

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS HUMANAS-GEOGRAFIA**

**ITALO NASCIMENTO SILVA**

**A EXPANSÃO URBANA DE GRAJAÚ-MA E OS IMPACTOS  
AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS POR  
ESGOTO DOMÉSTICO**

**GRAJAÚ-MA**

**2023**

**ITALO NASCIMENTO SILVA**

**A EXPANSÃO URBANA DE GRAJAÚ-MA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS  
NOS RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS POR ESGOTO DOMÉSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Humanas-Geografia, da Universidade Federal da Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do título de licenciado em Ciências Humanas-Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da Silva.

Grajaú-MA

2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada

Nascimento Silva, Italo.

A EXPANSÃO URBANA DE GRAJAÚ-MA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS  
NOS RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS POR ESGOTO DOMÉSTICO /  
Italo Nascimento Silva. - 2023.

26 f.

Orientador(a): Marcos Nicolau Santos da Silva.

Curso de Ciências Humanas - Geografia, Universidade  
Federal do Maranhão, Grajaú-MA, 2023.

1. Impactos Ambientais. 2. Mancha Urbana. 3.  
Recursos Hídricos. I. Santos da Silva, Marcos  
Nicolau. II. Título.

**ITALO NASCIMENTO SILVA**

**A EXPANSÃO URBANA DE GRAJAÚ-MA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS  
NOS RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS POR ESGOTO DOMÉSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal do Maranhão – UFMA,  
Centro de Ciências de Grajaú, como requisito  
parcial para a obtenção do grau de Licenciatura  
em Ciências Humanas-Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da  
Silva

Aprovado em: 29 / 09/ 2023

**Banca Examinadora**

---

**Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da Silva - Orientador**  
UFMA/Centro de Ciências de Grajaú

---

**Profa. Dra. Aichely Rodrigues da Silva**  
UEMASUL

---

**Prof. Mestrando Ian Moura Martins**  
PPGGEO/UFMA

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por ter me dado o dom da vida, assim como me agraciado pela saúde e forças para superar as adversidades. À referida universidade, UFMA, seu corpo docente, direção e administração pela oportunidade a qual foi me dada a vislumbrar um futuro científico promissor.

À professora Dr<sup>a</sup> e querida Aichely Rodrigues pela orientação científica, por me apresentar esse universo dos recursos hídricos e despertar uma paixão imensurável.

Ao meu orientador, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Agradeço em especial a todos os professores por me proporcionar o conhecimento e manifestação científica, a dedicação a arte de ensinar.

Estimado orientador prof. Dr. Marcos Nicolau é com muita admiração e carinho que gostaria de expressar meu agradecimento por tudo que você faz por mim e pela dedicação que deposita em suas aulas.

Agradeço à minha mãe Francisca Nascimento, heroína e batalhadora, que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Obrigado! Primos e tias pela contribuição valiosa.

Meus agradecimentos aos amigos, em especial Marco Antônio, Laine Ribeiro, Nathália Marinheiro companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida, com certeza.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

## A EXPANSÃO URBANA RECENTE DE GRAJAÚ-MA E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO RIO GRAJAÚ.

### THE RECENT URBAN EXPANSION OF GRAJAÚ-MA AND ITS ENVIRONMENTAL IMPACTS RELATED TO THE GRAJAÚ RIVER.

---

#### Ítalo Nascimento Silva

Discente do Curso de Licenciatura em Ciências Humanas-Geografia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA/Centro de Ciência de Grajaú.

#### Prof. Dr. Marcos Nicolau Santos da Silva – Orientador

Docente do Curso de Licenciatura em Ciências Humanas-Geografia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA/Centro de Ciência de Grajaú.

---

#### RESUMO

Esta pesquisa objetivou analisar os possíveis impactos ambientais no trecho urbano do rio Grajaú, localizado na cidade homônima do Maranhão, oriundos da expansão da urbanização no período da última década (2011-2021). A pesquisa do tipo descritivo-explicativa buscou estabelecer relações entre as variáveis ambientais e antrópicas, de forma a identificar possíveis impactos ambientais ao rio, os quais podem ser potenciais estressores dos recursos hídricos. Assim sendo, foi realizada uma análise espaço-temporal da área de estudo, bem como da expansão da mancha urbana de Grajaú, considerando a série temporal 2011-2021, com a utilização do software *Google Earth*. Os mapas temáticos da área de estudo foram elaborados com a utilização do software de código aberto QGIS, 3.16. Ademais, foram realizadas estimativas da contribuição de nutrientes antrópicos (fósforo e nitrogênio) com base na metodologia de Von Sperling (2009). Detectou-se que a área urbana do município teve um acréscimo de 19,4 km<sup>2</sup> em uma década, avanço esse que foi motivado pela presença de investimentos em empreendimentos urbanos e agrícolas. Já as estimativas das cargas de Nitrogênio produzidos pela população de Grajaú corresponderam a 44.323,2 mg/L, e sobressaiu-se sobre o valor do fósforo 1.772,9 (mg/L), concentrações essas provenientes de esgoto doméstico. Espera-se que este trabalho venha a contribuir para o planejamento de atividades de uso e ocupação do solo no perímetro urbano da bacia do rio Grajaú.

**Palavras-chave:** Impactos Ambientais; Mancha Urbana; Recursos Hídricos.

#### ABSTRACT

This research aimed to analyze the possible environmental impacts on the urban stretch of the Grajaú river, located in the homonymous city of Maranhão, arising from the expansion of urbanization in the period of the last decade (2011 – 2021). Descriptive-explanatory research sought to establish relationships between environmental and anthropogenic variables, to identify possible environmental impacts on the river, which may be potential stressors on water resources. Therefore, a spatiotemporal analysis of the study area will be carried out, as well as the expansion of the urban area of Grajaú, considering the 2011-2021 time series, using the Google earth software. Thematic maps of the study area will be created using the qgis 3.16 'hanno ver' software. Furthermore, estimates of the contribution of anthropogenic nutrients (phosphorus and nitrogen) were made based on the methodology of von Sperling (2009). It was detected that the municipality's urban area increased by 19.4 km<sup>2</sup> in a decade, an increase that was motivated by the presence of investments in urban and agricultural enterprises. The estimates of the Nitrogen loads produced by the population of Grajaú corresponded to 44,323.2 mg/L, and the value of phosphorus was 1,772.9 (mg/L), concentrations that came from domestic sewage. It is expected that this work will contribute to the planning of land use and occupation activities in the urban perimeter of the Grajaú River.

