

ANÁLISE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM DECORRENCIA DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ TANCREDO NEVES, PORTO VELHO, RONDÔNIA.

RAIMUNDO CARNEIRO DA CONCEIÇÃO NETO¹, GRAZIELA TOSINI TEJAS², FREDI RODRIGUES RAMOS DA SILVA³, REGINALDO MARTINS DA SILVA DE SOUZA⁴

¹Graduando em Engenharia Civil, IFRO, Porto Velho - RO, raimundocarneiro161@gmail.com;

²Dr.^a em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Prof. EBTT. CTI, IFRO, Porto Velho-RO, Graziela.tejas@ifro.edu.br;

³Me. Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos, Prof. EBTT. CEC, IFRO, Porto Velho-RO, fredisilva@ifro.edu.br;

⁴Dr. Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Prof. EBTT. CEC, IFRO, Porto Velho-RO, Reginaldo.martins@ifro.edu.br.

RESUMO: A urbanização, quando realizada sem planejamento territorial adequado, provoca alterações significativas e, muitas vezes, irreversíveis no meio ambiente, especialmente nas bacias hidrográficas urbanas, sensíveis às mudanças no uso do solo. A sub-bacia urbana do Igarapé Tancredo Neves, localizada na zona leste de Porto Velho, Rondônia, exemplifica os impactos socioambientais do crescimento urbano desordenado, evidenciados pela degradação ambiental, carência de infraestrutura e insuficiência dos serviços de saneamento básico. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência das mudanças no uso e cobertura do solo nessa bacia e sua relação com a alteração do escoamento superficial no período de 1985 a 2020. Foram utilizadas ferramentas de geotecnologia, com o processamento de imagens dos satélites LANDSAT 5 e 8 para obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), associado posteriormente a dados de grupos hidrológicos de solo, possibilitando o cálculo do coeficiente de escoamento superficial. Os resultados apontaram expressiva redução da vegetação densa, de 56,84% em 1985 para 27,56% em 2020. Consequentemente, houve crescimento significativo do escoamento superficial classificado como médio e alto, evidenciando os efeitos da urbanização desordenada e da expansão agropecuária. Essa transformação aumentou a suscetibilidade à ocorrência de alagamentos, inundações e processos erosivos, impactos que tendem a se intensificar na ausência de planejamento urbano adequado, afetando principalmente a população da zona leste de Porto Velho.

PALAVRAS-CHAVE: Curve number, Infiltração, Geoprocessamento, Amazônia.

ANALYSIS OF SURFACE RUNOFF RESULTING FROM LAND USE AND LAND COVER IN THE TANCREDO NEVES STREAM WATERSHED

ABSTRACT: urbanization, when carried out without proper territorial planning, causes significant and often irreversible environmental changes, especially in urban watersheds sensitive to land use changes. The urban sub-basin of Igarapé Tancredo Neves, located in the eastern zone of Porto Velho, Rondônia, exemplifies the socio-environmental impacts of unplanned urban growth, evidenced by environmental degradation, lack of infrastructure, and insufficient basic sanitation services. This study aimed to analyze the influence of land use and land cover changes in this basin and their relationship with alterations in surface runoff from 1985 to 2020. Geotechnology tools were used, processing images from the LANDSAT 5 and 8 satellites to obtain the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), subsequently associated with soil hydrologic group data to calculate the surface runoff coefficient. Results showed a significant reduction in dense vegetation, from 56.84% in 1985 to 27.56% in 2020. Consequently, there was a notable increase in surface runoff classified as medium and high, highlighting the effects of unplanned urbanization and agricultural expansion. This transformation increased susceptibility to flooding, inundations, and erosion processes impacts likely to intensify without adequate urban planning, primarily affecting the population in the eastern zone of Porto Velho.

KEYWORDS: Curve number, Infiltration, Geoprocessing, Amazon.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma área natural de captação da água proveniente da precipitação, onde os escoamentos superficiais convergem para um único ponto de saída, denominado exutório (Tucci, 2001). Historicamente, devido ao surgimento e desenvolvimento das cidades brasileiras, essas bacias tornaram-se cada vez mais expostas a impactos ambientais causados por ocupações irregulares, mudanças de curso e canalizações de suas drenagens, bem como pelo lançamento inadequado de resíduos e efluentes (Costa, 2006).

A cidade de Porto Velho teve seu crescimento impulsionado pelos ciclos de desenvolvimento econômico de Rondônia, consolidando-se como um importante centro administrativo. Entretanto, esse processo resultou em uma organização espacial predominantemente desordenada, marcada pela ocupação irregular e pelo limitado acesso de grande parte da população aos serviços e equipamentos urbanos, sendo a bacia do Igarapé Tancredo Neves uma das mais impactadas (Souza, 2019).

