

Análise da Bacia Hidrográfica das Garças: O uso das geotecnologias para Sustentabilidade Hídrica

Luana Karla Lima dos |Santos
luana.karla@ufpe.br
Leonardo Alexandre Ferreira
leonardo.lfa@ufpe.br
Jefferson Oliveira Vasconcelos
jefferson.ovasconcelos@ufpe.br

Resumo

A pesquisa busca investigar e compreender a dinâmica hidrológica da Bacia Hidrográfica das Garças, localizada no semiárido pernambucano, com o objetivo de analisar sua dinâmica hidrológica e propor práticas sustentáveis de gestão hídrica. O problema de pesquisa centra-se na preservação dos recursos hídricos e nos efeitos da ocupação e uso do solo sobre a disponibilidade de água na região. A metodologia adotada é quantitativa e se baseia em dados fornecidos pelo Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica de Pernambuco (SUPer), além do uso de técnicas de geoprocessamento, permitindo uma análise detalhada do escoamento superficial, infiltração e cobertura vegetal da área estudada. Os resultados indicam que cerca de 70% da vegetação nativa da bacia ainda está preservada, desempenhando um papel fundamental na conservação dos recursos hídricos e contribuindo para os objetivos da ODS 14. A pesquisa conclui que a utilização de tecnologias avançadas e o monitoramento contínuo da bacia são essenciais para a conservação e o desenvolvimento sustentável da região, promovendo práticas que assegurem a segurança hídrica e a proteção do ecossistema local. Esses esforços são fundamentais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e promover o uso sustentável dos recursos naturais na bacia das Garças.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, Geotecnologias, Sustentabilidade hídrica.

1. Introdução

As bacias hidrográficas desempenham um papel essencial na regulação e preservação dos recursos hídricos em uma região, reunindo terras delimitadas por divisores de água que convergem em um rio principal e seus afluentes (ALMEIDA; GOMES; SILVA, 2020). Essas áreas são responsáveis pelo gerenciamento da quantidade hídrica, influenciando o abastecimento de setores diversos, incluindo agricultura, indústria e consumo urbano (SOUZA; OLIVEIRA; SILVA, 2017). Compreender a estrutura e o funcionamento das bacias é fundamental para proteger os recursos hídricos, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde a água é um recurso limitado e valioso (GALVÍNCIO, 2021).

No entanto, as bacias hidrográficas enfrentam pressões significativas devido ao impacto das atividades humanas, como desmatamento, urbanização desordenada e uso inadequado do solo, que comprometem sua função natural de regulação hídrica (FERNANDES; RIBEIRO; COSTA, 2019). Tais ações reduzem a capacidade de infiltração e aumentam o escoamento superficial, afetando a recarga dos aquíferos e a qualidade da água disponível (CUNHA;

SANTOS; MELO, 2021). Essas alterações na dinâmica hidrológica das bacias tornam-se ainda mais graves em contextos de mudanças climáticas, onde o aumento das temperaturas e a variabilidade pluviométrica potencializam os riscos de escassez hídrica (GALVÍNCIO, 2016).

Essa pesquisa, portanto, tem como foco específico analisar e compreender a Bacia Hidrográfica das Garças, situada no semiárido pernambucano, uma região particularmente vulnerável às alterações climáticas e à pressão de usos múltiplos (LIMA; ALMEIDA; SANTANA, 2006). A escolha desta área deve-se às suas características fisiográficas e aos desafios ambientais específicos, como a baixa infiltração e a intensificação do escoamento superficial (GALDINO; OLIVEIRA; RODRIGUES, 2020). Assim, o estudo busca fornecer uma compreensão detalhada da interação entre os elementos naturais da bacia e as influências antrópicas, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos regionais.

No contexto da literatura existente, ainda há uma lacuna importante em estudos que integrem as variáveis geomorfológicas e hidrológicas da Bacia das Garças com dados atualizados e abordagens de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A pesquisa aborda, portanto, questões pouco exploradas na literatura, como os impactos específicos do uso e ocupação do solo na dinâmica hidrológica desta bacia, além das variações na vegetação e nos solos que influenciam a retenção de água e a erosão (ALMEIDA; GOMES; SILVA, 2020; GALVÍNCIO, 2016). Esse foco permite avançar no conhecimento científico e oferecer subsídios para políticas de preservação e manejo sustentável da área estudada.

