávila M,W; Hora M, A, G M; Ávila C, R; Alves F, V; Faria M, M; Vieira M, R Gestão qualitativa dos recursos hídricos. Proposta metodológica para o planejamento de uma rede de estações para monitoramento da qualidade de águas superficiais. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Muriaé. **RBRH**, v. 21, p. 401-415, 2016.

BALBINO, Nataluzo da Silva. Conflito de uso entre abastecimento público e irrigação associado à crise hídrica na Bacia do Alto Descoberto, Distrito Federal. 2021.

BARCELLOS, Christovam; RAMALHO, Walter. Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. *Informática pública*, v. 4, n. 2, p. 221-230, 2002.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. *Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional*, v. 4, n. 1, 2008.

BESSA, Lara Kênia de. As Plantações de Soja e o Impacto Ambiental causado na Água e Solo na Região do Cerrado/Centro Oeste/Cidade de Cristalina Goiás. 2006.

Blainski, Éverton, Silveira, F. A., Conceição, G., Garbossa, L. H. P., & Vianna, L. F..

Simulação de cenários de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Araranguá utilizando a técnica da modelagem hidrológica. **Agropecuária Catarinense**, v. 24, n. 1, p. 65-70, 2011.

BORGES, Ronan Eustáquio. No meio da soja, o brilho dos telhados: a implantação da Perdigão em Rio Verde (GO), transformações e impactos socioeconômicos e espaciais. 2006.

BUSTAMANTE, Paula Margarita Andrea Cares; DE FÁTIMA BARBOSA, Françoise. A participação da agricultura familiar no âmbito do agronegócio brasileiro. **Estudos do CEPE**, n. 52, p. 67-96, 2020.

CARITÁ, Renata. Avaliação do potencial genotóxico e mutagênico de amostras de águas de recursos hídricos que recebem efluentes urbanos e industriais do polo ceramista da cidade de Santa Gertrudes-SP. 2010.

CARVALHO, João Luís Nunes. Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CORREIA, Camila Nagy. Impactos da urbanização em corpos hídricos na cidade de Apucarana-PR. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COSTA, Rita de Cassia Almeida da et al. Agricultores familiares e os processos complexos da governança e gestão dos recursos hídricos: cenários, práticas e reflexões. 2020.

CUNHA, Dênis Antônio da. Efeitos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira: análise da irrigação como estratégia adaptativa. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

DA ROCHA MENDES, Bruno. Quantificação da demanda de insumos para recuperação de pastagens degradadas no Cerrado da região de MATOPIBA. 2024

Pereira, C. da S., Rodrigues, M. O. S., Barros, C. L. dos S., Almeida, B. L. N. de, & Diogo, M. L. S. de A. (2020). Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 2, p. 58-66, 2020.

DAMAME, Desiree Baldin; LONGO, Regina Marcia; DE OLIVEIRA, Everton Dias. Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas, São Paulo, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2019.

DE ANDRADE, Aparecido Ribeiro; FELCHAK, Ivo Marcelo. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do Rio das Antas-Irati/PR. **Geoambiente on-line**, n. 12, p. 01-25 pág., 2009.

DE CASTRO, César Nunes. A agropecuária na região Centro-Oeste: limitações ao desenvolvimento e desafios futuros. Texto para Discussão, 2014.

DE MACEDO, Fernando César; PORTO, Leonardo. Existe uma política nacional de

desenvolvimento regional no Brasil?. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 14, n. 2, 2018.

DE MESQUITA OLIVEIRA, Ruan Carlos; LIMA, Patrícia Verônica Pinheiro Sales; SOUSA, Rennaly Patrício. Gestão ambiental e gestão dos recursos hídricos no contexto do uso e ocupação do solo nos municípios. **Gestão & Regionalidade**, v. 33, n. 97, p. 48-64, 2017.

DE SOUZA, CLAUDINÉIA AGUIAR. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS-PROFÁGUA. 2020.

DIAS, Reinaldo; MATOS, Fernanda. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. Revista Sociedade Científica, v. 6, n. 1, p. 1571-1603, 2023.

DO CARMO GIORDANO, Lucilia; RIEDEL, Paulina Setti. Técnicas de SIG e sensoriamento remoto no planejamento ambiental de parques lineares. **Revista brasileira de cartografia**, v. 58, n. 2, 2006.

DORNELES, Tathiane Marques . A expansão do sistema agroindustrial e o desenvolvimento econômico do Centro-Oeste brasileiro. 2024.

Santos, A. N. dos, Brito, L. P. de, Siqueira, F. L. T. de, & Filho, I. S. P. DESAFIOS E PROGRESSOS: O IMPACTO DAS POLÍTICAS AMBIENTAIS CONTEMPORÂNEAS NA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS. Revista Políticas Públicas & Cidades, v. 13, n. 2, p. e799-e799, 2024.

DOS SANTOS, Estefania Fernandes. Caracterização Hidrogeológica e Hidroquímica da Bacia do Rio Verde Grande em Minas Gerais. 2013.

