



# MAPEAMENTO E ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA E ÁREA DE EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES, AMAZÔNIA OCIDENTAL, BRASIL

---

**Geisilane Hell**

*Universidade Federal de Rondônia*

**Karoline Ruiz Ferreira**

*Ação Ecológica Guaporé*

**Emanuel Maia**

*Universidade Federal de Rondônia*

**Karen Janones da Rocha**

*Universidade Federal de Rondônia*

**Jhony Vendruscolo**

*Universidade Federal de Rondônia*

## RESUMO

A inundação em áreas urbanas ocasiona perda de vidas, bens materiais, patrimônios e traz riscos à saúde pública. Objetivou-se com este trabalho, mapear a suscetibilidade à inundação nas áreas urbana (AUR) e de expansão urbana (AEU) do município de Ariquemes visando selecionar estratégias de prevenção, mitigação e adaptação. As informações foram adquiridas para as áreas urbana, de expansão, e uma área de contribuição hidrográfica, com auxílio de geotecnologias. As áreas urbana, expansão e contribuição hidrográfica são de 3.381,51 ha, 20.508,83 ha e 944.481 ha, respectivamente. As AUR e AEU apresentam 5 níveis de suscetibilidade a inundação, classificadas como extremamente alta, muito alta, alta, moderada e baixa. A ocupação urbana deve ser realizada na região classificada como baixa, que abrange 71,71% da AUR e 67,96% da AEU. Para prevenir, mitigar e adaptar os problemas associados às inundações são recomendadas estratégias integradas nas AUR e AEU e contribuição hidrográfica (exemplos: conscientização da população, adoção de práticas conservacionistas, implantação de áreas verdes, manutenção da vegetação nativa remanescente, recuperação da vegetação nativa nas áreas protegidas por lei e atualização do plano diretor). Essas medidas também reduzem os riscos de escassez hídrica no período de estiagem.

**Palavras-chave:** Geotecnologia aplicada, Características da paisagem, Planejamento e gestão ambiental, Prevenção e mitigação de eventos extremos.

## Mapping and analysis of susceptibility to flooding in the urban area and urban expansion area of the municipality of Ariquemes, Western Amazon, Brazil

---

### ABSTRACT

Flooding in urban areas causes loss of lives, material goods, assets and poses risks to public health. Thus, the objective of this work was to map susceptibility to flooding in the urban area and urban expansion area of the municipality of Ariquemes and select prevention, mitigation and adaptation strategies. The information was acquired for urban areas, urban expansion areas and hydrographic contribution areas, with the help of geotechnologies. The urban areas, expansion and hydrographic contribution are 3,381.51 ha, 20,508.83 ha and 944,481 ha, respectively. Urban and urban expansion areas have 5 levels of susceptibility to flooding, classified as extremely high, very high, high, moderate and low. Urban occupation must be carried out in the region classified as low, which covers 71.71% of the urban area and 67.96% of the expansion area. To prevent, mitigate and adapt to problems associated with flooding, integrated strategies are recommended in urban areas, urban expansion and hydrographic contribution (examples: population awareness, adoption of conservation practices, implementation of green areas, maintenance of remaining native vegetation, recovery of vegetation native areas in areas protected by law and updating the master plan). These measures also reduce the risk of water shortages during the dry season.

**Keywords:** Applied geotechnologies, Landscape features, Environmental planning and management, Prevention and mitigation of extreme events.

### INTRODUÇÃO

As inundações são fenômenos naturais e recorrentes que representam um significativo problema socioambiental, especialmente quando regiões suscetíveis são transformadas em áreas urbanas (TUCCI, 2012). A urbanização intensifica os riscos de inundação devido à falta de estruturas de drenagem adequadas ou à presença de estruturas subdimensionadas (SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2013). Além disso, a impermeabilização do solo reduz a capacidade de infiltração de água, intensificando o problema (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001). A falta de planejamento urbano adequado também agrava as inundações, uma vez que chuvas de alta intensidade e curta duração produzem inundações mais severas em áreas com características desfavoráveis de relevo, rede de drenagem e uso do solo (FARIAS; MENDONÇA, 2022).

Para pequenas e médias cidades as inundações têm se tornado mais frequentes, intensas e agravadas pelas mudanças climáticas. Nestas localidades a urbanização e a expansão geográfica do município, são impulsionadas pelo crescimento populacional e desenvolvimento agropecuário, e podem resultar em uma série de vulnerabilidades, devido a substituição da cobertura vegetal nativa por áreas urbanizadas em regiões inadequadas e o aumento da taxa de impermeabilização do solo (FARIAS; COSTA; GUEDES, 2022). Essas mudanças alteram o escoamento superficial das águas pluviais, contribuindo para a ocorrência de cheias rápidas e frequentes, principalmente durante as fortes chuvas sazonais (GRACIOSA; MENDIONDO, 2007; SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2013).

O planejamento urbano e territorial regional oferece soluções eficazes para a mitigação dos riscos de inundação (FARIAS; MENDONÇA, 2022; MENDEZ *et al.*, 2024). Estratégias integradas, incluindo a sensibilização da população, adoção de práticas conservacionistas para o uso e ocupação dos solos, implantação de áreas verdes com árvores, manutenção e recuperação da vegetação nativa, além da atualização dos planos diretores, são essenciais para prevenir, mitigar e adaptar-se aos problemas associados às inundações (COSTA *et al.*, 2024). Tais medidas não só reduzem os riscos de inundações, mas também ajudam a conservar os recursos hídricos e a garantir um desenvolvimento urbano sustentável (OLIVEIRA *et al.*, 2023). Porém, a adoção deste conjunto de ações de forma integrada pode ser complexa para muitas destas localidades dada a escassez de recurso humano capacitado nos órgãos municipais responsáveis.

O emprego de um diagnóstico detalhado, que englobe ferramentas e base de dados gratuitos para o mapeamento das áreas de suscetibilidade à inundação, à análise dos principais fatores influenciadores das inundações e à implementação de estratégias de prevenção, mitigação e adaptação, pode reduzir significativamente os riscos de inundações na área urbana e de expansão urbana em municípios de médio e pequeno porte. Assim como reduzir a vulnerabilidade à escassez hídrica, visto que estes fatores se relacionam quando se tem uma abordagem via microbacias hidrográficas.

O município de Ariquemes foi emancipado em 11/10/1977 pela Lei nº 6.448 (BRASIL, 1977) e experimentou um aumento populacional significativo, impulsionado pela migração em busca de melhores oportunidades, incentivos governamentais à colonização da Amazônia e abertura da BR-364 (SEDAM, 2002). Entre 1985 e 2021, a área urbana cresceu de 1.099 para 3.461 ha, devido ao desenvolvimento agropecuário, especialmente o cultivo de soja e a criação de gado bovino (HELL *et al.*, 2023). Em 2023, era o terceiro município mais populoso de Rondônia, com 96.833 habitantes (IBGE, 2023). A crescente urbanização e expansão geográfica trouxeram várias vulnerabilidades. A substituição da vegetação nativa por áreas urbanizadas aumentou a impermeabilização do solo e alterou o escoamento superficial das águas pluviais (FARIAS; COSTA; GUEDES, 2022), levando a inundações frequentes causadas por chuvas sazonais intensas e pela topografia da região (SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2013).

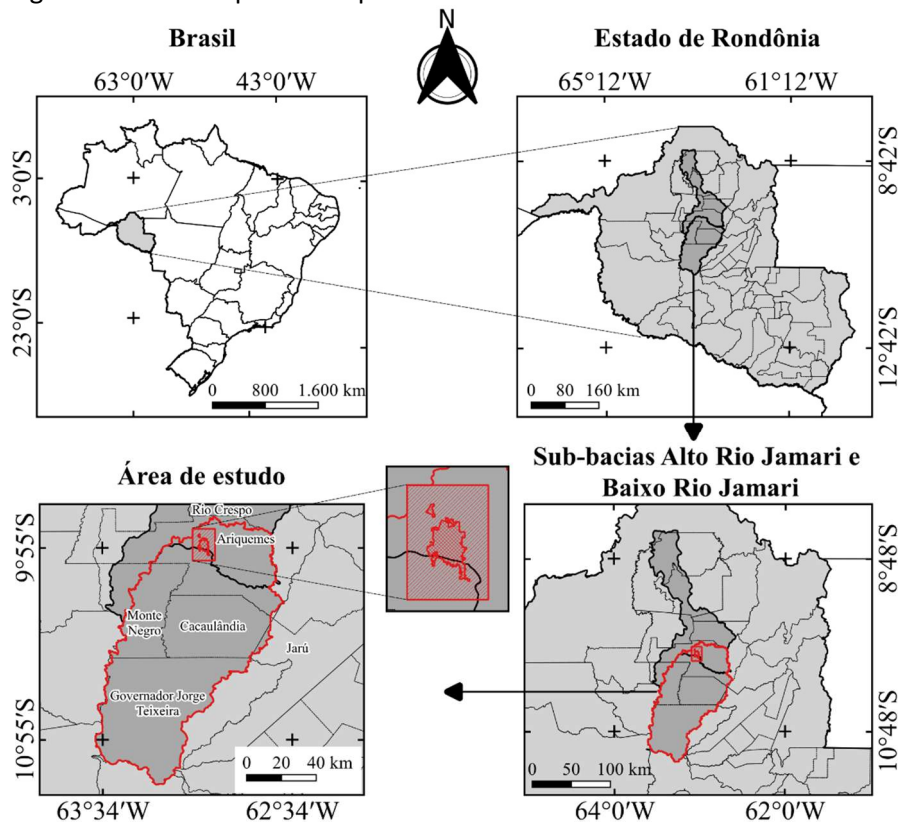
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi mapear a suscetibilidade à inundação na área urbana e na área de expansão urbana do município de Ariquemes, analisar os principais fatores que influenciam essa suscetibilidade, e indicar estratégias de prevenção, mitigação e adaptação com um método de fácil replicação para outros municípios.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo e características gerais

O trabalho foi realizado na área urbana (AUR), área de expansão urbana (AEU) e área de contribuição hidrográfica (ACH) no município de Ariquemes, Estado de Rondônia (Figura 1). A região tem clima Tropical com inverno seco (Aw) (BECK *et al.*, 2018), temperaturas médias entre 24 e 26 °C (ALVARES *et al.*, 2013), e precipitação anual de 1.728,9 a 2.008,2 mm, concentrada de novembro a março (FRANCA, 2015). A litologia tem predominância de rochas ígneas associadas a rochas metamórficas (CPRM, 2018), e a principal classe de solos são os Latossolos (SEDAM, 2002).