O estudo busca preencher a lacuna existente em pesquisas detalhadas sobre as dinâmicas ambientais e o comportamento hidrológico das sub-bacias no semiárido, uma região com escassez de dados contínuos que subsidiem a gestão hídrica integrada (GALDINO, OLIVEIRA e RODRIGUES, 2020). A questão principal da pesquisa, portanto, é: como os processos hidrológicos da Bacia das Garças são afetados por fatores naturais e pela ação humana, e quais medidas podem ser adotadas para a conservação desses recursos hídricos?

O objetivo geral deste estudo é caracterizar a dinâmica hidrológica da Bacia Hidrográfica das Garças, avaliando aspectos como escoamento superficial, ciclo hidrológico, cobertura vegetal e as transformações antrópicas que ocorrem na área. Com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a pesquisa busca fornecer uma visão abrangente dos fatores que condicionam o comportamento hidrológico da bacia, promovendo um entendimento mais claro sobre sua gestão e conservação (HAWQS, 2024).

2. Fundamentação teórica

O desgaste das bacias hidrográficas, agravado por mudanças climáticas, tem gerado preocupações quanto à conservação desses ecossistemas, destacando a necessidade de estudos voltados para o monitoramento da infiltração, escoamento e recarga de aquíferos (FERNANDES, RIBEIRO e COSTA, 2019). Estudos recentes indicam que o semiárido pernambucano, necessita de intervenções voltadas à sustentabilidade hídrica, dada a crescente demanda por água e a vulnerabilidade dos recursos locais (GALVÍNCIO, 2021). Neste contexto, a pesquisa focará especificamente na análise estrutural da Bacia Hidrográfica das Garças (PE), investigando componentes críticos como escoamento superficial, ciclo hidrológico, sedimentação, solos, vegetação e efeitos de atividades humanas.

As bacias hidrográficas são unidades essenciais para a gestão ambiental e hídrica, dada a sua função na regulação de fluxos de água e na manutenção dos ecossistemas. A literatura reforça que a análise e a conservação desses sistemas são fundamentais para mitigar os impactos das mudanças climáticas e das intervenções humanas sobre os recursos hídricos (BOTELHO; SILVA, 2012). Estudos iniciais sobre a dinâmica das bacias hidrográficas exploraram conceitos

como escoamento superficial e infiltração, enfatizando a relação entre uso do solo e qualidade da água (CAMPOS, 2006; CREPANI et al., 2008).

Com o avanço das geotecnologias, métodos como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento tornaram-se indispensáveis para a compreensão das interações hidrológicas e geomorfológicas das bacias. Esses métodos permitem mapear mudanças na cobertura do solo, estimar a sedimentação e avaliar o comportamento dos cursos d'água ao longo do tempo (CHRISTOFOLETTI, 1999; CREPANI et al., 2001). Segundo Aguiar et al. (2015), o zoneamento de áreas de risco e a identificação de pontos críticos de escoamento podem subsidiar a formulação de políticas públicas para a preservação ambiental.

O conceito de bacia hidrográfica como unidade de análise se baseia em sua delimitação natural por divisores de água, que integram fluxos superficiais e subterrâneos convergindo para um curso principal (CHRISTOFOLETTI, 1980). De acordo com os estudos de Botelho e Silva (2012), uma bacia hidrográfica também pode ser entendida como um sistema integrado, onde os processos geomorfológicos e hidrológicos interagem diretamente, sendo o manejo sustentável uma questão central para a conservação ambiental. No contexto semiárido, onde os recursos hídricos são limitados, os desafios de gestão tornam-se ainda mais críticos. Fernandes, Ribeiro e Costa (2019) destacam que, em áreas de escassez hídrica, como o semiárido Pernambucano, as práticas de conservação devem priorizar a retenção de água no solo e a preservação de vegetação nativa para manter o ciclo hidrológico equilibrado.