**Keywords:** Environmental Impacts; Urban Block; Water Resources.

---

## INTRODUÇÃO

A urbanização é um fenômeno comum nas cidades, que se intensificou com o chamado êxodo rural, saída da população do campo para cidade, em meados da década de 1960, motivado pela intensa industrialização. A designação cidade é uma corporação antiga e que evidente, antecede o processo urbano, que só veio ganhar impulso a partir da revolução industrial, em meados dos séculos XVIII e XIX. De forma característica, a urbanização é assimilada como o processo de superação da população do campo em relação a cidade, a dinâmica do fenômeno funciona à medida que se eleva a proporção da população urbana sobre a população total do município, ou seja, o grau de urbanização (Moura; Oliveira; Pêgo, 2018, p. 08). A afirmação é sólida, até a data de meados do século XVIII e XIX não se havia –verdadeiramente – uma urbanização, de fato, até então não era possível uma superação considerável de habitantes do campo. A conceituação do aspecto demográfico de urbanização só é possível quando esse ocorre pela elevação da população urbana em relação ao todo (rural), em suma; o fenômeno é posterior às atividades capitalistas/industriais (Davis, 1977).

Nesse sentido, a urbanização é o fenômeno bem mais recente que o surgimento das cidades, se originou a partir das atividades capitalistas oriundas da revolução industrial, ou seja, as sedes se urbanizaram na proporção que ocorria à industrialização, que, num primeiro momento, ocorreram nos países de primeiro mundo. A urbanização no Brasil segundo Guimarães (2016) foi caracterizada por um intenso movimento populacional; sinalizada por um processo estressante e obrigatório de migração das populações rurais para as sedes municipais em razão de melhores condições de vida. Goulart (1968 apud Santos, 1983) sublinha a urbanização brasileira em três principais etapas, dentre elas a de organização do território, intercalando da fundação do Rio de Janeiro e congruentes entre 1530-1545; a fundações de vilas, dentre elas a que se excederam como configuração de cidade: São Paulo e Olinda.

Em meados da década de 1970, Silva (2021) menciona que pela primeira vez o número de sujeitos morando nas cidades foi maior que os que residiam na área rural, esse processo de urbanização se intensifica em virtude dos atrativos: promoção de indústrias nas cidades; modernização, cada vez maiores, das atividades agrícolas, onde conseqüentemente foi presente um estressante êxodo rural causado pela substituição da mão de obra manufatureira pela utilização de maquinários. Nesse sentido, foi possível, paulatinamente, à movimentação da população do campo para a cidade em busca de trabalho e qualidade de vida, o que influenciou o aumento significativo de sujeitos nos grandes centros urbanos.

A realidade urbana do Brasil é refletida pelo crescimento elevado na quantidade de habitantes nos centros urbanos, os quais, em sua maioria, apresentaram um desenvolvimento desordenado, sem plano eficiente de ocupação das periferias aos grandes centros, geraram demanda ecológica. O cenário urbano foi constituindo de maneira desestruturada com aceleração intensivo, as cidades brasileiras não se prepararam para receber altos níveis demográficos, assim como, suas complexidades; a urbanização no Brasil, como afirma Guimarães (2016), foi condicionada por um agressivo e imenso processo migratório das populações rurais.

Em conexão, o país não se apropriou de um plano urbanístico eficiente; as grandes cidades não acompanharam o mesmo ritmo do crescimento demográfico, uma fragilidade que implicou no vislumbrar de um território urbano sustentável (Pacheco; Azevedo, 2019). A que coincide com os impactos geradores de estresses ambientais (Souza; Redin, 2018). O uso e ocupação do solo funcionam como ferramenta de gestão e caracterização do espaço físico obtendo manejos conscientes de planejamento. Nesse sentido, o verbo planejar é capacitado pelo futuro em que se tem um plano estratégico e prevenido a fim de se amparar de uma problemática (Bueno, 2020).

A seguir, a área total do município é de 8.864 km<sup>2</sup>, com uma considerável extensão de 261,9 km<sup>2</sup> o município de Grajaú dispõe de uma área dedicada ao plantio de graminíferas (cereais), como aponta indicadores do Censo Agropecuário (2017) foram produzidas 34.892 toneladas de soja em Grajaú. Os autores Silva e Silva (2019) enfatizam que para a ascensão dessa atividade se concretizar são comuns uso de agrotóxicos e outros produtos químicos na produtividade, nesse viés, os crescimentos maçantes da atividade de grão na localidade associados ao consumo de substâncias tóxicas contribui para o déficit hídrico e poluição igual das águas subterrâneas. Esse cenário preocupante de desgaste aquático afeta diretamente o município de Grajaú. Da mesma forma, a área de pecuária ocupou 4.864,8 km<sup>2</sup>, a criação de gado é uma atividade comum e rentável no município, todavia tais benefícios financeiros são, outrora, agressores para os recursos naturais, em especial o hídrico.

A atividade agropecuária com ausência de um eficiente manejo favorece a degradação dos corpos hídricos, remoção da cobertura vegetal, degradação do solo, poluição aquática, dentre outros componentes negativos, como aponta Wust, Tagliane e Concrato (2015). Do mesmo modo, a água dispõe para agricultura e pecuária o fundamento mais relevante para criação e produção de animais e de alimentos. No entanto, essas práticas sem o manejo adequado são consideráveis estressores ambientais hídricos.

A área de ocupação de solo descrita por Silva e Silva (2020) ocupou pelo reflorestamento com 228,3 km<sup>2</sup>, em 2018, é disposta pelo plantio de eucalipto responsável por abastecer um empreendimento de papel e celulose no município de Imperatriz que fica a 189 km de Grajaú. É sabido que o eucalipto é um agressor ambiental, sua composição e permanência podem prejudicar a fertilidade do solo, a diversidade de espécies nativas, erosão e também causa perturbação aos lençóis freáticos (Oliveira; Menegasse; Duarte, 2002).

Nesse sentido, a cidade e o urbano são palcos das transformações humanas e essas, em geral, causam impactos à natureza e à própria comunidade. Jacobi (2004) menciona que os impactos socioambientais dispõem de situações que colocam a integridade da população em risco, aquelas que condicionam danos à saúde e ao bem-estar dos indivíduos, implicando na qualidade de vida dos mesmos.

São empreendimentos em torno do rio que recebem grande público nos períodos de férias para realização de recreação e ócio da comunidade em geral, mas que implicam na disposição aquática da região. Mediante o exposto, as atividades antrópicas e o crescimento da mancha urbana atrelados às atividades de capitais próximas ao trecho, tem ocasionado modificações tangíveis na paisagem dos rios do município, especialmente o rio Grajaú, como um dos principais estressores da corrente d'água: atividades de ócio e divertimento, extração de areia, frigorífico, resíduos do empreendimento lava-jato além dos problemas quanto ao lixo e esgotos urbanos, dado que a localidade não dispõe de nenhum tratamento de esgoto eficiente, o que condiciona à contribuição para exaustão hídrica.