**Figura 1** – Mapa de localização das áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica no município de Ariquemes

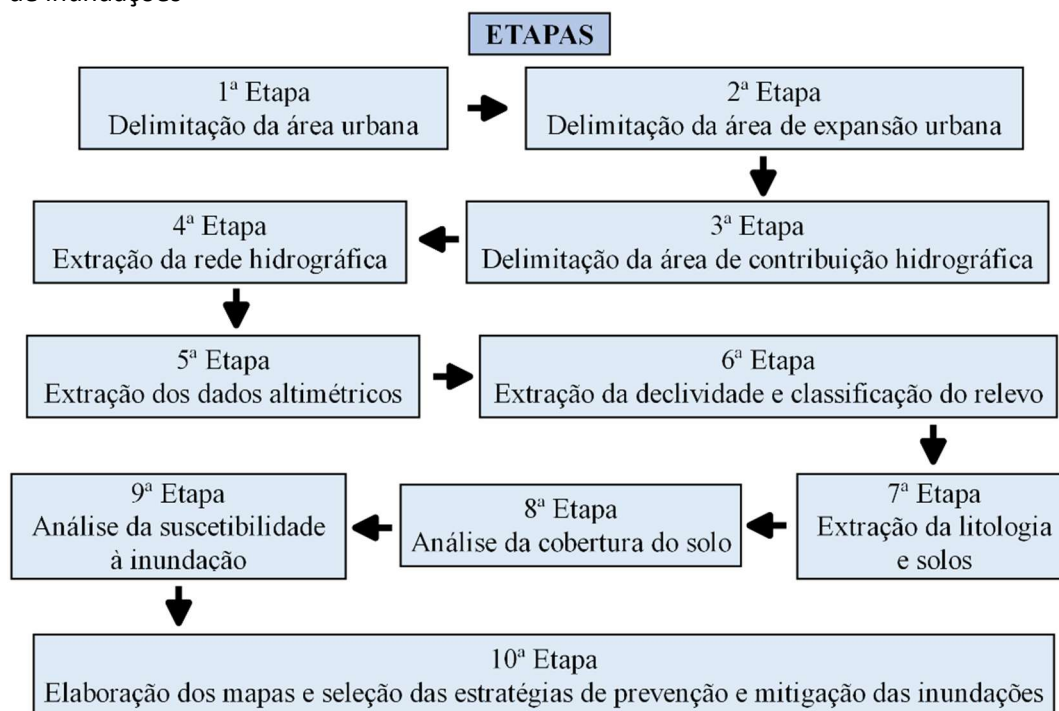


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

### Metodologia para aquisição e processamento dos dados

Os dados foram obtidos com os softwares QGIS 3.28.29 (versão Firenze) e Hand Model (MOMO *et al.*, 2016; NOBRE *et al.*, 2016) em 10 etapas (Figura 2), detalhadas a seguir:

**Figura 2** – Etapas para aquisição e processamento de dados, mapeamento da suscetibilidade à inundação, e seleção de estratégias para prevenção e mitigação de inundações



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

**Etapa 1:** Delimitação da área urbana: 1º) Instalação do plugin “QuickMapServices”; 2º) Ativação da ferramenta “Google Satellite”; 3º) Criação da camada shapefile da área urbana com a ferramenta “Criar nova camada”; e 4º) Edição da camada da área urbana com a ferramenta “Adicionar polígono”.

**Etapa 2:** A delimitação da área de expansão urbana: ferramenta “Buffer”, considerando uma faixa de 3 km a partir do limite da área urbana.

**Etapa 3:** Delimitação da área de contribuição: 1º) Baixar os dados de altitude do projeto Topodata (VALERIANO, 2005; INPE, 2008); 2º) Remover depressões; 3º) Extrair o fluxo acumulado, direção de fluxo e rede de drenagem; 4º) Extrair a microbacia; 5º) Poligonizar o arquivo da microbacia; e 6º) Ajustar o limite da microbacia no Google Earth Pro. Posteriormente, foi calculada a área de contribuição hidrográfica com as ferramentas “calculadora de campo” e “group stats”, assim como para área urbana e área de expansão urbana.

**Etapa 4:** A rede de drenagem foi extraída durante os passos de 1 a 3 da Etapa 3.

**Etapa 5:** Os dados de altitude foram obtidos diretamente do projeto Topodata (VALERIANO, 2005; INPE, 2008), e recortados para a área de contribuição com a ferramenta “extrair - recortar raster pela camada de máscara”.

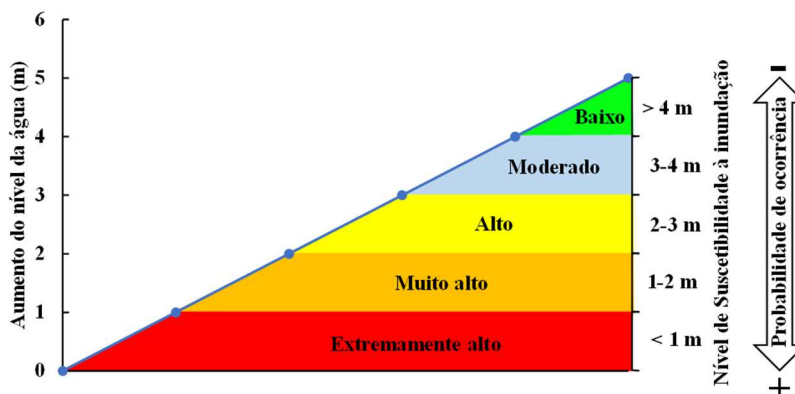
**Etapa 6:** Obtenção dos dados de relevo: 1º) cálculo da declividade (%) com a ferramenta “Declividade”; 2º) conversão do arquivo raster para o formato vetorial com a ferramenta “poligonizar”; 3º) recorte do arquivo de declividade com base no arquivo da contribuição hidrográfica, com a ferramenta “recortar”; e 4º) classificação do relevo em plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e escarpado, de acordo com a declividade (0-3, 3-8, 8-20, 20-45, 45-75 e 75-87%, respectivamente) (SANTOS *et al.*, 2013).

**Etapa 7:** A litologia foi disponibilizada pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2018), e os solos foram obtidos do Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002). Os dados foram extraídos para a área de interesse com a ferramenta “recortar” e o arquivo de contribuição hidrográfica como máscara.

**Etapa 8:** A análise da cobertura do solo foi realizada com base nos anos de 1985, 2008 e 2022, utilizando imagens provenientes do Projeto MapBiomass (SOUZA JUNIOR *et al.*, 2020; PROJETO MAPBIOMASS, 2023). Os dados da cobertura do solo foram comparados com informações referentes à velocidade de infiltração básica (VIB), disponibilizados na literatura, para facilitar o entendimento dos efeitos de mudança de cobertura do solo nos processos de infiltração e escoamento superficial, e, conseqüentemente, na formação de inundações.

**Etapa 9:** A análise de suscetibilidade a inundação foi realizada inicialmente no software Hand Model nos seguintes passos: 1º) Correção do Modelo Digital de Elevação (MDE); 2º) Obtenção do fluxo acumulado; 3º) Extração da rede de drenagem, utilizando o limiar de 637 (VENDRUSCOLO; CAVALHEIRO, 2019); e 4º) Nível da água com relação à drenagem mais próxima (Height Above the Nearest Drainage). Em seguida os dados foram exportados para o software QGIS para o preenchimento das células sem dados com a ferramenta “Fill no Data”, classificação da suscetibilidade a inundação (Figura 3) com a ferramenta “Reclassificar por tabela”, recorte da imagem classificada (área urbana e área de expansão urbana) com a ferramenta “Recortar”, e mensuração das áreas suscetíveis a inundação com a ferramenta “Calculadora de campo”. Por fim, o mapeamento foi validado com base nos dados do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2017).

**Etapa 10:** Para facilitar a interpretação dos resultados e seleção de estratégias foram gerados os mapas de contribuição hidrográfica, altitude, relevo, litologia, solos, cobertura do solo, suscetibilidade à inundação e comparação entre a área de expansão urbana prevista no estudo e a área de expansão urbana prevista na Lei nº 1.574/2010 (ARIQUEMES, 2010), com a ferramenta “Novo layout de impressão” do software QGIS.