A literatura recente enfatiza a importância de integrar ferramentas de análise espacial e geotecnologias no estudo de bacias hidrográficas, promovendo o entendimento mais detalhado de processos como escoamento, evapotranspiração e recarga de aquíferos (MAGNOLI, 2004; GALVÍNCIO, 2016). O uso de plataformas como ArcGIS e outros sistemas de informação geográfica (GIS) têm facilitado a aplicação de modelos hidrológicos e a avaliação da sustentabilidade hídrica em bacias críticas (ESRI, 2008). Segundo Galvício (2021), em regiões como o semiárido nordestino, o monitoramento constante da cobertura vegetal e das mudanças no uso do solo é essencial para mitigar o risco de degradação.

Embora haja avanços significativos na compreensão das dinâmicas ambientais das bacias hidrográficas, ainda existem lacunas em estudos que relacionem especificamente os efeitos da antropização e das mudanças climáticas sobre a sustentabilidade hídrica em subbacias semiáridas. Estudos empíricos recentes, como o de Lima et al. (2006), reforçam a necessidade de pesquisas que integrem variáveis geomorfológicas e hidrológicas para fornecer dados precisos e atualizados sobre as alterações no uso do solo e seus impactos no ciclo hidrológico.

3. Metodologia

A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa e descritiva, direcionada à caracterização da dinâmica hidrológica e geomorfológica da Bacia Hidrográfica das Garças, localizada no oeste de Pernambuco. Esta escolha metodológica baseia-se em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, fundamentais para uma análise aprofundada das variáveis ambientais da região, tais como escoamento superficial, infiltração e cobertura do solo (GALVÍNCIO, 2021). A estratégia metodológica contou com dados fornecidos pelo Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica de Pernambuco (SUPer), que, ao disponibilizar informações hidrológicas atualizadas, corroborou o delineamento técnico e científico do estudo (HAWQS, 2024).

O estudo tem como público-alvo gestores de recursos hídricos, pesquisadores em geociências e profissionais de planejamento territorial, especialmente aqueles focados na gestão de bacias hidrográficas no semiárido nordestino. A inclusão de variáveis como escoamento e infiltração no estudo fornece subsídios importantes que esses profissionais podem aplicar em

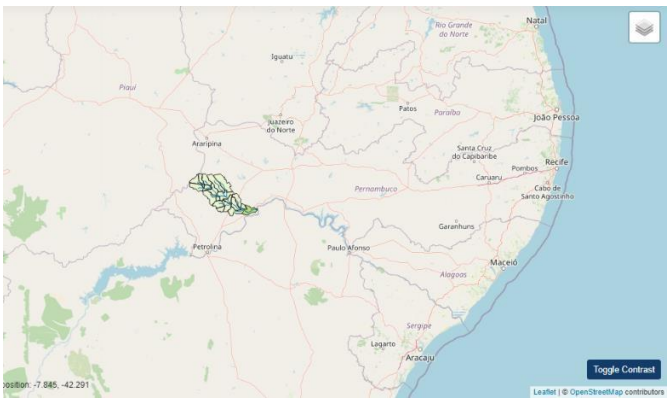
políticas de conservação voltadas para a manutenção e sustentabilidade dos recursos hídricos locais, destacando-se a relevância para a gestão integrada e sustentável da bacia (SOUZA, OLIVEIRA e SILVA, 2017).

Para a coleta de dados, utilizaram-se imagens de satélite e registros hidrológicos do SUPer, além de levantamentos bibliográficos e geoespaciais. Esse processo possibilitou um mapeamento detalhado da extensão territorial, cobertura do solo e rede de drenagem da bacia, dados essenciais para avaliar a dinâmica ambiental e os processos erosivos. A metodologia incluiu também a análise da cobertura vegetal e da sedimentação ao longo da bacia, permitindo uma observação das alterações nos padrões de uso do solo e impactos ambientais locais (FERNANDES, RIBEIRO e COSTA, 2019).

