

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

**MONITORAMENTO, POR MEIO DE GEOTECNOLOGIAS DOS PROCESSOS DE
INUNDAÇÃO E ALAGAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO
BACURI, IMPERATRIZ - MA**

IVANILDE LIMA SILVA¹

TAÍSSA CAROLINE SILVA RODRIGUES ²

AFILIAÇÃO

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – Centro de Ciências Humanas, Sociais e Letras/CCHSL - Rua Godofredo Viana, 1300- Centro, Imperatriz-MA, 69900-000.

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – Centro de Ciências Humanas, Sociais e Letras/CCHSL - Rua Godofredo Viana, 1300- Centro, Imperatriz-MA, 69900-000.

RESUMO

Os problemas ambientais têm-se tornado cada vez mais frequentes nos grandes centros urbanos, potencializados em grande parte pela ação antrópica. Atualmente, o monitoramento por meio das geotecnologias tornou-se uma ferramenta de grande utilidade no combate e prevenção das ocorrências dos problemas ambientais, uma vez que, torna-se possível, identificar, coletar, processar dados ou escalas espaciais dos objetos presentes na superfície terrestre. O trabalho tem por objetivo compreender as áreas atingidas pelos processos de inundação e alagamento, na área da bacia hidrográfica do riacho Bacuri, localizada no município de Imperatriz - MA, por meio do uso de geotecnologias. Para alcançar esse objetivo foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) Copernicus Dem, com resolução espacial de 30 metros, projetados no software (Qgis 3.22), em seguida, os dados foram projetados no modelo *Hand Model* onde foi gerado o mapa de áreas suscetíveis à inundação. Posteriormente, foram utilizados dados da Superintendência Municipal de Proteção e Defesa Civil (SUMPDEC) para o mapeamento dos principais pontos atingidos pela vazão do rio Bacuri. Os resultados obtidos constataram que a bacia hidrográfica do riacho Bacuri sofre demasiadamente com os processos de inundação e alagamento, geram transtornos em escalas sociais e econômicas para os habitantes que vivem em suas proximidades. Conclui-se que o trabalho foi de suma importância para identificar as áreas suscetíveis aos processos de inundação e alagamento, uma vez que, o município de Imperatriz sofre anualmente por tais eventos.

PALAVRAS-CHAVE: Ocupação Irregular; Problemas Ambientais; Mapeamento.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

INTRODUÇÃO

Atualmente, os problemas ambientais têm-se tornado cada vez mais frequentes no cenário urbano brasileiro, potencializados pela ação antrópica. No Brasil, tais problemas são acentuados de forma acelerada pelos processos de expansão dos centros urbanos, gerando transtornos e perdas irreparáveis à natureza e consequentemente à vida humana. Esses problemas revelam a forma desordenada de apropriação, norteadas pela ausência de planejamento que considere o planejamento do uso e ocupação da terra como prerrogativa básica de seu ordenamento.

Essa desordenação traz como consequência, níveis abusivos de degradação ambiental evidentes no cotidiano urbano (Oliveira, 1998). Devido a isso é de extrema importância a discussão sobre os processos de inundação e alagamento, problemas recorrentes no município de Imperatriz – MA, na bacia hidrográfica do riacho Bacuri, que passou por um processo de ocupação desordenado e complexo.

Segundo Braga (2016), as inundações e enchentes são fenômenos naturais que ocorrem com frequência nos cursos d'água, geralmente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração. Estes eventos naturais têm sido intensificados, principalmente nas áreas urbanas, por alterações antrópicas, ou seja, ocupações desordenadas e impermeabilização do solo.

Já o processo de alagamento é o fenômeno de acúmulo de águas em uma área pela qual apresenta problemas no sistema de drenagem urbana. Logo, o alagamento não é um problema ou processo natural de ocorrer no leito dos rios e para Grilo (1992), os alagamentos ocorrem, geralmente, em áreas planas ou com depressões e fundos de vales, com o escoamento superficial comprometido pela topografia e falta ou insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano.