**Figura 3** – Suscetibilidade à inundação com base na elevação do nível da água

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

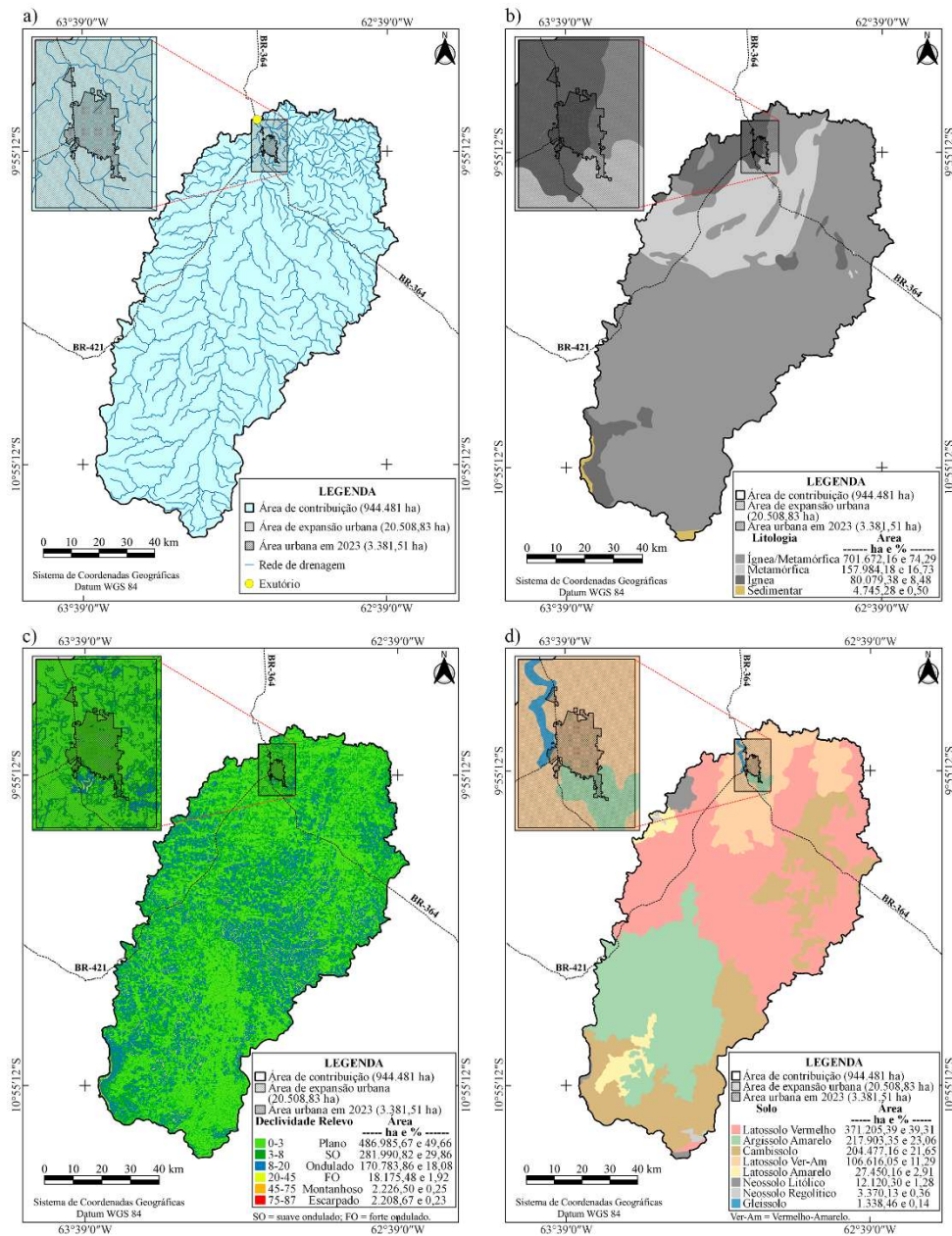
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Características da área em estudo

A área de estudo é formada pelas áreas de contribuição hidrográfica (944.481 ha), expansão urbana (20.508,83 ha) e urbana (3.381,51 ha) (Figura 4a). A área urbana do município de Ariquemes é cercada por três grandes rios (Jamari, Canaã e Rio Branco), e está inserida nas sub-bacias Alto Rio Jamari (85,94%) e Baixo Rio Jamari (14,06%). A sub-bacia do Alto Rio Jamari tem baixa a média suscetibilidade a inundações do ponto de vista geométrico, tempo de concentração de 43 h e 24 minutos, média densidade de drenagem e canal principal sinuoso, este último caracteriza um retardamento da velocidade do fluxo hídrico na região (VENDRUSCOLO *et al.*, 2019). A rede de drenagem tem padrão de drenagem dendrítico (Figura 4a). Esse padrão ocorre quando os rios fluem sobre rochas horizontalmente homogêneas (Figura 4b), e que favorecem erosões semelhantes em todas as regiões (PARVIS, 1950).

O relevo varia de plano a escarpado, com predominância dos planos (49,66%), suave ondulados (29,86%) e ondulados (18,08%) (Figura 4c), e abrangem juntos 97,60% da área total. O acúmulo de água no solo é diretamente influenciado pela declividade, assim, regiões com baixa declividade apresentam escoamento superficial com baixa velocidade (LEPSCH *et al.*, 2015), aumentando, conseqüentemente, a probabilidade de ocorrência de inundações quando estas regiões estão localizadas nas cotas mais baixas do terreno (CURY *et al.*, 2021). Portanto, regiões com predominância de relevos planos a suave ondulados, como pode ser observado na área urbana e de expansão urbana do município de Ariquemes, podem favorecer a formação de inundações, por haver acúmulo de água, podem levar um tempo maior para voltar à normalidade.

**Figura 4** - Áreas de contribuição hidrográfica, expansão urbana e urbana no município de Ariquemes e adjacências, Rondônia, Brasil. a) Rede de drenagem, b) Litologia, c) Relevo e d) Classes de solos.



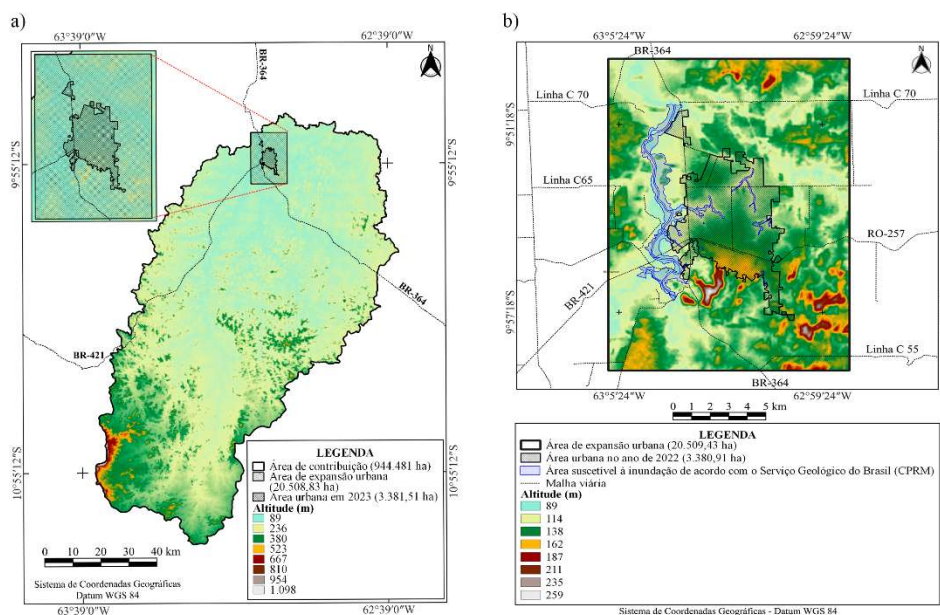
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Também é importante destacar que o aumento da declividade resulta na elevação da velocidade de escoamento superficial, de muito lento no relevo plano para muito rápido no relevo montanhoso (LEPSCH *et al.*, 2015). Assim, relevos mais declivosos a montante dos recursos hídricos propiciam maior velocidade da água e

menor tempo de concentração para formação de inundações, tornando a região propícia a estes eventos, quando ocorrem precipitações intensas e com duração equivalente ao tempo de concentração. No caso da área em estudo, a área de contribuição exerce pouca influência do ponto de vista de relevo, por apresentar predominância de relevos com baixa declividade, que favorecem a infiltração de água no solo e a redução do escoamento superficial, e tempo de concentração elevado (43 h e 24 minutos).

A área em estudo apresenta 8 tipos de solos (Figura 4d) com predominância de Latossolos (53,51% da área), e são caracterizados pela intensa intemperização e boa drenagem (SANTOS *et al.*, 2018). Sua principal limitação é a baixa fertilidade natural, contudo apresentam potencial agrícola elevado, visto que, a grande profundidade e o relevo plano favorecem a mecanização, infiltração e armazenamento de água, minimizando a ação da erosão hídrica (PEREIRA *et al.*, 2019).

**Figura 5** - Altitude das áreas de contribuição hidrográfica (a), expansão urbana e urbana (b) no município de Ariquemes e adjacências, Rondônia, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A baixa permeabilidade das rochas metamórficas e ígneas (99,50%) (Figura 4b), favorecem a saturação do solo durante o período das chuvas (novembro a março), e o escoamento superficial e a formação da rede de drenagem. Da mesma forma que, a altitude é influenciada pela litologia, devido aos processos geológicos que moldam a paisagem ao longo do tempo geológico.

Na área de contribuição hidrográfica a altitude varia de 89 m a 1.098 m (Figura 5a), enquanto, na área urbana e de expansão urbana, varia de 89 m a 259 m (Figura 5b). O aumento da altitude resulta na elevação da precipitação média anual, e nas reduções da temperatura e da evapotranspiração (LIMA, 2008). Essa característica afeta a adequabilidade ambiental de espécies vegetais, logo, influencia a seleção de espécies de interesse comercial nas propriedades rurais (BOURKE, 2010) e na cobertura do solo. As cotas mais baixas do terreno são mais suscetíveis às inundações, por estarem associadas ao fundo de vales e planícies aluviais e, conseqüentemente, possuem proximidade a corpos d'água (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015). A água proveniente da precipitação pluviométrica propende a se acumular nas cotas mais baixas, pelo efeito da gravidade.