Na análise dos dados, foram aplicadas ferramentas de geoprocessamento e softwares específicos para análise espacial, possibilitando a quantificação precisa de escoamento e sedimentação. Os resultados foram então integrados e comparados com dados de estudos anteriores, o que permitiu a identificação de mudanças significativas nas características hidrológicas da bacia. Dessa forma, o estudo oferece uma visão detalhada das dinâmicas do uso do solo e dos processos geomorfológicos, essenciais para o entendimento das consequências ambientais da intervenção humana e das mudanças climáticas na região (GALVÍNCIO, 2016).

A área de estudo, delimitada na Bacia Hidrográfica das Garças, está localizada próxima ao Rio São Francisco, abrangendo uma área de aproximadamente 4.096,88 km². A posição geográfica é estratégica, influenciada tanto pelas características semiáridas do Agreste Pernambucano quanto pelas regiões de transição com o bioma Caatinga. Mapas detalhados (Figuras 1) indicam a posição geográfica da bacia e os limites estaduais com a Bahia e o Piauí, o que é essencial para compreender as particularidades hidrológicas e ambientais da área (APAC, 2023).

Figura 01: Mapa de localização da bacia das garças



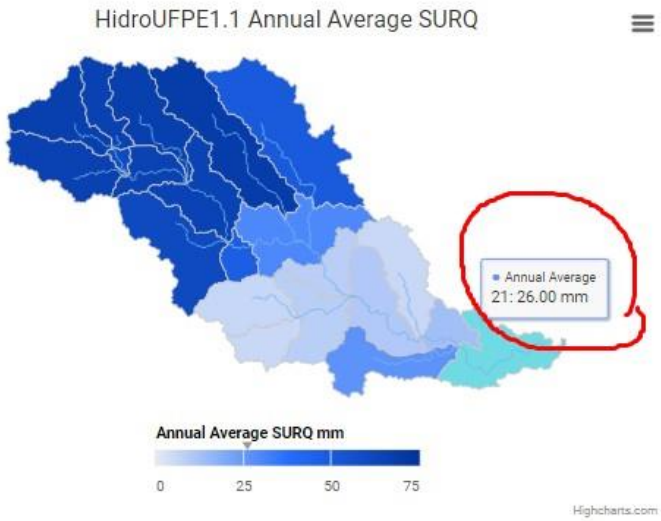
Fonte:SUPer 2023

4. Resultados

Durante a análise dos dados fornecidos pelo SUPer da Bacia Hidrográfica das Garças, foram observados níveis significativos de escoamento superficial e variabilidade nos tipos de solo, corroborando os dados obtidos por meio do sistema SUPer e imagens de satélite (GALVÍNCIO, 2021). A análise dos pontos de escoamento superficial (Figura 2 e 3) indicou uma média anual de 26,00 mm, que revela uma menor taxa de escoamento em relação a outras bacias da região, possivelmente devido à evapotranspiração e à cobertura vegetal preservada

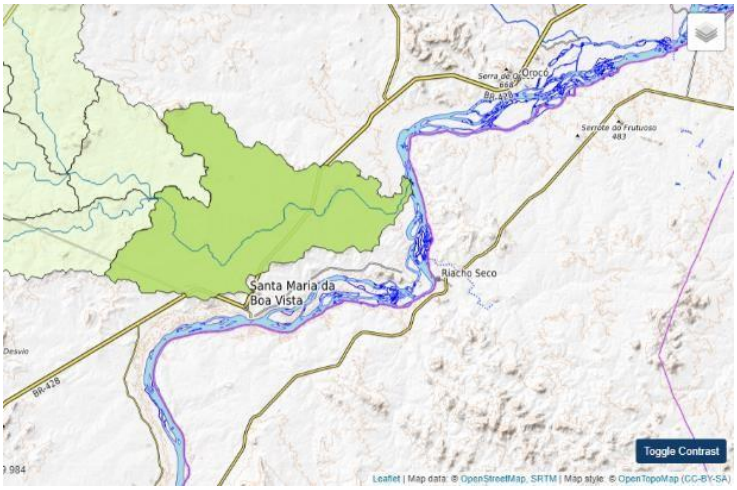
em 75,18% do território (SOUZA; OLIVEIRA, 2017). Esses fatores tornam a sub-bacia um reservatório importante para o ciclo hidrológico da região, pois garantem a infiltração e retenção da água no solo.