O município de Imperatriz sofre anualmente durante o período chuvoso com as incidências dos processos de inundação e alagamento em toda área urbana. Diante destes cenários, a justificativa deste trabalho destaca-se por sua relevância em estudos que envolvam e que gerem produtos sobre a identificação e mapeamento dessas áreas, entender o uso da terra desses lugares é essencial para apontar modificações e identificar como a impermeabilização do solo urbano tem relação direta com essas questões.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

METODOLOGIA

Para alcançar os resultados da pesquisa foram necessárias 4 etapas. A primeira etapa compreendeu o levantamento bibliográfico sobre os assuntos abordados. A segunda etapa dos processos metodológicos consistiu na classificação das imagens CBERS 4^a, sensor WPM, no software Qgis 3.22. No primeiro momento foi realizada a fusão das imagens (bandas multiespectrais com a banda pancromática) em que se alcançou 2 metros de resolução espacial, a partir desse novo tif. foi realizado a classificação supervisionada pixel a pixel e a geração dos mapas de impermeabilização e espacialização dos pontos de alagamento.

Esses pontos de alagamentos foram extraídos dos relatórios técnicos de vistorias datados no ano de 2018, disponibilizados pela Superintendência Municipal de Proteção e Defesa Civil (SUMPDEC), de onde foi possível retirar e quantificar os principais pontos críticos atingidos pelas inundações e alagamentos.

Para a realização do Modelo de áreas suscetíveis ao processo de inundação, utilizamos o MDE COP-30 que é uma versão de livre acesso e de cobertura global do programa Copernicus DEM. Este MDE, é resultado de interferometria de radar de abertura sintética (INSAR) em banda X da missão TanDEM-X e TerraSAR-X nos anos de 2011 e 2015, financiado pelo poder público-privado entre o governo alemão, representado pela Agência Aeroespacial Alemã (DLR) e Airbus Defence and Space (Cremon *et al.*,2022).

Para a geração de áreas suscetíveis à inundação na bacia hidrográfica do rio Bacuri, utilizamos o programa *Hand Model*, que foi totalmente desenvolvido no Brasil. Conforme Nobre *et al.*,(2011), para as aplicações no mapeamento de terreno o *Hand Model* tem a capacidade de classificar a topologia *Hand*, separando terrenos hidrológicamente homogêneos, para aplicações no mapeamento preditivo de risco hidrológico o programa tem a capacidade de gerar curvas de níveis vetoriais, normalizadas pela drenagem, indicando zonas escalonadas de inundação.

A aplicabilidade do *Hand Model* para os desastres naturais, consiste na indicação de áreas suscetíveis a enchentes ou inundações, apenas pela análise dos desníveis topográficos e da proximidade relativa dos rios. Para gerar o mapeamento de áreas suscetíveis a inundação do rio Bacuri, dentro do *Hand Model*, foram feitas as correções do (MDE) Copernicus Dem, mais o gerenciamento do fluxo acumulado, seguido da extração da drenagem.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Após a construção do *Hand* por meio do Copernicus, o mesmo foi levado para o software Qgis para estabelecer as cotas de inundação, levando em consideração as fortes chuvas ocorridas no ano de 2020, com os relatos dos moradores que vivem próximo ao rio Bacuri, foram utilizados intervalos de 3 metros, marca onde a água alcançou residências na área da bacia. Após a reclassificação por tabela, foram estabelecidos critérios para amostragem de áreas com diferentes níveis de suscetibilidade de inundação.

A quarta e última etapa dos processos metodológicos consistiu na jornada de campo, em que foram aplicados questionários e entrevistas visando a vulnerabilidade da população Imperatrizense que habita as proximidades do riacho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