### Dinâmica da cobertura e uso do solo

A cobertura do solo passou por grandes alterações desde o ano de 1985, quando as florestas ocupavam 86,24% da área de contribuição hidrográfica e a área urbanizada ocupava 0,18% (Figura 6).

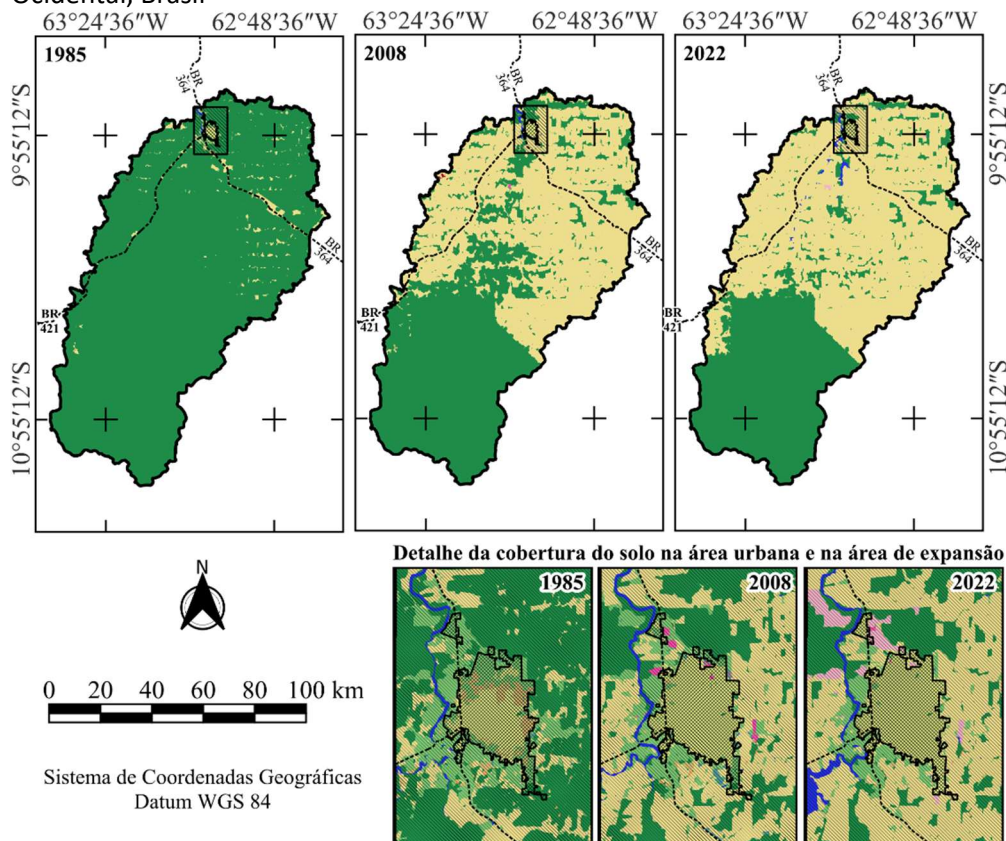
No período de 1985 a 2008, a área de floresta foi muito reduzida, mais de 30% da área, e parte da área (30,32%) foi ocupada pastagem (Figura 6). A partir de 2008, com o Decreto nº 6.514 de 2008 que alterava as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente (BRASIL, 2008), e com a Lei de proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012), as configurações do uso e cobertura da terra em imóveis rurais foi profundamente alterada, com o estabelecimento legal de áreas desmatadas irregularmente como áreas consolidadas (BRASIL, 2012). A partir desse marco temporal depreende-se que mesmo com a data de área de consolidação e suas sanções, houve um decréscimo da área de florestas até o período de 2022 (6,75% da área de contribuição hidrográfica), e conseqüentemente acréscimo de pastagens e cultivos de grãos (soja).

A dinâmica da cobertura do solo na área em estudo foi influenciada por diversas ações e fatores, incluindo:

- 1) Disponibilização de terras por meio de projetos de colonização e reforma agrária a partir da década de 1970, um total de 11 projetos (BRITO *et al.*, 2016);
- 2) Acesso as terras por meio da construção da malha viária, com destaque para BR-364, BR-421, RO-140, RO-144, RO-257, RO-461 e linhas C Zero, C 05, C 10, C 15, C 20, C 25, C 30, C 35, C 40, C 45, C 50, C 55, C 60, C 65, C 70 e C 75;
- 3) Melhoria das condições físicas da malha viária por meio de pavimentação asfáltica nas vias mais movimentadas (BR-364 e BR-421), e o cascalhamento nas demais vias;
- 4) Presença da Hidrovia do Madeira, que se estende desde Porto Velho - RO até Itacoatiara - AM: permite o transporte de grande quantidade de produtos por longas distâncias e com baixo custo de carregamento e deslocamento (MENDES *et al.*, 2024); e

5) Incentivo a produção agropecuária por meio de eventos como a Expoari, que em 2025, completou 40 anos. Esse evento, que ocorre anualmente no município de Ariquemes – RO e completou 40 anos em 2025, é uma das maiores feiras agropecuárias da Região Norte do Brasil.

**Figura 6** – Dinâmica da cobertura do solo nas áreas de contribuição hidrográfica, expansão urbana e urbana no município de Ariquemes, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil



LEGENDA			
	Área de contribuição (944.481 ha)		
	Área de expansão urbana (20.508,83 ha)		
	Área urbana em 2023 (3.381,51 ha)		
Cobertura do solo	1985	2008	2022
	Área (ha e %)		
	814.520,72 e 86,24	527.695,15 e 55,86	463.908,27 e 49,11
	13.608,16 e 1,44	12.000,40 e 1,27	8.225,4 e 0,87
	237,60 e 0,03	105,84 e 0,01	51,69 e < 0,01
	1.806,55 e 0,19	2.181,91 e 0,23	1.255,77 e 0,13
	8.086,90 e 0,86	7.183,40 e 0,76	2.291,41 e 0,24
	99.152,60 e 10,50	385.539,19 e 40,82	449.263,66 e 47,57
	1.729,60 e 0,18	3.305,97 e 0,35	3.794,19 e 0,40
	4.138,04 e 0,44	4.143,13 e 0,44	4.145,50 e 0,44
	219,14 e 0,02	465,30 e 0,05	633,97 e 0,07
	981,69 e 0,10	1.371,88 e 0,15	6.913,11 e 0,73
	0,00 e 0,00	6,67 e < 0,01	3.454,88 e 0,37
	0,00 e 0,00	482,16 e 0,05	543,15 e 0,06

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

É importante destacar que o maior bloco de floresta nativa, observado em 2022, está localizado no Parque Nacional dos Pacaás Novos e Terra Indígena Uru-Eu-Wau-Wau (áreas sobrepostas), aproximadamente 63,27% da área total de formação florestal (293.527 ha). Destaca-se também que a Terra Indígena Uru-Eu-Wau-Wau ocupa apenas 32,35% da área de estudos (305.544 ha), ou seja, os outros 67,65% da área estão associados a propriedades particulares, onde teoricamente deveria ter mais áreas ocupadas com cobertura florestal. É necessário haver cobertura dos solos com florestas nas distintas posições de relevo, para que todas as funções eco-hidrológicas sejam devidamente prestadas, inclusive a infiltração de água no solo (TAMBOSI *et al.*, 2015). Portanto, as áreas protegidas por Lei são essenciais para a manutenção da vegetação nativa da região e, conseqüentemente, para a redução dos riscos de inundação na área urbana e de expansão urbana de Ariquemes.

No período de 1985 a 2022, a área urbana apresentou grande crescimento, passando de 1.729,60 ha para 3.794,19 ha. A tendência durante o processo de ocupação é que a vegetação seja retirada e em seu lugar surjam as construções urbanas, essa modificação resulta na impermeabilização de parte do solo, reduzindo a capacidade de infiltração da água (TUCCI, 2007). Por consequência, a água que não infiltra forma o escoamento superficial, tornando-se um problema nas áreas urbanas que apresentam rede de drenagem ineficiente, ao desencadear e/ou intensificar o assoreamento dos rios e ampliar a magnitude e frequência de inundações (GUERRA; MENDONÇA, 2004; TUCCI, 2012; COSTA; MIYAZAKI, 2017).

A conversão das áreas de floresta nativa para pastagem, soja e área urbana diminuem a capacidade de infiltração de água (Tabela 1), aumentando o escoamento superficial. A substituição da floresta por pastagem aumenta a exposição ao solo, pois resultam em mudanças na quantidade de biomassa e cobertura da área. Além disso, as áreas de pastagens que são compactadas pelo pisoteio animal, diminuem a sua capacidade de infiltração da água no solo com o tempo de uso e o manejo inadequado (SILVA FILHO, 2016), elevando o volume de escoamento superficial e, conseqüentemente, o nível das inundações nas cotas mais baixas do terreno, bem como reduzindo a vazão potencial nos períodos de escassez hídrica. As áreas ocupadas com floresta nativa, quando comparada com o cultivo de soja e milho, apresenta elevada VIB (Tabela 1), destacando sua relevância no ciclo hidrológico, uma vez que as práticas agrícolas intensivas podem compactar o solo, reduzindo sua capacidade de infiltração.