Figura 02: Escoamento Superficial anual da Bacia das garças.



Fonte:SUPer (2023)

Figura 03: Escoamento da Sub Bacia – 21)

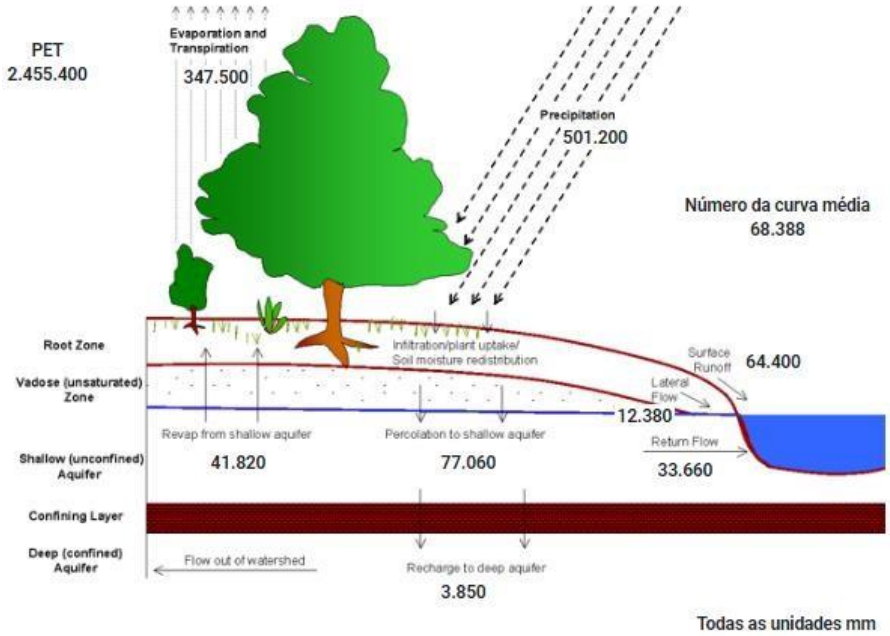


Fonte:SUPer (2023)

A análise do ciclo hidrológico (Figura 4) evidenciou que a precipitação anual média de 501,200 mm, combinada com uma evapotranspiração de 347,500 mm, resulta em um escoamento superficial limitado, enquanto a percolação no aquífero raso alcança 77,060 mm. Esse equilíbrio hidrológico reflete o papel das características geomorfológicas da bacia, com uma topografia que favorece a infiltração e minimiza o impacto de eventos pluviométricos intensos, garantindo, assim, a recarga de aquíferos e o abastecimento de água nas regiões adjacentes (CUNHA; MELO, 2021). Dessa forma, a sub-bacia das Garças desempenha um

papel essencial na sustentação do ecossistema e no fornecimento hídrico para atividades agrícolas e domésticas locais.

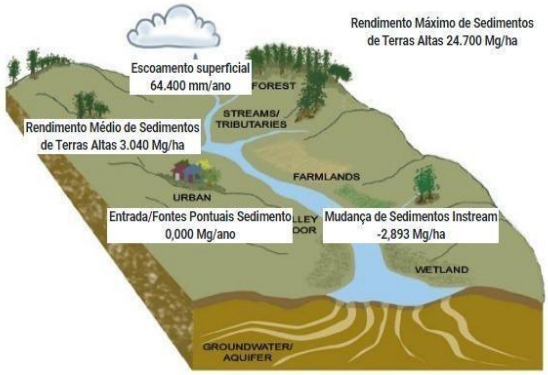
Figura 04: Ciclo Hidrológico



Fonte: SUPer (2023)