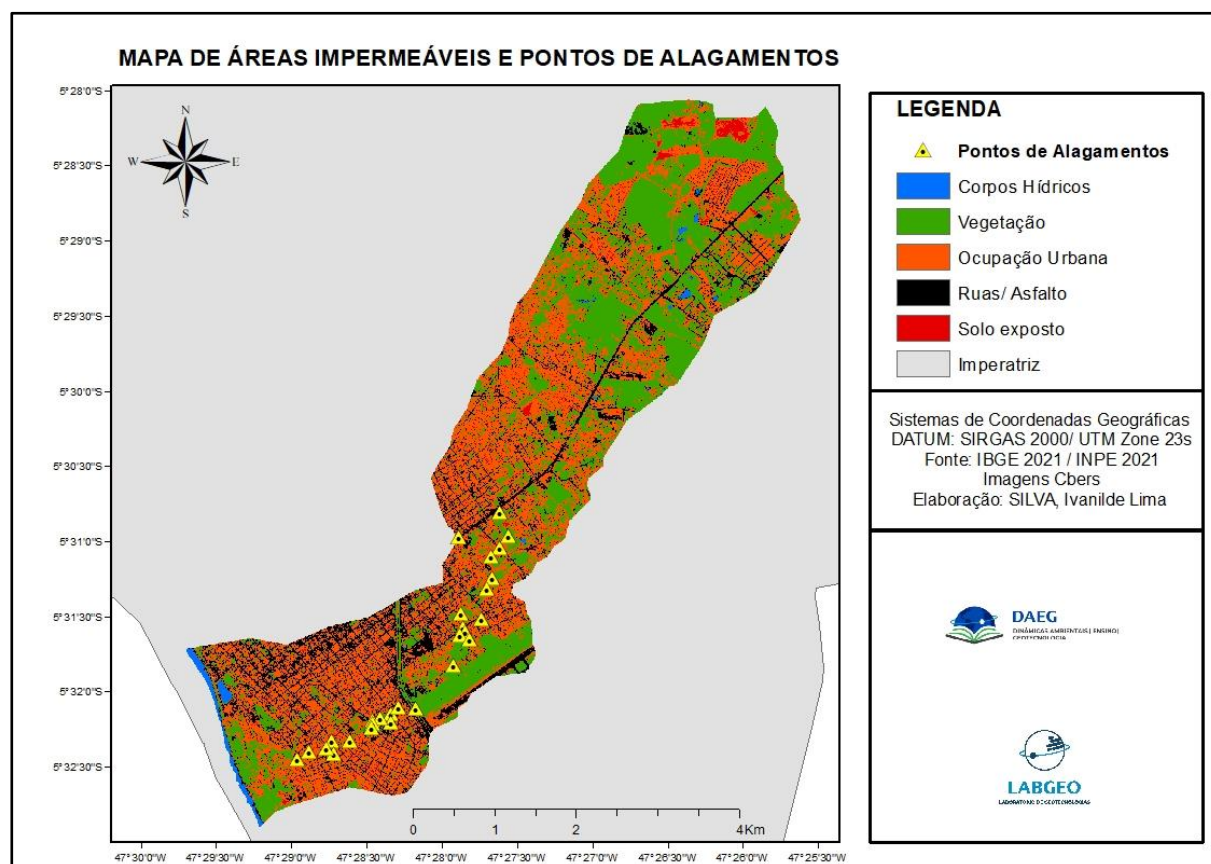
Como dito anteriormente, a cidade de Imperatriz passou por intensos processos de urbanização relacionados com as atividades econômicas, tais ações refletem diretamente na desorganização populacional. Nesse sentido Ribeiro (2018), afirma que a maioria das cidades brasileiras surgiram por meio de interesses comerciais, sem planejamento prévio, ocasionando um crescimento desordenado da população e desajuste na estrutura e seus alicerces.

No contexto da realidade da bacia hidrográfica do riacho Bacuri, às margens do riacho foram sendo ocupadas por um grande contingente que deram origem aos grandes bairros existentes próximos ao leito do riacho sem planejamento adequado, acarretando diversos problemas como: construções irregulares, ausência da rede de esgoto, ausência de pavimentação, alagamentos, entre outros. Atualmente, o riacho transporta em seu leito uma vazão composta por lixos, dejetos e poluentes que acabam contribuindo para o assoreamento do rio, reduzindo a velocidade do fluxo de água ocasionando inundações e alagamentos em tempos chuvosos.

Nessa perspectiva, o seguinte mapa (Figura 1) apresenta áreas de impermeabilização especificamente da bacia hidrográfica do riacho Bacuri. É possível observar que 90 % da área da bacia é coberta por área urbana e algumas áreas ao norte apresentam pequenas manchas de vegetação, principalmente próximo a área da nascente, essa característica faz com que problemas como inundação e alagamento, tenham impactos graves para a população local.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Figura 1- Áreas impermeáveis.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O uso e apropriação inadequado de terras próximos aos recursos hídricos causam diversos problemas relacionados com atividades antrópicas como: redução da qualidade de água, escoamento superficial elevado, poluição de aquíferos, desmatamento de matas ciliares, erosão, poluição de afluentes, compactação e assoreamento dos afluentes.