Em conexão, os estudos locais mencionam que a paisagem do rio no município de Grajaú vem variando, sua configuração está paulatinamente mais humanizada. As regiões de ócio e lazer que crescem às margens do rio tomam protagonismo e a corrente d'água, caudalosa, apaga-se, progressivamente, pelo estresse causado pelas atividades antrópicas na deterioração aquática. É sabido que são mínimas as propostas de intervenção e mobilização para a conservação e minimização de efeitos negativos aos recursos naturais, em especial os hídricos. O município é carente de políticas dessa envergadura (Lima; Silva, 2019).

Esta proposta de pesquisa centra o seu problema sobre como a expansão urbana na última década, associada à intensificação do uso e ocupação do solo urbano, pode acarretar possíveis impactos, deterioração da qualidade da água e sua possível contaminação pelas atividades antrópicas no primeiro percurso urbano do rio Grajaú. A partir dessa problemática lançada, pergunta-se: Em que nível a expansão da mancha urbana influencia na degradação hídrica do rio Grajaú? Como podemos associar os estressores hídricos aos impactos ambientais causados pelo crescimento urbano?

Segundo a literatura dentre os principais estressores dos corpos hídricos, o crescimento da mancha urbana tem sido um agente negativo na qualidade e quantidade da água, bem como, e conseqüentemente, na problemática da saúde humana (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2011). Em Grajaú, frequentemente repercute um estado de preocupação com os danos aos corpos hídricos, os desmatamentos e as queimadas. Sobre este último problema, o município ocupou negativamente, na última década, o rankings dos municípios com maior número de focos de incêndios a nível nacional (Silva; Silva, 2021; Santos; Feitosa, 2020).

A pesquisa justifica-se pela necessidade de melhor conhecer a extensão do problema no que se refere à qualidade da água do rio Grajaú. Pensando em possíveis impactos aos recursos hídricos do trecho urbano deste rio, esta pesquisa se fundamenta em evidenciar a necessidade de repensar o uso da água, a ausência de ações de conservação dos recursos naturais e a ocupação do solo urbano como potencial obstáculo à melhoria da qualidade da água; necessidade de avaliação do uso de balneários como atrativos de lazer; assim como analisar impactos indiretos da expansão da urbanização.

A pesquisa tem como objetivo geral analisar os possíveis impactos ambientais no trecho urbano do rio Grajaú, localizado na cidade homônima do Maranhão, oriundos da expansão da urbanização no período da última década (2011–2021). Esse objetivo desmembrou-se nos seguintes: a) Analisar o crescimento urbano de Grajaú – MA a partir da série temporal 2011-2021; b) Identificar os possíveis impactos ambientais no curso urbano do rio Grajaú, considerando os cálculos para estimativa de nutrientes de Von Sperling (2009); c) Correlacionar os possíveis impactos ambientais ao rio com a expansão da mancha urbana em Grajaú.

A metodologia de Von Sperling pretende analisar o processo de eutrofização em lagos, rios e represas onde verifica a concentração de nutrientes nesses ambientes aquáticos, considerando principalmente os nutrientes nitrogênio e fósforo visto que são elementos para o crescimento de algas, as quais podem atingir altos acúmulos, podendo prejudicar diferentes usos d'águas.

Desta forma, existe um consenso que o crescimento urbano no município foi motivado pelas engrenagens da urbanização, sendo uma atividade que gera possíveis demandas ecológicas, igualmente a hídrica, o fluxo do crescimento tende a aumentar o desgaste físico dos corpos d'águas.

## IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS

O impacto ambiental é toda/qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente. Motivadas pelo estresse antrópico o qual, em geral, prejudicam a saúde e o bem-estar da população, igualmente afetam as atividades sociais e econômicas, a biota, a qualidade dos recursos ambientais (Herman, 1993). Numa mesma abordagem, os impactos socioambientais no âmbito da urbanização – que estressam a qualidade e quantidade hídrica –, conforme Tucci (2003), são vinculados à atuação humana, configurada no lixo e resíduos acompanhados pela drenagem, poluição do ar, que pela precipitação prejudica as águas, a presença de esgotos com ausência de tratamento, são esses os mais relevantes degradantes aquáticos que implicam na dinâmica natural hídrica.

Os danos ambientais estão gradativamente progredindo à medida que ocorre a exploração humana sobre a natureza movida pela desenvoltura da técnica do trabalho, acúmulo de capital, crescimento econômico ou pela infeliz prática de degenerar o natural. O aumento da geração de resíduos sólidos, crise hídrica e desmatamento, específico da contemporaneidade e motivado pelo modelo capital, no qual o consumismo é constante estimulado a fim de nutrir o sistema econômico (Pereira, Curi, 2012).

Os impactos ambientais estão sendo cada vez mais evidenciados na contemporaneidade, na medida em que o processo de exploração e apropriação da natureza está se dando de maneira desordenada, sem controle e com desrespeito ao meio ambiente. A preocupação está voltada para a acumulação e o crescimento econômico sem levar em consideração o modo que este está sendo feito. Um exemplo é o aumento da geração de resíduos sólidos típico do mundo atual e do processo capitalista no qual estamos inseridos (Pereira *et al.*, 2012). Neste processo capitalista, o consumismo é incentivado como forma de fomentar o desenvolvimento econômico.

Dentre as infinidades de colisões ambientais presente na superfície terrestre, esse trabalho especialmente trata da menção do impacto hídrico, ou seja, poluição dos corpos d'águas. Essa poluição é ocasionada na maior parte pelas atividades humanas, ora devida dos esgotos domésticos, ora das indústrias, mineração, agronegócio com uso intenso dos agrotóxicos e fertilizantes. São atividades antrópicas ocasionadoras de estresse que implicam permanência dos recursos hídricos. Nesse aspecto, o esgotamento dos corpos hídricos revela, sobremaneira, um dos principais desafios encarados referentes aos impactos ambientais. Este revela-se, também, como impacto quantitativo na disponibilidade e distribuição equitativa de água, bem como em sua qualidade.

A água representa o mais importante recurso natural que contribui com a nutrição dos organismos vivos, ademais é desfrutada em toda a superfície terrestre por diversas finalidades, dentre as principais: a irrigação, abastecimento, geração de energia, navegação e outras (Moraes; Jordão, 2002). A água é um bem comum e necessário da natureza, a qual possui importante relevância para aos seres vivos, mas, mesmo dependentes desse recurso, as sociedades, ao longo do tempo, vêm traçando uma relação negativa com esse recurso, refletindo estresse e degradação hídrica (Mendonça; Leitão, 2008).