DRUMOND, Maria do Carmo Souza. ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS REMANESCENTES DE CERRADO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO POMBO, TRÊS LAGOAS - MS. 2024. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/8254> . Acesso em: 12 ago. 2025.

FEARNSIDE, Philip M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta amazônica**, v. 36, p. 395-400, 2006.

FERNANDES, Carlos Eduardo; DOS SANTOS, Carlos Henrique Mendes; BIZZINOTTO, Marllon Batistell Oliveira. A gestão dos recursos hídricos do córrego Água Fria no município de Anápolis (GO) na perspectiva do plano estratégico de desenvolvimento do Centro-Oeste. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27683-27707, 2020.

FERREIRA, Giovanna Barros. Modelagem dinâmica do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, na região do Cerrado até 2052. 2025.

FERREIRA, Marcelo José Monteiro et al. Gestão e uso dos recursos hídricos e a expansão do agronegócio: água para quê e para quem?. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 743-752, 2016.

FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Ateliê Geográfico**, v. 5, n. 3, p. 239-254, 2011.

Gomes, F. B. R., Vargas, I. S., Procópio, A. S., Castro, S. R., & Ribeiro, C. B. de M. Estudo da variabilidade espaço-temporal e tendências de precipitação na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 365-390, 2021.

GONÇALVES, C. D.; RIBEIRO, T. A. A expansão da soja e suas implicações no uso do solo em Goiás.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza. Impacto ambiental da redução de vazão na foz do Rio São Francisco. em: 2016. Disponível https://www.researchgate.net/publication/335880059_IMPACTO_AMBIENTAL_DA_REDUCAO_DE_VAZAO_NA_FOZ_DO_RIO_SAO_FRANCISCO. Acesso em: 12 ago. 2025.

HADDAD, Marcos Bittar. Transformações econômicas e infraestrutura de transportes em Goiás (1960-2014). 2016. Tese de Doutorado. Tese (doutorado)–Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

HOFFMANN, Geovano Pedro. Integração entre variáveis ambientais na avaliação da interação entre as águas em diferentes domínios hidrogeológicos para gestão de bacias hidrográficas. 2023.

HOGAN, Daniel Joseph et al. Um breve perfil ambiental da Região Centro-Oeste. **Migração e ambiente no Centro-Oeste**. Campinas: Núcleo de Estudos de População, Unicamp, Pronex, 2002. HOGAN, 2002

HONORATO, Gustavo Gonçalves et al. Crescimento Econômico e Estrutura Urbana Equilibrada: A Dinâmica Imobiliária de Rio Verde-Goiás. **Boletim do Gerenciamento**, n. 46, 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola do município de Rio Verde. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 12 ago. 2025.

LUCAS, Ariovaldo Antônio Tadeu. Impacto da irrigação na bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins. 2007.

LUCAS, Edmundo Wallace Monteiro. Regionalização dos impactos das mudanças

climáticas nos regimes de chuva e vazão na bacia hidrográfica do Xingu. 2022.

MACEDO, F. C. Inserção externa e território: impactos do comércio exterior na dinâmica regional e urbana do Brasil (1989-2008). 2010. 286 fls. Tese (Livre-Docência) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010a.

MACEDO, Fernando Cezar de. Transformação econômica, inserção externa e dinâmica territorial no Centro-Oeste Brasileiro: o caso de Rio Verde. **Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 35-50, 2013.

MADER, Angélica Maiara Pivatto. Efeitos locais do aquecimento global: tendências de índices de mudanças climáticas nas regiões Oeste e Sudoeste do Paraná. 2025.

MARENGO, José A. et al. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2008.

MARENGO, Jose A.; VALVERDE, Maria C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v. 8, n. 1, p. 5-28, 2007.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 83-96, 2008.

MENDONÇA, Marcelo Rodrigues; JÚNIOR, Antonio Thomaz. A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho. **Investigaciones geográficas**, n. 55, p. 97-121, 2004.

MONDARDO, Marcos Leandro. A “territorialização” do agronegócio globalizado em Barreiras-BA: migração sulista, reestruturação produtiva e contradições sócioterritoriais. **Revista Nera**, v. 13, n. 17, p. 112-130, 2010.

MOURA, Ana Clara Mourão. Contribuições metodológicas do geoprocessamento à geografia. Apostila do Curso de Geoprocessamento, IGC, UFMG, 2000.

NASCIMENTO, Brennda Kelly Sousa. Avaliação do potencial de restauração ambiental de matas ciliares em São Luis do Maranhão—especificamente na APA da baixada maranhense. 2022.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. de; LIMA, J. E. F. W. Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 50 p. (Documentos 56).

PAIVA, Rodrigo Cauduro Dias de et al. Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional: subprojeto Clima: impacto de mudanças climáticas em extremos de vazão (cheias e estiagens): relatório final. 2024.

PAZ, Vital Pedro da Silva; TEODORO, Reges Eduardo Franco; MENDONÇA, Fernando

Campos. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 465-473, 2000.