### **Suscetibilidade à inundação nas áreas urbana e de expansão urbana**

Há diferentes níveis de suscetibilidade a inundação na área urbana do município de Ariquemes, com predomínio de baixo risco (71,71%) (Figura 7). Na área de expansão, há regiões classificadas como moderada a extremamente alta em 32,04% da área total. Estes resultados confirmam o relatório apresentado pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2017), que identificou regiões com risco de inundação nos bairros Setor 5, Setor 6, Setor 10, Setor 12, Marechal Rondon e Jardim Europa. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

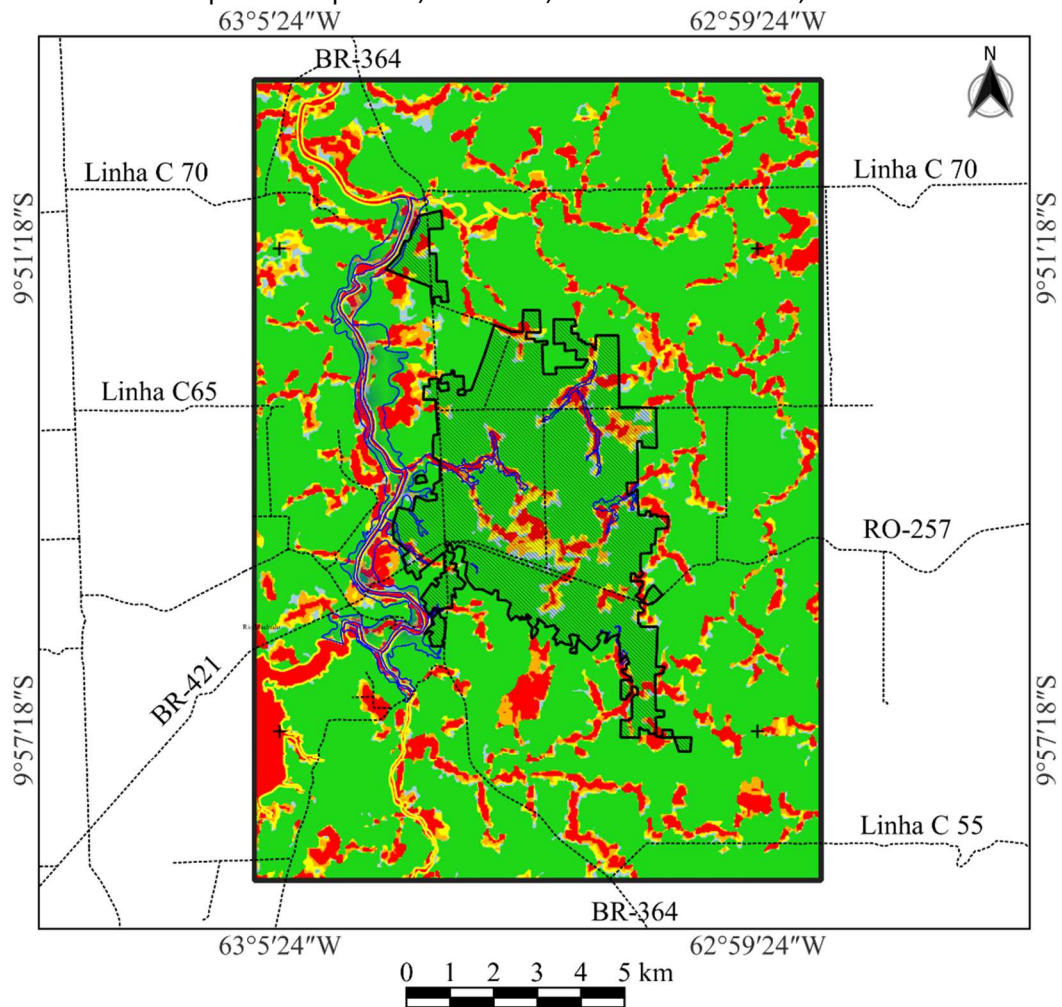
também identificou 53 domicílios localizados em regiões suscetíveis à inundação no município de Ariquemes em 2022 (SNIS, 2024).

**Tabela 1** - Classificação e velocidade de infiltração básica (VIB) para as principais coberturas da área de estudo

Classificação da velocidade de infiltração básica (VIB) <sup>a</sup>		VIB (mm h <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	
Muito lenta		< 3,00	
Lenta		3,00 a 5,50	
Moderadamente lenta		5,51 a 12,50	
Moderada		12,51 a 30,50	
Moderadamente rápida		30,51 a 60,50	
Rápida		60,51 a 100,00	
Muito rápida		100,01 a 200,00	
Extremamente rápida		> 200	
Cobertura do solo	Solo	VIB	Classificação da VIB <sup>a</sup>
		- mm h <sup>-1</sup> -	
Floresta nativa	Latossolo Vermelho-Amarelo	1.766,66 <sup>b</sup>	Extremamente rápida
	Latossolo Amarelo	325,83 <sup>c</sup>	Extremamente rápida
Pastagem	Latossolo Amarelo	24,13 <sup>c</sup>	Moderada
Soja e milho	Latossolo Vermelho-Amarelo	38,58 <sup>b</sup>	Moderadamente rápida
Área urbana	–	0,00 <sup>d</sup>	Muito lenta

<sup>a</sup>Adaptado de Pereira *et al.* (2020); <sup>b</sup>Viana *et al.* (2016); <sup>c</sup>Silva Filho (2016); <sup>d</sup>Tucci (2007).

Além de áreas construídas às margens do rio Jamari, o município também tem áreas de microbacias urbanas com ocupação sem planejamento. Estas áreas compreendem em sua maioria às margens dos igarapés (CPRM, 2017). A expansão urbana em áreas suscetíveis, além de colocar em risco as vidas, também intensificam as inundações por obstruir a rede de drenagem. Adicionalmente, constata-se que principalmente nas Áreas de Preservação Permanentes (APP) de margens de rios, houve supressão florestal, o que pode resultar em diversos problemas socioecológicos. A vegetação nativa da zona ripária desempenha funções eco-hidrológicas por propiciar o microclima adequado para o funcionamento do ambiente aquático, possibilitar maior estabilidade nos canais dos rios, reduzir o assoreamento e a erosão das margens ripárias, e atuar na manutenção da biodiversidade terrestre (NAIMAN; BILBY; BISSON, 2000; TAMBOSI *et al.*, 2015).

**Figura 7** - Suscetibilidade a inundação nas áreas urbana e de expansão urbana do município de Ariquemes, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

**LEGENDA**

Área de expansão urbana (20.509,43 ha)  
 Área urbana no ano de 2022 (3.380,91 ha)  
 Área suscetível à inundação de acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM)  
 Malha viária

Nível da água -- m --	Suscetibilidade à inundação	Área urbana	Área de expansão urbana Área (ha e %)
< 1	Extremamente alto	256,82	2.511,11
1-2	Muito alto	234,12	1.547,26
2-3	Alto	229,34	1.294,29
3-4	Moderado	236,34	1.218,36
> 4	Baixo	2.424,29	13.938,41

Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

As áreas mais suscetíveis às inundações estão localizadas nas cotas mais baixas do terreno, nos fundos dos vales, os quais podem apresentar cursos d'água ou não. Portanto, as áreas suscetíveis podem estar localizadas em regiões que apresentam depressões, longe de rios, mas que acumulam água quando a capacidade de infiltração é menor do que a intensidade de precipitação. Isto se deve a execução de aterros sobre nascentes sem nenhum controle e dispositivo de drenagem para encaminhamento destas águas (CPRM, 2017).

Outra situação alarmante é a ocorrência de alagamentos devido à ineficiência da drenagem urbana do município. De acordo com o plano municipal de saneamento básico de Ariquemes (ARIQUEMES, 2016), há ocorrência de muitos locais com inundações na área urbana do município, pois nos períodos de precipitações intensas, são ocupadas grandes faixas das vias públicas com águas de enxurradas, dificultando ou até mesmo impedindo a circulação de pessoas. As redes de galerias pluviais são insuficientes ou inexistentes para conduzir os excessos de água da chuva acumulada, é o que ocorre na avenida Canaã no trecho compreendido entre as avenidas Tancredo Neves e Candeias quando há chuvas mais intensas. Esse problema está associado com o subdimensionamento da rede de drenagem, captação concentrada e ineficiente da água, e a falta de manutenção dos dispositivos de drenagem (FARIAS; COSTA; GUEDES, 2022).

#### **Seleção de estratégias prevenção, mitigação e adaptação aos problemas associados as inundações**

O planejamento territorial visa estabelecer melhores formas de ocupação e expansão urbana, para garantir o desenvolvimento sustentável. Destarte, a implementação de medidas para sanear e adaptar-se aos problemas causados por inundações no município de Ariquemes são essenciais. E as estratégias de prevenção, adaptação e mitigação de inundações sejam adaptadas às condições locais e às necessidades específicas das comunidades afetadas (VON AHN; MARQUES, 2008). Deste modo, foram selecionadas estratégias de prevenção, mitigação e adaptação como forma de auxiliar a gestão de riscos de inundações do município, levando em consideração as áreas urbana, expansão urbana e contribuição hidrográfica (Tabela 2).