Esse estresse atrelado às mudanças climáticas, ambas motivadas pela atitude humana, vem provocando demanda hídrica, como ilustra a queda em reservatórios nos estados brasileiros no início de 2022, em especial, os das regiões Centro-Oeste e Sudeste, os quais têm enfrentado essa realidade frequentemente.

O recente cenário hidrológico brasileiro é preocupante, a localidade vivencia uma das maiores crises nas últimas nove décadas, estando sob prenúncio de encarar racionamentos de águas, intensos apagões e ausência de energia em determinadas regiões.

### **Nutrientes de resíduos domésticos lançados em ambientes aquáticos e o processo de eutrofização**

No que tange à poluição dos corpos hídricos dentre os nutrientes que stressam tem-se o nitrogênio e o fósforo, os quais, em concentrações excessivas, implicam no crescimento da vegetação aquática: o exemplo é o aumento de algas que crescidas conseqüentemente traz danosos impactos para a vida dos peixes e micro-organismos existentes. O Nitrogênio (N) é um elemento relevante para o desenvolvimento de quaisquer organismos, dado que, para haver vida, é necessária a prevalência deste nutriente. Dellagiustina (2000) vai dizer que o mesmo constitui ácidos nucleicos DNA e RNA, estruturas essenciais para o progresso da vida. É um dos organismos que mais tem variação e sofre oxidação, todavia faz-se necessário na produção e até mesmo na gerência de contaminação das águas.

No que se refere à consequência, ele se destaca na capacidade de intensificar o crescimento das algas, o que sinaliza desvantagem, já que coordena o fenômeno de eutrofização, bem como o enriquecimento do meio aquático. O fósforo (P) é um componente, assim como o nitrogênio, benéfico à existência, tendo seu ciclo adicionado à prevalência de animais, plantas e micro-organismos na biota. Tendo suas variações em: inorgânico, quando seu gene vem de detergentes e produtos sanitários químicos

domésticos, assim como fertilizantes ou na forma orgânica, quando os componentes são conduzidos por ordem fisiológica.

O nutriente supracitado pode ter potencial poluente quando aumentado gradativamente, motivados pela produção antrópica onde os efluentes são despejados diretamente nos corpos hídricos. O esgoto doméstico, a grosso modo, produz elevados níveis de fósforo, o que cria um cenário perfeito para o desenvolvimento das algas e plantas em virtude de seu alto teor no processo de nutrição da planta, o que é negativo ao equilíbrio da biodiversidade aquática. Outrossim, não se tem um parecer sólido do fósforo como um nutriente que impacta a qualidade da água.

Todavia, o processo de eutrofização é um fenômeno agressivo e prejudicial ao biosistema que tem como contributos os nutrientes, que são causadores do crescimento desenfreado da vegetação aquática, o fator mais inquietante é o alongamento das algas que tem como elementos exaustivos o fósforo e nitrogênio que acabam provocando a mortandade dos peixes, uma vez que a vegetação aquática consome o oxigênio da água. É, portanto, um fenômeno que estressa diferentes corpos d'água como nascentes, rios, lagos, dentre outros, muitas vezes causados por resíduos devindo dos grandes centros urbanos, como detergentes, drenagem de rejeitos humanos e fertilizantes.

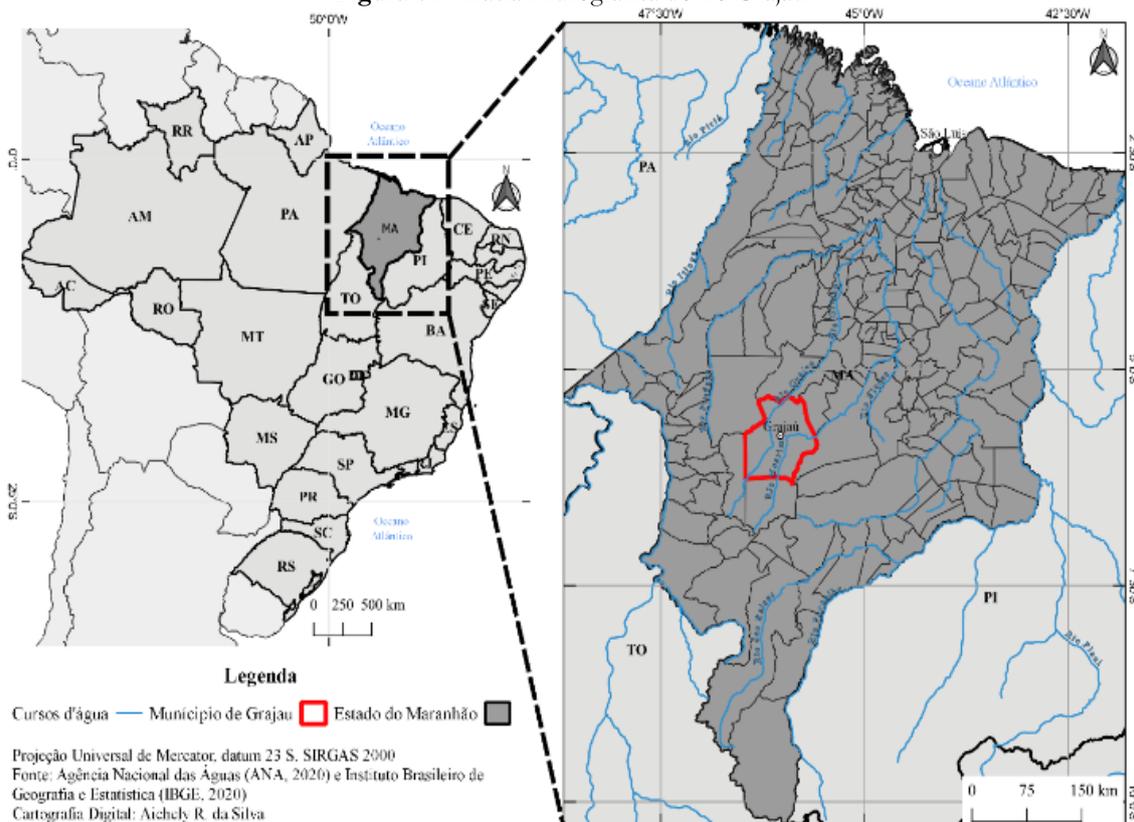
## **ASPECTOS METODOLÓGICOS**

### **Área de estudo**

A área de estudo desta pesquisa encontra-se localizada na sede urbana do município de Grajaú-MA, concentrando um número de 73.872 habitantes, com densidade de 8,4 km de acordo com o Censo atual, uma cidade que cresceu e se devolveu por influência do curso d'água homônimo ao município (IBGE, 2022).