A análise dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial (Figura 05) revelou um padrão de sedimentação variável, com um rendimento médio de 3.040 Mg/ha nas terras altas e 24.700 Mg/ha próximo aos pântanos, que são áreas mais vulneráveis ao desmatamento e erosão. Os dados reforçam a importância de uma gestão sustentável para mitigar a perda de solo e reduzir a degradação de áreas preservadas (FERNANDES; RIBEIRO; COSTA, 2019). A movimentação de sedimentos na região é um indicador da necessidade de práticas de manejo voltadas à contenção do escoamento e à preservação do solo nas áreas de uso agrícola, evitandose o desgaste das áreas com vegetação nativa.

Figura 05: Análise sedimentologicas da bacia das garças.



Fonte: SUPer (2023)

A análise pedológica revelou 11 classes de solo na Bacia das Garças, sendo as mais prevalentes os Flanossolos, Argissolos e Latossolos, o que indica uma diversidade significativa e uma capacidade elevada de infiltração e retenção hídrica. Esses tipos de solo são característicos de áreas preservadas e, quando manejados corretamente, possuem menor suscetibilidade à erosão. A variação pedológica é um recurso importante, pois possibilita a utilização agrícola sustentável e mantém a integridade dos processos hidrológicos naturais, conforme apontado por Almeida et al. (2020), garantindo que as bacias como a das Garças se mantenham como fontes de recarga hídrica.

A vegetação e uso da terra notou-se que 23,14% da área da bacia apresenta antropização, com predomínio de atividades urbanas na região central. A expansão urbana e agrícola representa um risco para a preservação da vegetação nativa, que cobre 75,18% da área. A perda da cobertura vegetal natural poderia acarretar consequências como ilhas de calor, enchentes e degradação da qualidade da água (LIMA; SANTANA, 2006). A presença de vegetação preservada é fundamental para a manutenção do ciclo hidrológico, especialmente nas áreas de nascentes e aquíferos rasos, onde a vegetação ajuda a reduzir o escoamento superficial e a aumentar a infiltração.

Ao comparar os dados da Bacia das Garças com os estudos de Souza e Oliveira (2017) sobre recursos hídricos em bacias do semiárido, é possível afirmar que a preservação de áreas vegetadas é essencial para a manutenção dos níveis de escoamento e infiltração hídrica. Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que a sub-bacia das Garças apresenta uma condição favorável de preservação em relação a outras bacias da região, o que reflete diretamente na qualidade e quantidade de água disponível para a população. A diversidade pedológica e a cobertura vegetal são fatores determinantes para o equilíbrio hidrológico, e seu manejo sustentável é essencial para garantir a resiliência dos recursos hídricos no contexto das mudanças climáticas.

O estudo contribui para o entendimento dos processos de sedimentação na bacia, destacando a importância de práticas conservacionistas para evitar a degradação dos solos e o escoamento excessivo. A presença de uma vegetação densa e preservada e a variedade de tipos de solo contribuem para a retenção dos sedimentos, conforme sugerido por Galdino et al. (2020). O desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a proteção das bacias hidrográficas, como a das Garças, é crucial para a manutenção dos recursos hídricos e da biodiversidade local. Esses resultados enfatizam a necessidade de intervenções direcionadas à educação ambiental e ao fortalecimento das práticas sustentáveis em áreas rurais e urbanas adjacentes. **5. Conclusões**

A partir das análises realizadas, conclui-se que a Bacia Hidrográfica das Garças desempenha um papel essencial na manutenção dos recursos hídricos de Pernambuco, com mais de 70% de sua extensão ainda conservada em vegetação nativa. Essa conservação é crucial, pois oferece segurança hídrica para as regiões circundantes, evidenciando a importância de práticas de gestão sustentável para a preservação dos recursos hídricos, conforme destacam estudos de Souza, Oliveira e Silva (2017) e Galvíncio (2021). O estado de conservação da Bacia das Garças reforça o potencial de se alcançar os objetivos estabelecidos pela ODS 14, que visa a proteção dos ecossistemas aquáticos e da biodiversidade, mesmo em bacias situadas fora das áreas costeiras.