O mapa de áreas impermeáveis é constituído por cinco classes de cobertura que representam vegetação, ocupação urbana, ruas e asfalto, solo exposto e corpos hídricos, o mapa também representa a espacialização dos principais pontos de alagamentos, disponibilizados pela (SUMPDEC) de Imperatriz. Os pontos citados de áreas de alagamento, coincidem com as regiões que apresentaram maiores índices de áreas impermeáveis dentro do riacho Bacuri.

Tendo em vista a proximidade destes pontos com o riacho Bacuri, a Lei Federal nº 12.651 afirma que uma construção deve manter no mínimo 15 metros de distância das áreas de preservação permanente, podendo ser alterado de acordo com o tamanho de cada curso d'água (Brasil, 2012). O riacho apresenta em média 5 metros de largura, dependendo dos pontos de localização que o mesmo se encontra, é possível observar de forma negligente, construções

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

irregulares próximas às margens do riacho, indo contra o que está previsto lei (figura 2).

Figura 2- Construções às margens do riacho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em dados do relatório técnico da superintendência municipal de proteção e defesa civil (SUMPDEC) em abril de 2019, todos os rios do município de Imperatriz ultrapassaram suas áreas de vazão, deixando 2100 pessoas desalojadas e 400 pessoas desabrigadas, contabilizando um total de 2500 pessoas atingidas pelos processos de inundação e alagamento.

Durante a jornada de campo com aplicação dos questionários, todos os entrevistados relataram que foram atingidos pelo transbordamento do riacho Bacuri, 6 pessoas relataram danos materiais, 8 pessoas foram atingidas, 7 pessoas relataram que a água entrou em sua residência e 9 pessoas relataram que a água inundou ou alagou sua rua, a entrevista ocorreu, sobretudo, nos pontos críticos de alagamentos, ruas alvorada, Coriolano Milhomem e Simplício Moreira. A partir do mapa de áreas suscetíveis às inundações, podemos identificar as áreas que são mais propícias à ocorrência do fenômeno de inundação (figura 3).

O Mapa de áreas suscetíveis à inundação foi realizado no programa *Hand Model* e está classificado em: altíssimo risco à inundação, alto risco à inundação, médio risco à inundação, baixo risco e sem risco, as cores quentes representam o alto risco de inundação, quanto as cores frias representam um pequeno percentual ou sem risco à inundação.

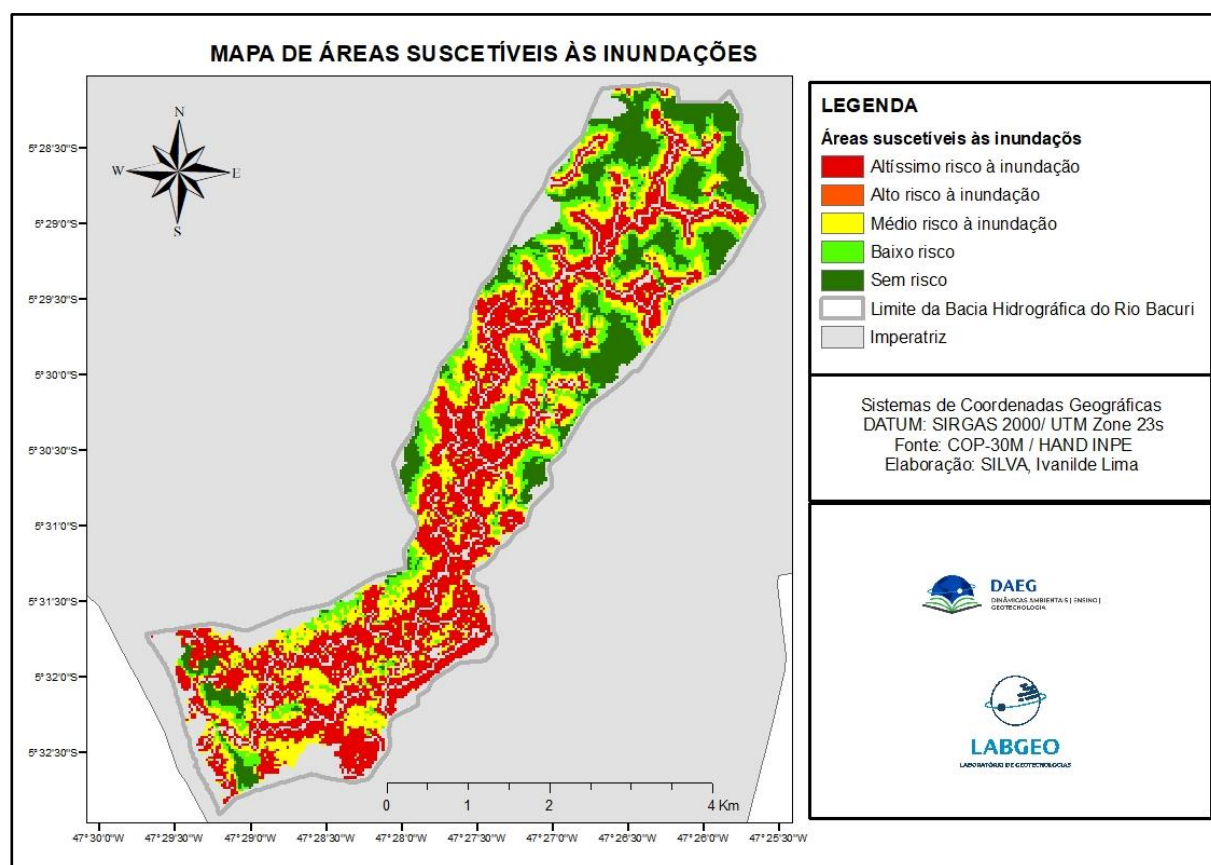
As áreas que apresentam alto risco à inundação são áreas mais próximas do centro da cidade e que apresentam uma baixa declividade, ou seja, apresentam um relevo relativamente rebaixado, outro fator a ser considerado está associado à ausência de mata ciliar, as matas