Ademais, dispõe de um clima tropical quente e úmido, solos típicos por latossolo amarelo, podzólico vermelho amarelo (EMBRAPA, 2006). Pode-se observar a localização do município supracitado na figura 01.

Figura 01 – Bacia Hidrográfica do rio Grajaú.



Fonte: Silva e Silva (2020).

A bacia hidrográfica do Grajaú descrita por Silva e Silva (2021) é representada por 12.370 km<sup>2</sup>, com a extensão do rio principal de 477 km. É pertencente à extensa bacia do rio Mearim. O rio nasce na Formosa da Serra Negra, especificamente na Serra da Menina, que recebe a designação de Grajauzinho. Ele se insere no bioma Cerrado.

### Procedimentos metodológicos

Para a operacionalização dessa pesquisa, utilizamos ao suporte metodológico a pesquisa do tipo revisão bibliográfica como etapa fundamental no reconhecimento de pesquisas locais e mais gerais sobre o tema, recorreu-se aos trabalhos de Mendonça e Leitão (2008), Costa (2010), Rodrigues (2015), Lima e Silva (2019), Santos e Feitosa (2020) e Silva e Silva (2021). O atributo da pesquisa é descritivo-explicativa. Segundo Gil (2008), a pesquisa descritiva busca caracterizar o fenômeno e/ou estabelecer relações entre suas variáveis, que, neste caso, resume-se à descrição de estudos anteriores sobre impactos ao rio Grajaú e correlacioná-lo com o fenômeno da expansão urbana por meio da análise do uso e ocupação do solo. Em relação ao cunho explicativo, essa pesquisa teve como propósito elencar fatores que determinam e contribuem para a ocorrência de possíveis

impactos ambientais ao referido rio, os quais se configurarão como estressores dos recursos hídricos.

Para a realização da análise da evolução da mancha urbana da sede do município de Grajaú, considerou-se a série de tempo de 2011 a 2021 e com a utilização do software *Google Earth* foi possível acompanhar o crescimento da mancha urbana e refletir sobre seus impactos. A confecção de mapas temáticos da área de estudo foi possível com a utilização do software QGIS 3.16 'Hannover'. Vislumbrou, dessa maneira, analisar o uso e a ocupação do solo no trecho urbano do curso do rio Grajaú, tendo em vista que 94% da população não possui serviços de coleta e tratamento de efluentes domésticos (Atlas do Esgoto, 2017), bem como a expansão da mancha urbana e seu consequente crescimento populacional, buscando relações diretas e indiretas para a identificação dos possíveis impactos ambientais ao rio.

Adicionalmente, este estudo promoveu a realização de estimativa de nutrientes provenientes dos efluentes domésticos – Nitrogênio e Fósforo – com base na metodologia de Von Sperling (2009). Que reflete sobre o impacto do lançamento de esgoto em corpos d'águas, assim como analisa a problemática do fenômeno eutrofização de corpos hídricos em que os nutrientes supracitados são prevalentes num crescimento de algas, onde prejudicam diversos usos de água. Para estimar a concentração de Nitrogênio e Fósforo total nas águas da bacia hidrográfica, em Grajaú-MA, utilizou-se as seguintes fórmulas:

Equação 01:

$$NT \otimes \text{população} \times 10 = x \text{ (g/hab.d).}$$

Equação 02:

$$PT \otimes \text{população} \times 02 = x \text{ (g/hab.d).}$$

A fórmula é executada considerando o cálculo da concentração do nutriente pela razão da contribuição per capita

Para detectar a concentração dos nutrientes produzidos pela população do município analisado. E para a concentração em litros multiplicou-se os resultados da contribuição per capita pelo valor máximo de concentração de nutrientes (mg/L) nos esgotos domésticos, conforme Von Sperling (2009). Assim, estimou-se um balanço de concentração de nutrientes pela contribuição per capita (g/hab.d) nas águas do município, obtendo-se os valores máximos diários de toda a população municipal.

Esta análise se justifica pelo fato de a área de estudo estar situada à jusante de áreas rurais e, principalmente, no trecho urbano, onde recebe cargas de efluentes domésticos e de outras atividades no urbano.

Os possíveis impactos hídricos os quais podem impactar o rio Grajaú, bem como a bacia, de forma ampla, foram correlacionados com o uso e a ocupação das áreas próximas ao curso d'água, assim como com a expansão urbana de Grajaú.

## O CRESCIMENTO URBANO E CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NOS MANANCIAIS DE GRAJAÚ MARANHÃO

Levando em consideração o que foi exposto em itens anteriores podemos pensar a questão do crescimento da área urbana em Grajaú-MA como um fenômeno que gradativamente potencializou-se pelos estímulos urbanos que se mostram como possibilidades, entretenimento e bens de fácil acesso que são realidades em muitas cidades pelo mundo todo, não diferente da situação do município (Figura 2).

**Figura 02** - Mosaico de imagens históricas de Grajaú-MA (1985-2021)



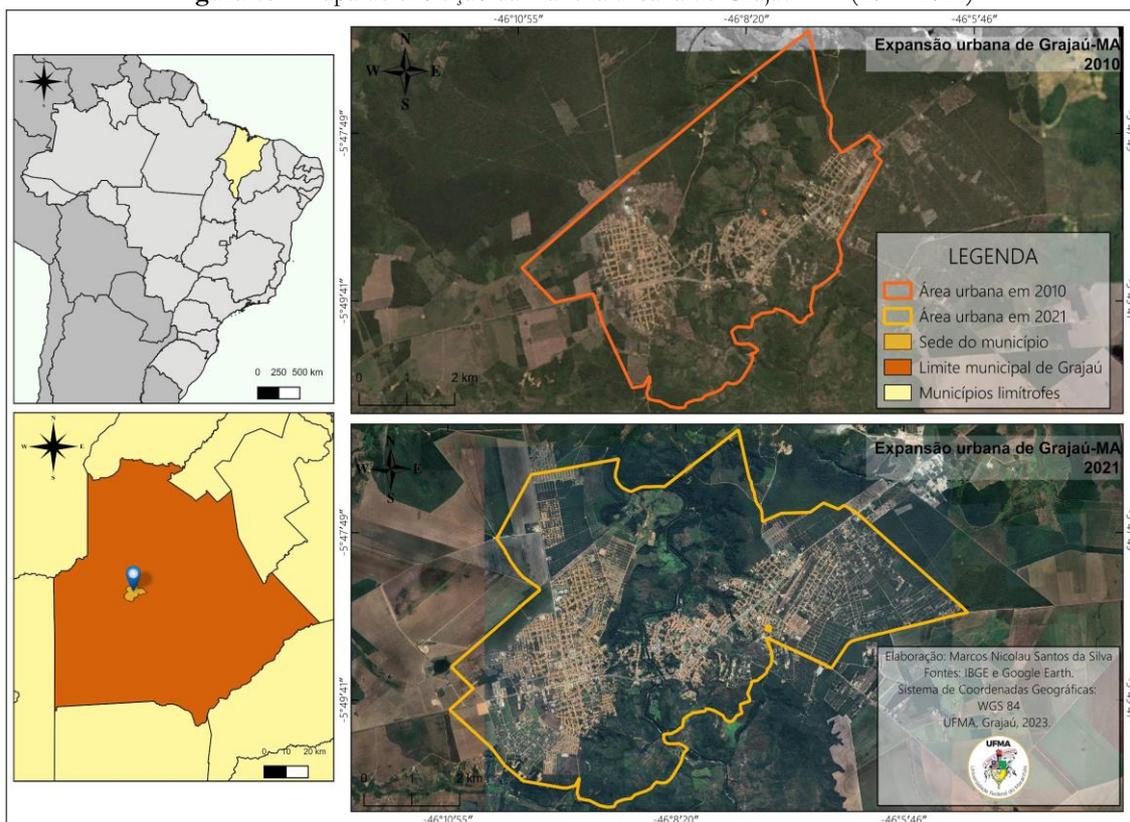
Fonte: Google Satélite (2023).