Além disso, o uso de tecnologias como o sensoriamento remoto mostrou-se um recurso valioso para monitorar e preservar áreas de drenagem e infiltração em bacias hidrográficas (FERNANDES, RIBEIRO e COSTA, 2019). Tais tecnologias não só possibilitam o acompanhamento de mudanças na cobertura do solo, mas também subsidiam gestores e políticos na formulação de estratégias hídricas eficazes para a proteção dos recursos naturais. A aplicação desses recursos promove práticas de gestão sustentável, em consonância com a ODS 14, contribuindo para a continuidade dos recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável da região.

7. Referências bibliográficas

ALMEIDA, C. L.; GOMES, A. F.; SILVA, J. R. **Análise hídrica das bacias: conceitos e metodologias.** ***Revista Brasileira de Recursos Hídricos*****,** v. 25, n. 4, p. 55-67, 2020.

AGUIAR, R.D.; SANTOS, L.F.M.; MATRICARDI, E.A.T.; BATISTA, I.X. **Zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO.** ***Enciclopédia da Biosfera*****,** v. 11, n. 21, p. 1943-1957, 2015.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs.).** ***Reflexões sobre a geografia física no Brasil*****.** 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 282.

CAMPOS, H. L. **Gestão de bacia hidrográfica: pressupostos básicos. In: SÁ, A. J.; CORRÊA, A. C. B.** ***Regionalização e análise regional: perspectivas e abordagens contemporâneas*****.** Recife: Editora Universitária, 2006. p. 91-111.

CHRISTOFOLETTI, A. ***Modelagem de sistemas ambientais***. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. ***Geomorfologia*****. 2.** ed. São Paulo: Blucher, 1980.

COHEN, J. **A coeficiente de concordância para escalas nominais**. *Journal of Educational and Measurement*, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

COIMBRA, P. J.; TUBÚRCIO, J. A. M. ***Geografia: uma análise do espaço geográfico*****.** 3. ed. São Paulo: HARBRA, 2006.

CREPANI, E. et al. **Zoneamento Ecológico-Econômico. In: FLORENZANO, T. G. (org.).** ***Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*****.** São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 318.

CREPANI, E. et al**. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,** 8., Salvador, 1996. Anais... São Paulo: Image Multimídia, 1996. CD-ROM.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, jun. 2001. INPE-8454-RPQ/722.



FLORENZANO, T. G. (org.). ***Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais***. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 318.

GALDINO, D. A.; OLIVEIRA, M. A.; RODRIGUES, L. H. **Dinâmica hidrológica e sua relação com o uso do solo: o caso da Bacia das Garças.** ***Revista Brasileira de Geografia Física*****,** v. 13, n. 1, p. 99-115, 2020.

GALVÍNCIO, P. A. O impacto das mudanças climáticas na hidrologia das bacias hidrográficas: um estudo de caso no semiárido nordestino. *Revista de Climatologia*, v. 18, n. 2, p. 223-240, 2021.

HAWQS. **Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica de Pernambuco**. Disponível em: [link]. Acesso em: 2024.

MAGNOLI, D. ***Projeto de ensino de geografia: natureza, tecnologias, sociedades****, geografia geral*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

MARTINS, A. P. et al. **Uso da terra e cobertura vegetal de 1985 a 2015 no sudoeste de Goiás e relações com o meio físico.** In: PEIXINHO, D. M.; SOUSA, M. S. *Reconfigurações do Cerrado: Uso, Conflitos e Impactos Ambientais*. Goiânia: Gráfica UFG, 2016. p. 268.

MOREIRA, R. ***O pensamento geográfico brasileiro*****. vol. 1: as matrizes clássicas.** 2. ed., 2. reimpr. São Paulo: Contexto, 2014.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (org.). ***Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais***. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SOUZA, E. S.; OLIVEIRA, T. P.; SILVA, F. S. **Análise da bacia hidrográfica e seus impactos ambientais.** ***Revista de Estudos Ambientais*****,** v. 25, n. 3, p. 45-60, 2017.