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

ciliares são sistemas florestais naturalmente presentes em faixas às margens de cursos d'água, cuja função é reduzir o assoreamento e degradação do meio ambiente. Esta observação pode ser evidenciada por meio do mapa, onde as áreas com baixo risco ou sem risco de inundação estão localizadas em áreas que apresentam um pequeno percentual de mata ciliar em torno do riacho Bacuri e áreas mais elevadas.

As áreas com menor risco encontram-se na parte norte do mapa e ficam próximas às áreas de nascentes em que apresenta um pouco mais de vegetação. Porém, essa área próxima a nascente, que fica localizada nas proximidades da Avenida Pedro Neiva, já enfrenta problemas ambientais e principalmente a ocupação sem planejamento, a região está sendo ocupada por condomínio de médio e alto padrão.

Figura 3- Mapa de áreas suscetíveis à inundação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do riacho Bacuri sofre intensos processos antrópicos, seu leito é constituído por várias habitações. O método *HAND* representou as principais áreas suscetíveis à inundação para o valor definido da cota de inundação para 3 metros, em que as manchas

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

caracterizaram as principais áreas de ocorrência dos processos de inundações e alagamentos, em uma observação, as manchas coincidiram com os pontos disponibilizados pela (SUMPDEC).

Os resultados obtidos por meio deste trabalho evidenciam a dificuldade da execução de um plano no combate das inundações e alagamentos, bem como a recuperação do riacho Bacuri. Portanto, o mapeamento por meio do uso de ferramentas da área de Geotecnologias, permitiu visualizar as áreas com maiores riscos, auxiliando na identificação destas áreas na qual necessitam de maior atenção pelo poder público.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, R.C. **Medidas não estruturais na prevenção e controle de enchentes em áreas urbanas, como subsídios para o planejamento de uso e ocupação do solo: estudo de caso – bacia do córrego do Gregório – São Carlos (SP).** Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1998.

BRAGA, Júlia Oliveira. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF.** Distrito Federal, Brasília. Agosto de 2016. 33p. UNB/IH/GEA, bacharelado, 2016.

GRILO, R. C. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP.** 1992. 103 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

E. H. Cremon, G. M. Bettiol, J., J. P. M. Júnior, F. C. Macedo, and M. O. Rabelo. Avaliação da altimetria do MDE COP-30 no Centro Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, p. 536-546, 2022.

RIBEIRO, R. C. **Água vai, água vai, água vai: os transbordamentos dos Riachos na cidade de Imperatriz- MA.** 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Sociais) – Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de Maio de 2012. Proteção de vegetação nativa. Disponível em:< https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 14.08.2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IMPERATRIZ. Superintendência Municipal de Proteção e Defesa Civil-SUMPDEC. Relatórios Técnicos de vistoria. Mensagem pessoal enviada para o autor. 01.18.2023.