**Tabela 2** - Estratégias para prevenção, mitigação e adaptação aos problemas associados as inundações na área em estudo

N°	Estratégia de combate a inundação	Região		
		Área de contribuição hidrográfica	Área de expansão urbana	Área urbana
1	Conscientizar a população para não ocupar as áreas suscetíveis (A)	Sim	Sim	Sim
2	Sensibilizar população sobre a ocorrência de eventos extremos (A)	Sim	Sim	Sim
3	Sensibilizar a população quanto a destinação adequada dos resíduos sólidos (A)	Sim	Sim	Sim
4	Contratar profissionais qualificados para o monitoramento e a execução das ações de combate a inundação, e planejamento territorial, por meio de concursos públicos (A, B)	Sim	Sim	Sim
5	Realizar visitas periódicas às áreas suscetíveis e supervisão das obras em andamento, por parte da Defesa Civil e Órgãos Ambientais, evitando a proliferação das áreas de risco (A, B)	Sim	Sim	Sim
6	Realocar as famílias localizadas nas áreas suscetíveis a inundação (A, B, C)	Sim	Sim	Sim
7	Elaborar um plano de contingência	Sim	Sim	Sim
8	Adotar práticas que favoreçam a infiltração de água no solo (A, B)	Sim	Sim	Sim
9	Implantar áreas verdes englobando a zona ripária e áreas suscetíveis a inundação (A, B, C)	Sim	Sim	Sim
10	Projetar e implantar sistemas de drenagem pluvial e fluvial eficientes no município (B, C)	Não	Sim	Sim
11	Recuperar a vegetação nativa nas Reservas Legais e áreas de recarga das propriedades rurais (B, C)	Sim	Sim	Não
12	Executar manutenção das drenagens pluviais e canais de córregos (B)	Não	Não	Sim
13	Desenvolver estudos geotécnicos e hidrogeológicos (A, B, C)	Sim	Sim	Sim
14	Atualizar o plano diretor do município (A, B, C)	Sim	Sim	Sim

A = Prevenção; B = Mitigação; C = Adaptação. Fonte: adaptado de CPRM (2017).

As medidas de prevenção visam evitar a ocorrência de inundações e/ou alertar a população sobre um risco eminente, as medidas de mitigação atuam nas causas das inundações e impedem que elas alcancem áreas habitadas, enquanto as medidas de adaptação permitem que a população conviva com as inundações sem a ocorrência de desastres, e a adoção integrada destas medidas reduz os riscos de vida, danos e prejuízos (VON AHN; MARQUES, 2008).

A sensibilização da população é um dos pontos mais importantes como medidas de adaptação e mitigação (itens 1, 2 e 3 da Tabela 2), por promover a mudança no comportamento e atitude, para que preservem o meio ambiente e respeitem os limites necessários para conviver com os problemas de inundações. O grande desafio, é o de criar programas preventivos de redução do impacto das inundações e das secas, que orientem a população com educação, alternativas de sobrevivência e planos para se antecipar às emergências (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2001; JHA; BLOCK; LAMOND, 2012).

A contratação de profissionais por meio de concurso público (Item 4, da Tabela 2), possibilitará a formação de uma equipe qualificada, permanente e comprometida com as ações pertinentes, que não será afetada pela troca de gestão a cada 4 anos (CPRM, 2017). Portanto, é possível fazer um planejamento a longo prazo, incluindo o monitoramento da efetividade das estratégias de prevenção, mitigação e adaptação, e assim, ajustar, trocar ou incluir novas estratégias. Os profissionais qualificados apresentam competências para elaboração, execução e monitoramento de projetos, logo, aumenta-se a chance de obter êxito no controle de inundações e preservação dos recursos hídricos (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2001).

A elaboração do plano de contingência (Item 7 da Tabela 2) é importante para que a defesa civil esteja preparada para orientação e atendimento da população de forma adequada, na eminência de desastres ou em sua própria ocorrência. O plano, também, tem como objetivo direcionar as ações, orientar a resposta a emergências dos entes públicos e definir as responsabilidades e atribuições dos atores envolvidos (BRASIL, 2023).

As práticas conservacionistas de uso do solo que favorecem a infiltração de água (Item 8 da Tabela 2), logo, são as mais efetivas para reduzir o escoamento superficial e a formação de inundações em áreas que não compõe a calha regular e de cotas máximas dos cursos de água. A seleção de práticas conservacionistas é com base na declividade do terreno (Tabela 3), e se possível, devem ser adotadas de forma integrada para melhorar a eficiência da infiltração de água no solo.

Por favorecer a infiltração de água no solo, as práticas conservacionistas aumentam a capacidade de recarga do lençol freático, logo, também reduzem os riscos de escassez hídrica no período de estiagem. As inundações e escassez hídrica são eventos extremos que tendem a ter suas frequências e intensidades aumentadas com as mudanças climáticas. Logo, essa estratégia é fundamental para mitigar estes problemas e auxiliar o desenvolvimento sustentável da região, como está previsto na Agenda 2030 (ONU, 2015).

A inserção do componente arbóreo nos sistemas produtivos de pastagem, soja (grãos), formam os sistemas agroflorestais, que são técnicas de produção que permitem a manutenção de funções ecossistêmicas nas áreas de cultivos. Para a região, em especial para as áreas utilizadas pelo agronegócio, têm-se os sistemas agrossilvipastoris integrados conhecidos como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Integração Pecuária-Floresta (IPF) e Integração Lavoura-Floresta (ILF), e possibilitam o aumento da capacidade de infiltração de água no solo, com valores entre 13 a 29 mm h<sup>-1</sup> (FURQUIM *et al.*, 2020). Além de reduzir os riscos para formação de inundações, a integração também permite aumentar a produtividade agropecuária e conservar os recursos naturais (ORTEGA, 2011; FURQUIM *et al.*, 2020), com destaque para a disponibilidade de água, por aumentar a recarga do lençol freático (RODRIGUES; PRUSKI, 2019). Logo, estes sistemas são recomendados para a área de contribuição hidrográfica.

**Tabela 3** - Práticas conservacionistas para uso e ocupação dos solos recomendadas para a área em estudo

Declividade (%)	Relevo	Prática conservacionista
0-3	Plano	Culturas em faixa, cordões de vegetação, alternância de capinas, ceifa do mato, cobertura morta, adubação, calagem, distribuição racional dos caminhos, plantio em contorno e terraceamento.
3-8	Suave ondulado	Cultura em faixas, cordões de vegetação, alternância de capinas, ceifa do mato, cobertura morta, adubação, calagem, distribuição racional dos caminhos, plantio em contorno e terraceamento.
8-20	Ondulado	Plantas de cobertura, cordões de vegetação, alternância de capinas, ceifa do mato, cobertura morta, adubação, calagem, controle do fogo, distribuição racional dos caminhos, plantio em contorno e terraceamento.
20-45	Forte ondulado	Manutenção da floresta nativa, pastagem, reflorestamento, adubação, calagem, controle de fogo, distribuição racional dos caminhos, plantio em contorno e terraceamento.
45-75	Montanhoso	Manutenção da floresta nativa e reflorestamento.
75-87	Escarpado	

Fonte: adaptado de Bertoni e Lombardi Neto (2014).

A ocupação em áreas ciliares, são as causas de grande parte dos problemas associados a inundações, logo, o planejamento urbano deve orientar a ocupação do solo para regiões mais seguras (TUCCI, 2012). Estas áreas são classificadas como APPs, onde deve ser mantida a vegetação nativa (BRASIL, 2012), de modo que, a

ocupação dessa região, além de ser perigosa do ponto de vista de inundação, também é ilegal. Para resolver esse problema, recomenda-se a utilização dessa região para criação de áreas verdes na área urbana e de expansão urbana, e a manutenção ou recomposição da vegetação nativa na zona ripária da área de contribuição (item 9 da Tabela 2). Também se recomenda as faixas estabelecidas pelo Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965), visto que as faixas estabelecidas pelo Código Florestal de 2012 (BRASIL, 2012), vão na contramão do que é necessário para favorecer a infiltração de água no solo (TAMBOSI *et al.*, 2015).

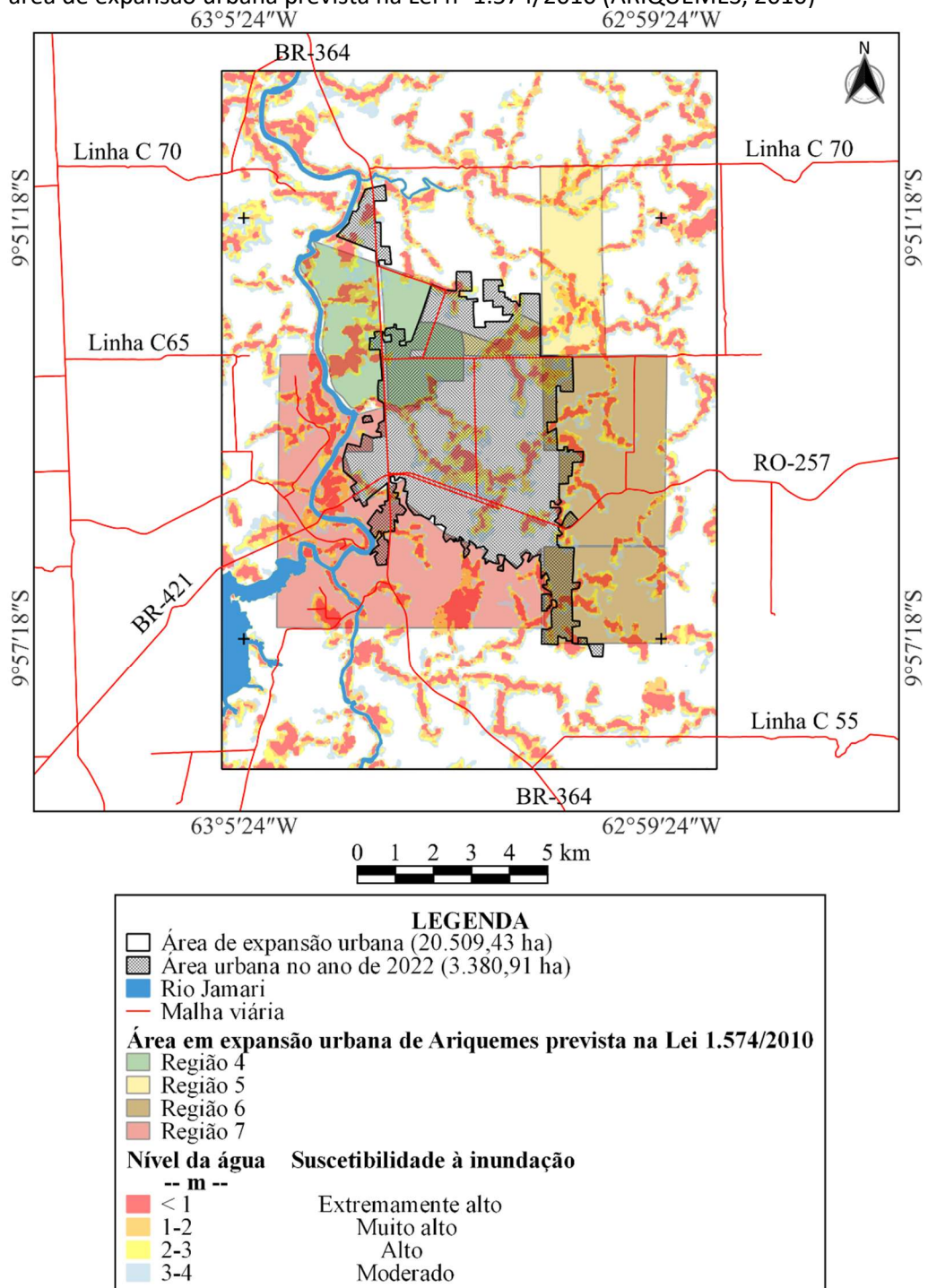
As áreas verdes podem ser convertidas em parques municipais futuramente, desencorajando a ocupação das áreas suscetíveis a inundação. A área do parque municipal pode aumentar com o avanço da área urbana, proporcionando uma boa distribuição espacial para o desenvolvimento de atividades de lazer em todos os bairros de Ariquemes (Figura 7). Além disso, áreas verdes apresentam diferença térmica de 1,5°C a menos do que em áreas pavimentadas, e 1,9°C a menos que áreas abertas (PICCOLOMINI; CARVALHO; PEZZUTO, 2021).