PEDROSO, I. L. P. B.; SILVA, APP. O papel das políticas públicas no desenvolvimento agroindustrial de Rio Verde–GO. **Caminhos de Geografia**, v. 6, n. 15, p. 20-27, 2005.

PEREIRA JUNIOR, Celino Juvêncio Ribeiro et al. Bacias de retenção como alternativa de drenagem sustentável para o controle de escoamento superficial e criação de áreas verdes e de lazer. 2024.

PIRES, Murilo José de Souza. A dinâmica das estruturas da agricultura familiar na região Centro-Oeste: Uma análise regional por meio de indicadores de localização e especialização. Texto para Discussão, 2024.

PIROLI, Edson Luís. Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas. 2022.

QUIRINO, Jose Carlos; DE JESUS CAFÉ, Laércio. Questões sociais relacionadas aos recursos hídricos na logística: desafios e abordagens sustentáveis. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 5, p. e024005-e024005, 2024.

REGHINI, Fernando Lucas; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 329-339, 2020.

RODRIGUES, Marcos Luis; Silva, Mirian Correa da; Santos, Geyse Oliveira dos, Teixeira, Núbia da Silva. Avaliação das políticas públicas voltadas para o agronegócio: desafios e perspectivas. 2025.

SANTOS, Eva de Fátima Silva. HARVEY, DAVID. CONDIÇÃO PÓS-MODERNA: UMA PESQUISA SOBRE AS ORIGENS DA MUDANÇA CULTURAL. SÃO PAULO: LOYOLA, 1996. **Revista de História Regional**, 2001.

SANTOS, Gilmar Oliveira et al. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 22, n. 17, p. 01-13, 2018.

SARTORI, Aderson; LOMBARDI NETO, Francisco; GENOVEZ, Abel Maia. 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. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 5-18, 2005.

SILVA, 2022 Priscilla Regina da. Análise prospectiva de diferentes cenários de uso do solo e práticas de manejo e conservação de água e solo em bacias hidrográficas agrícolas. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.

SILVA, 2023 LIMA, Silvia Maria Santana Andrade; LOPES, Wilza Gomes Reis; FAÇANHA, Antônio Cardoso. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 11, p. e20180037, 2019.

SILVA, Adeid Rodrigues Santos et al. Análise da relação do uso e cobertura da terra nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu-Ba. 2023.

SILVA, F. L. Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias, Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.3 (2021).

SILVA, G. L. trabalho de conclusão de curso. engenharia ambiental IF Goiano. Rio Verde. 2022. análise espaço-temporal da fragilidade ambiental em uma bacia hidrográfica no sudoeste goiano.

SILVA, Giseli Alves da et al. Preservando o meio ambiente: usando racionalmente os recursos hídricos. 2024.

SILVA, Italo Nascimento. A expansão urbana de Grajaú-MA e os impactos ambientais nos recursos hídricos causados por esgoto doméstico. 2023.

SILVA, Murielle Pereira da et al. ANÁLISE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DE RIO VERDE, SUDOESTE DE GOIÁS, BRASIL. 2025.

SOUSA, Luiz Felipe Santos de. Medidas para Redução de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água. 2025.

SOUZA, Ligia da Paz de et al. Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade aplicados a bacias hidrográficas urbanas: um estudo de caso na região amazônica. 2024.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 263-274, jul./set. 2014. Disponível em <https://www.scielo.br/j/esa/a/LGHjSGCrD9fgGKzFwnnRZhG/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 12 ago. 2025.

TAVARES, Kássio Samay Ribeiro; DE CASTRO, Selma Simões. Incisões erosivas hídricas lineares no Centro-Oeste do Brasil: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 25, n. 4, 2024. TAVARES et al, 2024.

TETILA, Everton Castelão et al. Desafios do modelo de desenvolvimento agrícola do estado de Mato Grosso do Sul: uma proposta para o desenvolvimento sustentável. **Interações (Campo Grande)**, v. 21, n. 3, p. 615-632, 2020.

TOMASONI, Marco Antonio et al. Análise das transformações socioambientais com base em indicadores para recursos hídricos no cerrado baiano: O caso da Bacia hidrográfica do Rio

de Ondas/BA. 2008.

TURATTI, Felipe. Análise dos possíveis impactos decorrentes das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Gravataí. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Lajedo 2016.

UCHÔA, Luiz Romário. Diagnóstico de esgotamento sanitário em comunidade rural, no município de Iguatu-CE. Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social, p. 76.

CARVALHO, Julio Cesar Pereira de et al. A finança capitalista e o agronegócio brasileiro: uma análise da estratégia de acumulação da Cosan SA (2005-2016). 2020.

VANZELA, Luiz et al. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 55-64, 2010.

ZAIDAN, 2017 Ricardo Tavares. Geoprocessamento conceitos e definições. Revista de Geografia-PPGEO-UFJF, v. 7, n. 2, 2017.

ZUANON, Jansen; AKAMA, Alberto. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. Paper do NAEA, 2019.