Acompanhando o crescimento da mancha urbana nas séries temporais analisadas em Grajaú, alguns acontecimentos importantes ilustraram essa expansão, como em 1985 o rio ainda era um curso que alimentava a economia grajauence, mesmo após 55 anos de expansão mercantil sul-maranhense, isso por meio da pesca e agricultura. Santos (2020) reflete que na década de 80, as canoas e as barcas ainda eram meios de transportes, acontecia o fim do regime militar com a eleição presidencial de Tancredo Neves, também já fazia - 13 anos da inauguração da eximia Ponte Pênsil (ponte de tábua), que liga a Trizidela ao centro. Em 1995 aconteceu a inauguração de umas das maiores empresas especializadas na extração e comercialização do gesso da rocha gipsita (mineral abundante na região) em Grajaú. A exploração desse material abriu as portas para exploração, assim como o progresso e desenvolvimento e conseqüentemente provocou um aumento populacional.

O município apresentou um considerável crescimento da mancha urbana, segundo Silva e Silva (2021), a extensão representou, entre os anos de 2009 a 2019 o equivalente a 14 km<sup>2</sup>, ou seja, um acréscimo de 40% em uma década. Esse crescimento em expansão acabou abarcando o contorno das margens do rio, o que pode estar ocasionando pressão antrópica sobre este curso d'água em seu curso urbano, bem como trazer impactos para a qualidade das águas. Esse estudo previu analisar mais uma década recente e acompanhar se houve redução ou não de impacto hídrico na localidade estudada.

Com uma nova análise foi detectado que o crescimento da mancha urbana em Grajaú passou de 10,6 km<sup>2</sup> em 2011 para 30 km<sup>2</sup> em 2021, ou seja, um acréscimo de 19,4 km<sup>2</sup>, ou seja, um aumento de 35% em uma década (Figura 3).

**Figura 03 - Mapa de evolução da mancha urbana de Grajaú-MA (2011-2021)**



Fonte: IBGE; Google Earth, 2023.

Esse estimável avanço na mancha urbana deu-se pela presença de atrativos urbanos, equipamentos públicos e privados de habitação, comércio, empreendimentos, a exemplo de loteamentos e conjuntos habitacionais e atuação de novas tendências no mercado local.

No que tange aos empreendimentos de habitação, o acréscimo populacional foi realidade devido à localização estratégica, terrenos planos nas áreas mais distantes do rio, ruas pavimentadas, presença de universidades, condomínio privado, a esse com um diferencial: área de lazer e ócio, assim como pelas possibilidades de favoráveis atrativos que beneficie a comunidade, reflete Andrade (2017).

Foram estímulos que levaram sujeitos de áreas rurais e municípios vizinhos a se fixarem nesses espaços, na realidade do Programa Minha Casa Minha Vida do governo federal, com a implantação de conjuntos habitacionais, como o Joana Batista, Frei Alberto Beretta, Parque Grajaú e Mirante do Falcão. Muitos viram a oportunidade da aquisição, com auxílio, da casa própria, especialmente pessoas que residiam nas proximidades da sede.

Na localidade de Grajaú, a recente expansão foi também intensamente influenciada por meio de incorporações imobiliárias, na presença de loteamentos como o Frei Alberto Beretta, localizado no Setor Extrema, que apresenta um condomínio e dois conjuntos habitacionais, ambos com realidades socioeconômicas antagônicas, assim como

construções particulares e financiadas estão presentes no local. É uma região que está em expansão (Andrade, 2017).

Com o advento do crescimento urbano nas cidades brasileiras para a degradação e estresse aquático, Grajaú, cidade que se alicerçou sobre influência do rio, não fica de fora dessa realidade. O crescimento urbano unido a uma fragilidade de saneamento básico no município tem evidenciado o desafio da degradação hídrica. Rodrigues (2015) destaca algumas das principais áreas, em geral, comerciais produtoras/conductoras de efluentes que o rio enfrenta como: Matadouro, Balneário Canecão; Oficina; Lava-jato, Porto da Nanana, criatório de peixes. São localidades que atingem as margens, são produzidos rejeitos e resíduos e lançados diretamente nas águas, condicionando o impacto ambiental hídrico. Segundo o autor supracitado, o rio Grajaú recebe uma quantidade excessiva de efluentes direcionados ao seu leito, (representado pelos despejos de esgotos, sem o devido tratamento), comprometendo a qualidade hídrica oriunda da contaminação das águas e do estresse ambiental (Rodrigues, 2015).

O crescimento da mancha urbana e a produção, cada vez mais, de efluentes vindos, em geral, dos bairros circunvizinhos ao rio, tem sido também uma preocupação, em comum, da população grajauense. A comunidade, mesmo que com pouco conhecimento sobre impactos ambientais, afirmam que percebem as alterações que o rio vem vivenciando, como a diminuição da vazão do leito; minimização da mata ciliar e também o assoreamento em algumas regiões (Lima; Silva, 2019).

A cidade de Grajaú, como já mencionada, oportunamente, se estabeleceu as margens do rio de mesmo nome, especificamente nas regiões de serra. Rodrigues (2015) ressalta que os bairros mais próximos da região aquática, a exemplo da Trizidela e do Centro, geram mais resíduos e direcionam para o rio, prejudicando a qualidade hídrica e da saúde da população grajauense. Isso em virtude de as atividades comerciais serem majoritárias nessas localidades.