Em ambientes urbanos consolidados, é necessário a implementação de medidas para o controle do escoamento da água pluvial, antes de sua descarga nos corpos hídricos (TUCCI, 2007). Esse é um cenário que ocorre no município de Ariquemes, logo, a adoção de infraestruturas que favoreçam a drenagem urbana é indispensável. As ações de saneamento também são instrumentos de prevenção de poluição e de eventos extemporâneos e sazonais, na medida em que contribuem, quando bem planejadas e gerenciadas, para prevenir a poluição dos corpos de água e minimizar o risco de ocorrência de inundações (ARIQUEMES, 2016).

Desenvolver estudos geotécnicos e hidrogeológicos é importante para entender as características do solo e da água da região, e assim, auxiliar na determinação de técnicas a serem adotadas na prevenção, adaptação e/ou mitigação de inundações (JABÔR, 2022). Estes estudos permitem compreender melhor o comportamento do solo e da água mediante ao uso de estratégias de combate à inundação, para assim selecionar as estratégias mais eficientes.

Neste estudo foi considerado uma área de expansão maior que a prevista nos instrumentos legais municipais (Figura 8). E que, em todas as regiões previstas para expansão urbana no município (ARIQUEMES, 2010) encontram-se áreas suscetíveis a inundação. Observou-se ainda, que as regiões 4 e 7, que estão próximas ao Rio Jamari, apresentaram desde a promulgação da lei, crescimento urbano em áreas com suscetibilidades extremamente altas e muito altas à inundação. O artigo 8º da Lei municipal nº 2.341/2019, estabelece que é princípio geral da política pública urbana do município de Ariquemes programar ações relacionadas a desastres, incluindo medidas de classificação, mapeamento, prevenção, mitigação, resposta, revitalização, recuperação e fiscalização de áreas de risco de inundações (ARIQUEMES, 2019). Porém, não se verifica ações efetivas para a adoção das recomendações, assim, esta proposta pode ser incorporada para tomada de decisões a nível municipal.

**Figura 8** – Comparação entre a área de expansão urbana prevista no estudo e a área de expansão urbana prevista na Lei n° 1.574/2010 (ARIQUEMES, 2010)



Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Todavia, deve-se observar a necessidade de uma abordagem de planejamento territorial, visto que a área de contribuição hídrica para os eventos de inundação ultrapassa os limites territoriais do município. Neste sentido, compreende-se a necessidade de estudos complementares, tanto do ponto de vista hidrológico quanto da formulação de políticas públicas entre administrações municipais. Por fim, as estratégias de combate a inundação permitem reduzir os riscos de ocorrência de eventos extremos, inundações no período das chuvas e escassez hídrica no período de estiagem, que tendem a se tornar cada vez mais frequentes e intensos com as mudanças climáticas. Essas ações ajudam a garantir a segurança das comunidades vulneráveis, promovendo o desenvolvimento sustentável e a resiliência às adversidades ambientais.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área urbana do município de Ariquemes e a área de expansão urbana abrangem 3.381,51 ha e 20.508,83 ha, respectivamente. Nestas áreas existem regiões com suscetibilidade classificada como extremamente alta, muito alta, alta e moderada, que somadas abrangem 31,51% da área total, e 68,49% da área é classificada com suscetibilidade baixa. A área de contribuição hidrográfica abrange 944.481 ha, e a delimitação desta área é importante para conhecer os fatores que influenciam no processo de inundação, assim como as suas dimensões, e, conseqüentemente, para selecionar as estratégias de combate a esse evento extremo.

O mapeamento da suscetibilidade a inundação no município de Ariquemes, quando combinada com a caracterização da paisagem, permite identificar as medidas de prevenção, mitigação e adaptação, e garantir um desenvolvimento sustentável. Ao conscientizar e sensibilizar a população, realocar famílias em áreas suscetíveis, elaborar planos de contingência, adotar práticas conservacionistas e áreas verdes, recuperar a vegetação nativa nas Reservas Legais e áreas de recarga das propriedades rurais e implementar estruturas de drenagem urbanas é possível não apenas reduzir os riscos de eventos extremos, como conservar os recursos hídricos. As informações disponibilizadas neste trabalho podem ser utilizadas para atualizar o Plano Diretor do município, e assim, aumentar a eficiência na gestão de riscos e segurança pública, bem como o método ser aplicado a outros municípios com características semelhantes.

### REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ARIQUEMES. *Lei nº1.574/2010*. Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo do município de Ariquemes/RO. Disponível em: <[https://athus4.camaradeariquemes.ro.gov.br/transparencia/documento/ver/354\\_EC1AFA8019BDCEBC19E7B4EBC148CCA92/](https://athus4.camaradeariquemes.ro.gov.br/transparencia/documento/ver/354_EC1AFA8019BDCEBC19E7B4EBC148CCA92/)>. Acesso em: 26 fev. 2025.

ARIQUEMES. *Relatório final do plano de gestão de saneamento básico de Ariquemes*. 2016. Disponível em: <<https://ariquemes.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/Plano-Municipal-de-Saneamento-Basico-Ariquemes.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2024.

ARIQUEMES. *Lei municipal de nº 2.341, de 17 de dezembro de 2019*. Dispõe sobre o plano diretor participativo de Ariquemes e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ro/a/ariquemes/lei-ordinaria/2019/235/2341/lei-ordinaria-n-2341-2019-dispoe-sobre-o-plano-diretor-participativo-de-ariquemes-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 26 jan. 2026.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; ALEXIS BERG, A.; WOOD, E.F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, v. 5, p. 180214, 2018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. São Paulo: Editora Ícone, 2014.

BRASIL. *Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008*. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília - DF: Diário Oficial da União, seção 1, 2008.

BRASIL. *Guia para elaboração de planos de contingência*. Brasília - DF: Ministério da Saúde, 2023.

BRASIL. *Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965*. Institui o antigo código florestal Brasileiro. 1965. Brasília - DF: Diário Oficial da União, 1965.

BRASIL. *Lei nº 6.448, de 11 de outubro de 1977*. Dispõe sobre a organização política e administrativa dos Municípios dos Territórios Federais, e dá outras providências. 1977. Brasília - DF: Diário Oficial da União, 1977.

BRASIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília. Brasília - DF: Diário Oficial da União, seção 1, 2012b.

BRITO, C. M.; BARROS, W. P.; LOBO, M. J. F.; RIBEIRO, L. F. C.; GODINHO, E. C. *Relatório de gestão exercício*. Porto Velho - RO: INCRA, 2016.

BOURKE, R. M. Altitudinal limits of 230 economic crop species in Papua New Guinea. In: HABERLE, S. G.; STEVENSON, J.; PREBBLE, M. (Eds). *Altered Ecologies: fire, climate and human influence on terrestrial landscapes*. Canberra: ANU E-Press, 2010. p. 473-512

COSTA, A. P.; AMOEDO, P. S.; SILVA, C. L.; SANTOS, E.; ALBUQUERQUE, A. R. S.; SOUZA, V. S.; STACHIW, R.; CARNEIRO, K. A. A.; BARBOZA, E.; SANTOS, M. A.; MACEDO, R. S.; FERREIRA, K. R.; SOUZA, R. F. S.; FULAN, J. Â.; VENDRUSCOLO, J.; HARA, F. A. S. Análise da dinâmica espacial e temporal da cobertura do solo da microbacia e zona ripária do rio Água Limpa, estado de Rondônia, Brasil. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 7, p. 01-23, 2024. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n7-018>

COSTA, H. R. O.; MIYAZAKI, L.C.P. A relação entre a ocupação do relevo e os episódios de alagamentos na cidade de Capinópolis/MG. In: *Anais do I Congresso Nacional de Geografia Física – Campinas*, 2017.