O crescimento demográfico desordenado nas cidades brasileiras contribui para danos ecológicos, exemplo disso tem-se o impacto do lançamento de esgoto em corpos d'águas superficiais e subterrâneos, especificamente os nutrientes nitrogênio e fósforo, que promovem o crescimento de organismos e plantas aquáticas que danificam usos de águas e podem levá-las ao processo de eutrofização.

A priori, os nutrientes em geral são indispensáveis para o desenvolvimento de qualquer organismo, todavia, no ambiente aquático não é diferente. Entre os mais relevantes têm-se nitrogênio e fósforo, os quais atuam na prevalência do crescimento dos micro-organismos e plantas. Por exemplo, o componente nitrogênio é um elemento que

potencializa o crescimento das algas, assim como, na nutrição de micro-organismos, atuantes no tratamento de esgoto. Nesse sentido, Von Sperling (2009) reflete sobre as concentrações dos nutrientes supracitados que são preocupantes na atmosfera aquática, que estão correlacionados com a dinâmica de variados processos bioquímicos resultantes das formas de estado de oxidação. Com base nesses elementos, foi elaborado as estimativas de contribuições per capita, bem como a concentração em miligramas por litro de água de esgoto doméstico dos nutrientes nitrogênio e fósforo (Tabela 01).

**Tabela 01** – Contribuições per capita e concentrações de nitrogênio e fósforo em esgoto doméstico bruto

<b>Parâmetro</b>	<b>Contribuição per capita (g/hab.d)</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>
Nitrogênio total	6,0 - 10,0	35 - 60
Fósforo	0,7 - 2,0	4 - 12

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2009).

Nesse sentido, cada habitante contribui diariamente com 6,0 a 10,0 gramas de nitrogênio e 0,7 a 2,0 gramas de fósforo, sendo a concentração desses nutrientes expressa em miligramas por litro: 35 a 60 mg/L de nitrogênio e 4 a 12 mg/L de fósforo. Para efeito dessa pesquisa, consideraram-se a os valores máximos de contribuição per capita e de concentração desses nutrientes nos esgotos domésticos, tendo em vista que em Grajaú não há coleta e tratamento e estes efluentes são lançados diretamente nos cursos d'água, no subsolo através das fossas e sumidouros ou a céu aberto. A partir das fórmulas para cálculos de estimativas de contribuições e concentração dos nutrientes, considerando a população total do município, com base nos dados do Censo Demográfico (IBGE, 2022), obteve-se os seguintes resultados:

**Tabela 02** – Contribuições per capita e concentrações de nitrogênio e fósforo em esgoto doméstico de Grajaú-MA

<b>Parâmetro</b>	<b>População (n° hab.)</b>	<b>Contribuição per capita (g/hab.d)</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>
Nitrogênio	73.872	738.720	44.323,2
Fósforo	73.872	147.744	1.772,9

Fonte: IBGE, 2022; Von Sperling (2009).

O agrupamento de nitrogênio e fósforo em suas formas integrais e oxidadas nas águas tem uma variação de localidade para localidade, isso se dá pela biodiversidade aquática, mas, segundo a literatura de Von Sperling (2009), a concentração de Nitrogênio

em esgotos domésticos costuma variar de 35,0 a 60,0 mg/L com atribuição per capita de 6,0 a 10,0 g/hab.dia. As faixas de Fósforo possuem uma oscilação de 4 a 12,0 mg/L nas águas, com contribuição per capita de 0,7 a 2,0 g/hab.dia, onde o consenso da literatura aponta que a distribuição confere a 60% de fração de origem fósforo inorgânico, originados pelo produto antrópico de natureza doméstica e industrial, como os detergentes e fertilizantes e 40% de Fósforo orgânico, provenientes de compostos fisiológicos, natural (Pacheco, 2022).

Nesse aspecto, em Grajaú, a população excedeu na concentração de Nitrogênio em relação às cargas de Fósforo, como mostra a Tabela 02. O nitrogênio total concentrou-se em 44.323,2 (mg/L) sobre 1.772,9 (mg/L) de fósforo. Isso repercute alerta, dado que a cidade não possui tratamento de esgoto e cargas como essas acabam provocando demandas como a que aconteceu em meados de 2020, no rio Grajaú a jusante, na região de Vitória do Mearim, ilustrada pela mortandade de peixes, o que pode ter contribuído por oxidação de nutrientes e o processo de eutrofização.

O lançamento desenfreado dos nutrientes supracitados diretamente nos corpos aquáticos podem acarretar problemas de grande proporção, uma vez que esses oxidados por processos bioquímicos podem ser prejudiciais para a prevalência do ecossistema aquático, na intoxicação dos peixes pelo consumo de oxigênio e estresse a micro-organismos, como é o caso da forma oxidada do nitrogênio (Amônia), exemplos no Quadro 01.

**Quadro 01** – Estado de oxidação nitrogênio e fósforo nos corpos d'água

<b>Elementos</b>	<b>Formas</b>	<b>Situação</b>
Nitrogênio	Amônia livre	Tóxico aos peixes
Nitrogênio	Íon nitrato	doença metemoglobinemia/consumo de oxigênio
Nitrogênio	Íon nitrito	Consumo de oxigênio
Fósforo	Não apresenta	Não apresenta

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2009).

Com base no exposto, observa-se que o fósforo possui pouca ou nenhuma situação de oxidação, porém, em elevadas cargas, pode ser prejudicial pelo amadurecimento das algas, já as variações de nitrogênio apresentam riscos tanto para o ecossistema aquático como para a população. Exemplo disso, em 2020, o rio Grajaú foi impactado negativamente com esse fenômeno, onde os especialistas apontaram desgaste proveniente da eutrofização, no primeiro momento somente o pigmento da água foi alterado para um verde escuro (Globlo Play, 2020). A agricultura, assim como os efluentes gerados pela ação

antrópica, também são responsáveis por parte considerável dos despejos de carga de nutrientes provenientes de suas atividades. O estresse ocorre, ainda, na pecuária cuja criação de gados confinados produzem rejeitos que são diretamente lançados ao solo e em cursos d'água. Na agricultura, a poluição é motivada pelo escoamento superficial acompanhado da retirada de nutrientes do solo – lixiviação – que se associa com a problemática da infiltração e porosidade, alimentando a erosão e, conseqüentemente, a poluição de mananciais (Merten, 2002).

## CONCLUSÃO

A abordagem do estudo espaço-temporal foi de grande relevância para o entendimento da realidade dos danos antrópicos aos corpos d'água estimulada pelo acréscimo da mancha territorial urbana de Grajaú. Essa pesquisa fez uma análise a respeito dos impactos motivados pela ação antropogênica oriunda da produção e expansão do espaço urbano. No município de Grajaú-MA, o acréscimo foi considerável, obteve-se 19,4 km<sup>2</sup>, 35% de ascensão urbana, motivados pelos atrativos urbanos, a exemplo dos empreendimentos imobiliários, do mesmo modo pode contribuir para o estresse hídrico, sendo o aumento do uso e da ocupação do solo mais atuante no desgaste ecológico hídrico.

Ademais, as cargas de nutrientes despejadas nas águas do município foram consideráveis onde o Nitrogênio obteve a concentração de 44.323.2 (mg/L) e de Fósforo 1.772,9 acréscimo esse proveniente de resíduos antropogênicos do esgoto municipal, uma vez que é prejudicial para a contaminação e desgaste dos mananciais.

Em suma, a preocupação com os impactos diretos e indiretos aos sistemas aquáticos é essencial para a gestão dos recursos hídricos locais e pode atuar para a mobilização de esforços para a coleta e o tratamento dos esgotos de origem doméstica. Além disso, a expansão urbana das últimas décadas deve ser acompanhada do monitoramento da abertura de poços artesianos e do lançamento de esgotos domésticos no subsolo, por meio de fossas negras e sumidouros, os quais podem estar contribuindo para a contaminação das águas subterrâneas.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. H. de. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 11, p. 97-113, 2004.

ATLAS ESGOTOS. Agência Nacional das Águas. **Município de Grajaú - MA**. 2017. Disponível em:

<[http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas\\_Esgoto/Maranh%C3%A3o/Relatorio\\_Geral/Graja%C3%BA.pdf](http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/Maranh%C3%A3o/Relatorio_Geral/Graja%C3%BA.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MILARÉ, Édís; BENJAMIN, Antonio Herman V. Estudo prévio de impacto ambiental: teoria, prática e legislação. In: **Estudo prévio de impacto ambiental: teoria, prática e legislação**, 1993. p. 245-245.

BUENO, Liane da Silva. **Uso e ocupação do solo: uma estratégia para o Zoneamento Sustentável**. Caçador-SC: EdUNIARP, 2020.

CERSÓSIMO, Nilene. Identificação de áreas aptas à implantação de equipamentos urbanos causadores de impacto ambiental. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, v. 1, 2006. p. 585-592.

César, eutrofização, Geokratos, 08/2023. Disponível

em: <https://www.geokratos.ggf.br/2023/08/eutrofizacao.html> Acesso em: 01/10/2023.

DINO, Sávio. **Raízes históricas de Grajaú**. Imperatriz: Estampa, 2021.

EMBRAPA. **Solos do Nordeste**. Recife: EMBRAPA, 2006.

JACOBI, Pedro Roberto. Impactos socioambientais urbanos: do risco à busca de sustentabilidade. **Impactos socioambientais urbanos**, 2004. In: MENDONÇA, F. A. (Org.). **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: UFPR, 2004.

MENDONÇA, F. Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbano metropolitana: espaço metodológico da experiência do doutorado em MA&D da UFPR sobre a RMC – Região Metropolitana de Curitiba. In: MENDONÇA, F. **Cidade, Ambiente & Desenvolvimento: abordagem interdisciplinar de problemáticas socioambientais urbanas de Curitiba e RMC**. Curitiba, PR: Editora UFPR, 2004.

MENDONÇA, F.; LEITÃO, S. A. M.: Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **Geotextos**, v. 4, n. 1-2, p. 145-163, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.9771/1984-5537geo.v4i0.3300>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, p. 370-374, 2002.

PEREIRA, Suellen Silva; CURI, Rosires Catão. Meio ambiente, impacto ambiental e desenvolvimento sustentável: conceituações teóricas sobre o despertar da consciência ambiental. **REUNIR - Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 35-57, 2012.

PACHECO, Priscila; AZEREDO, Laura. A história da urbanização brasileira. **WRI Brasil**, 2019. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/05/historia-da-urbanizacao-brasileira>>. Acesso em: 2 fev. 2022.

QUEVEDO, Claudia Maria Gomes de. **Avaliação da presença de fósforo nos esgotos sanitários e da atual contribuição dos detergentes**. 2015. 250 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

RELATÓRIO DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado do Maranhão - Programa de Aceleração do Crescimento PAC**. CPRM, dez. 2011. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/15482/1/rel-grajau.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2022.

RODRIGUES, I. de J. **A dialética rio-cidade: uma análise das potencialidades dos impactos ambientais sobre o Rio Grajaú no perímetro urbano do município de Grajaú-MA**. 2015. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Humanas-Geografia) – Universidade Federal do Maranhão, Grajaú, 2015.

SANTOS, E. C. dos; FEITOSA, A. C. Análise geoambiental e percepção de unidades de paisagem no município de Grajaú-Maranhão. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 6, e202008, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202008>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

SANTOS, Luiz Eduardo Neves dos. Toponímia e Lugar: os significados múltiplos dos logradouros públicos no município de Grajaú, MA. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 62, p. 612-626, 2020.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso do Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodemá**, Fortaleza, v. 8, p. 26-45, 2014.

SILVA, A. R.; SILVA, Í. N. Uso do solo e os impactos antropogênicos no rio Grajaú. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, Grajaú-MA, 2021. (No prelo).

SPERLING, M. Von. Impacto dos nutrientes do esgoto lançado em corpos de água. In: MOTA, F. S. B.; SPERLING, M. Von (Org). **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. v. 2. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

SPOSITO, M. E. B. As cidades médias e os contextos econômicos contemporâneos. In: SPOSITO, M. E. B. (Org.). **Urbanização e cidades: perspectivas geográficas**. Presidente Prudente: GASPERR – FCT/UNESP, 2001. p. 609-643.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

XAVIER, V. S. M.; MARTINS, V. S.; FARIA, A. L. L. de. Análise temporal da mancha urbana da região de Lagoa Santa/MG a partir das suas características físicas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 3490-3501, 2015.

OLIVEIRA, Fernando Roberto de; MENEGASSE, Leila Nunes; DUARTE, Uriel. Impacto ambiental do eucalipto na recarga de água subterrânea em área de cerrado, no médio vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Águas subterrâneas**. São Paulo; Florianópolis: ABAS, 2002. Disponível em:

<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22677>>. Acesso em: 27 set. 2023.

Especialistas apontam fenômeno de 'eutrofização' no rio Grajaú. **Globo Play**, 2020. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/8962900/>>. Acesso em: 30/09/2023.