CURY, M. D.; LADWIG, N. I.; MENEGASSO, J. D.; SUTIL, T.; CONTO, D. Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação como informação para o planejamento e a gestão territorial em bacia hidrográfica. *Revista Caminhos de Geografia*, v. 22, n. 83, p. 160-175, 2021. <http://doi.org/10.14393/RCG228356231>

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchente e inundação*. Ariquemes – RO: CPRM, 2017. <https://rigeo.sgb.gov.br/items/915d5ac5-53fc-4f53-8ec9-7d2eb9d6e173>

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia*. Porto Velho - RO: CPRM, 2018.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. *Sociedade & Natureza*, v. 34, n. 1, p. 63717, 2022. <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717>

FARIAS, M. H. M.; COSTA, J. V. S.; GUEDES, R. I. O. Avaliação da eficácia do sistema de drenagem urbana na avenida Canaã – Ariquemes/RO. In: *Anais do II Simpósio de Arquitetura e Engenharia*, Ariquemes, 2022. <http://dx.doi.org/10.31072>

FRANCA, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. *Revista Geografias*, v. 11, n. 1, p. 44-58, 2015.

FURQUIM, L. C.; SOUZA, E. J.; SILVA, N. F.; NUÑEZ, D. N. C.; CABRAL, J. S. R.; SANTINI, J. M. K.; STONE, L. F. Infiltração de água e resistência do solo à penetração em sistemas de cultivos integrados e em área de pastagem degradada. *Colloquium Agrariae*, v. 16, n. 5, p. 82-95, 2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Topodata: banco de dados geomorfológicos do Brasil. Variáveis geomorfológicas locais*. São José dos Campos - SP: INPE, 2008.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão do solo e a questão ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (Org.). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro - RJ: Bertrand, 2004. p. 225-256

HELL, G.; RIBEIRO, K. L.; SILVA, U. M.; VENDRUSCOLO, J. Desenvolvimento de atividades agropecuárias e o crescimento da área urbana do município de

Ariquemes, Rondônia. In: *IV Encontro de Geotecnologias do Bioma Amazônico*, Rolim de Moura, 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE Cidades*. 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/ariquemes/panorama>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. *Superintendência Regional Rondônia - SR 17: Assentamentos - Informações Gerais*. Brasília - DF: INCRA, 2017.

JABÔR, M. A. *Drenagem de Rodovias: estudos hidrológicos e projetos de drenagem*. 2022. Disponível em: <<https://www.abder.org.br/wp-content/uploads/2022/03/apostila-2022.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2024.

JHA, A.; BLOCH, R.; LAMOND, J. *Cidades e Inundações: Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI*. Washington: The World Bank, 2012.

LIMA, W. P. *Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba - SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 2008.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. *Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

MENDES, A. T.; MATHIAS, A. S.; FERREIRA, E. L.; MELO, G. R. V.; SILVA, I. C. A. Evolução do Transporte Hidroviário de Soja e Milho no Arco Norte e Sua Importância para o Desenvolvimento do Pará. *EnGeTec em Revista*, v. 1, n. 6, p. 132-140, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12788863>

MENDEZ, J. A.; ESTEVAM, F. M.; PAZ, O. L. S.; SILVA, R. A. G. Desafios das inundações urbanas: uma análise das medidas de controle em planos diretores na região metropolitana de Curitiba (Paraná). *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 13, n. 26, p. 19-33, 2024. <https://doi.org/10.22292/mas.v13i26.1139>

MOMO, M. R.; PINHEIRO A.; SEVERO, D. L.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, A. D. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, n. 1, p. 200-208, 2016. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p200-208>

NAIMAN, R. J.; BILBY, R. E.; BISSON, P. A. Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. *BioScience*, v. 50, n. 11, p. 996-1011, 2000. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0996:REAMIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0996:REAMIT]2.0.CO;2)

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; MOMO, M. R.; SEVERO, D. L.; PINHEIRO, A.; NOBRE, C. A. HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. *Hydrological Processes*, v. 30, p. 320-333, 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10581>

OLIVEIRA, R. H. R. *A reforma agrária e suas implicações no processo de desenvolvimento do estado de Rondônia*. Dissertação (Mestrado em Administração

Pública). Fundação Getúlio Vargas/Escola Brasileira de Administração Pública, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

OLIVEIRA, B. B.; HELL, G.; FULAN, J. Â.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R.; FIGUEIRA, W. F.; SCCOTI, M. S. V.; CARNEIRO, K. A. A.; FERREIRA, K. R.; VENDRUSCOLO, J. Análise espacial e temporal do uso e cobertura do solo da microbacia e zona ripária do rio professor Eloi, município de Santa Luzia D'Oeste, Rondônia. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 4, n. 1, p. e412609, 2023. <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i1.2609>

ONU - United Nations. *Agenda 2030: Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)*. New York: ONU, 2015.

ORTEGA, D. J. P. *Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do córrego do ipê, município de Ilha Solteira-SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 2011.

PAULO, C. R. P.; BRITO, J. P. A.; PEREIRA, S. S.; KUMI, V. M.; CAVALHEIRO, W. C. S.; FULAN, J. Â.; FIGUEIRA, W. S.; STACHIW, R.; NASCIMENTO, J. M. S.; VENDRUSCOLO, J. Dinâmica da cobertura do solo na microbacia e zona ripária do rio Joanhina (1984 a 2022), Amazônia Ocidental, Brasil. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 4, n. 1, p. e412599, 2023. <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i1.2599>

PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogrammetric Engineering*, v. 16, p. 387-408, 1950.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; PINHEIRO JUNIOR, C. R.; PINTO, L. A. S. R.; SILVA NETO, E. C.; FONTANA, A. Formação e caracterização de solos. In: TULLIO, L. (Org). *Formação, classificação e cartografia dos solos*. Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2019. p.1-20

PEREIRA, M. G.; NETO, A. R.; ANJOS, L. H. C.; CEDDIA, M. B.; SCHULTZ, N. *Práticas de Morfologia e Física do Solo*. Seropédica - RJ: UFRRJ, 2020.

PICCOLOMINI, V.; CARVALHO, M. F. H.; PEZZUTO, C. C. O impacto das áreas verdes na redução da temperatura do ar. In: *Anais do IX Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável: pequenas cidades, grandes desafios, múltiplas oportunidades*, Bauru, 2021.

PROJETO MAPBIOMAS. *Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. 2023. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>. Acesso em: 03 out. 2023.

RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F. Fundamentos e benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para os recursos hídricos. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A.D. (Eds.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília – DF: Embrapa, 2019. p.181-194

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília - DF: Embrapa, 2018.

SANTOS JUNIOR, V. J.; SANTOS, C.A. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. *Estação Científica*, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2013.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SEDAM - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Porto Velho - RO: SEDAM, 2002.

SEGATTO, H. O. Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações no município de Cerejeiras, Amazônia Ocidental, Brasil. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, 2024.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Águas pluviais: séries históricas*. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

SILVA FILHO, E. P. Velocidade de infiltração em área pastagem degradada e floresta natural no município de Porto Velho (RO). *Confins*, v. 29, p. 1-25, 2016. <https://doi.org/10.4000/confins.11635>

SILVA, B. M.; SANTOS, M. J. C.; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, C. J.; FULAN, J. Â.; TRONCO, K. M. Q.; ARAUJO, E. C. G.; SCCOTI, M. S. V.; NASCIMENTO, J. M. S.; VENDRUSCOLO, J. Dinâmica da cobertura do solo na microbacia do rio Lagarto, Amazônia Ocidental, Brasil. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 4, n. 1, p. e412594, 2023. <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i1.2594>

SOUZA JUNIOR, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIEIRA, J. L.; FERREIRA NETO, L. C.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; RODRIGUES, V.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo - SP: Editora Instituto Geológico, 2015.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. C. *Gestão da Água no Brasil*. Brasília - DF: UNESCO, 2001.

TUCCI, C. E. M. *Inundações urbanas*. Porto Alegre - RS: ABRH/RHAMA, 2007.

TUCCI, C. E. M. *Gestão da drenagem urbana*. Brasília - DF: CEPAL/Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis geomorfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, São José dos Campos - SP, 2005.

VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S. Seleção de limiares da ferramenta TauDEM para caracterização de drenagens em microbacias, Rondônia, Brasil. *Revista Geográfica Venezuelana*, v. especial, p. 244-255, 2019.

VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; SANTOS JUNIOR, N. R. F.; SILVA, E. C.; FERREIRA, E.; SOUZA, R. F. S.; FULAN, J. Â.; FERNANDES I. M.; CARNEIRO, K. A. A.; HARA, F. A. S. Microbacia do rio Cachara: características hidrogeomorfométricas e dinâmica da cobertura do solo como subsídios para o planejamento e a gestão dos recursos naturais. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 3, n. 4, p. e341306, 2022. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i4.1306>

VENDRUSCOLO, J.; STACIHW, R.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSELL, E. C. F.; SOUZA, M. V. S. C.; ROSA, D. M. Geomorfometria da sub-bacia do Alto Rio Jamari, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezuelana*, v. especial, p. 126-138, 2019.

VIANA, J. L.; ZOLIN, C. A.; BACCIN, G. N.; SANTOS, R. Infiltração de água do solo em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejos. In: *Anais da V Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril*, Sinop - MT, 2017.

VON AHN, B.S.; MARQUES, G. F. Importância de explorar medidas de adaptação e mitigação na redução dos danos causados pelas inundações. In: *Anais do I Encontro Nacional de Desastres*, Porto Alegre - RS, 2018.

Contato com o autor: [jhonyvendruscolo@gmail.com](mailto:jhonyvendruscolo@gmail.com)

Recebido em: 26/01/2026

Aprovado em: 16/06/2026