Isso se deve, principalmente, ao fato de que a fase mais recente de formação urbana de Porto Velho caracteriza-se pelo crescimento da população residente na área urbana em relação à população rural, fenômeno diretamente associado ao insucesso relativo dos projetos de colonização implementados em Rondônia na década de 1970 (Nascimento; Santos; Silva, 2012). Conforme observado na área estudada durante o período monitorado

Assim, esta pesquisa teve como finalidade analisar as mudanças no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Igarapé Tancredo Neves entre 1985 e 2020. Para tanto, foram utilizadas ferramentas de geotecnologia para quantificar as principais classes de uso e cobertura do solo, além de estabelecer a relação entre os diferentes padrões de uso e cobertura do solo e o comportamento do escoamento superficial na bacia estudada. A bacia do Igarapé Tancredo Neves está localizada na porção leste do município de Porto Velho-RO, entre as latitudes -8°40' e -9°00' e longitudes -63°59' e -63°37'. Possui área aproximada de 62,48 km², perímetro de 80,36 km e comprimento axial de 15,60 km.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da aplicação do método elaborado pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1986), estruturado em três etapas principais: i) organização dos dados vetoriais e matriciais; ii) pré-processamento das imagens LANDSAT; e iii) cálculo do escoamento superficial.

Os dados cartográficos vetoriais utilizados nesta pesquisa foram obtidos no formato *shapefile* e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE; 2022) e por Silva (2023). Os dados matriciais empregados no cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram extraídos dos sensores *Thematic Mapper* (TM) e *Operational Land Imager* (OLI) da série LANDSAT, respectivamente para os anos de 1985 e 2020. Ambos pertencem à Collection 2, Level-1, correspondentes ao mês de julho, órbita 232 e ponto 66, obtidos junto ao *United States Geological Survey* (USGS). As informações sobre os grupos hidrológicos de solos foram adquiridas de Ross et al. (2018).

O pré-processamento das imagens LANDSAT ocorreu no QGIS® 3.36. Nesse software foi realizado, a princípio, o georreferenciamento dos dados matriciais para o sistema de coordenadas planas Universal Transversa Mercator (UTM), zona 20 sul e Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) 2000. Posteriormente, realizou-se as correções radiométricas de radiância e reflectância para imagens LANDSAT, utilizando os parâmetros disponibilizados nos arquivos de metadados (*_MTL.txt*), segundo os procedimentos descritos por Evangelista et al. (2025).

O cálculo do escoamento superficial teve início com a transformação dos números digitais (ND) das bandas 3 (*Red*) e 4 (*Near-infrared*) e 4 (*Red*) e 5 (*Near-infrared*) dos satélites LANDSAT 5 e 8 respectivamente, em NDVI, utilizando a ferramenta *Raster Calculator* do QGIS® 3.36 e a Equação 1. O raster resultante apresentou valores variando entre -1 e 1, sendo posteriormente classificado em oito classes, de acordo com o volume de cobertura e a potencialidade de infiltração de cada pixel.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (\text{Equação 1})$$

O cruzamento dos rasters de uso e cobertura do solo e de grupos hidrológicos possibilitou a determinação do *Curve Number* (CN) para a bacia estudada, conforme a metodologia proposta pelo USDA (1950). A partir do mapa de CN, estimou-se, então, a capacidade máxima de retenção (S), segundo procedimento descrito por Chow et al. (1988) e a Equação 2.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{Equação 2})$$

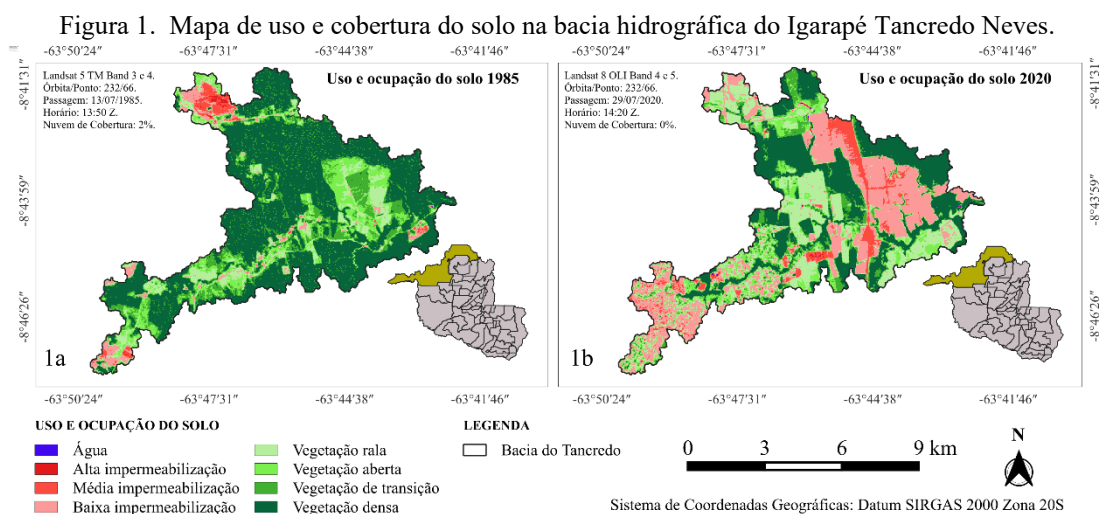
Por fim, o coeficiente de escoamento superficial direto (C) foi calculado conforme a Equação 3 e a Equação de Intensidade, Duração e Frequência proposta por Conceição Neto et al. (2024), considerando um tempo de retorno de 5 anos.

$$C = \left[\left(\frac{P-0,1.S}{P+0,8.S} \right)^2 \right] \quad (\text{Equação 3})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da série histórica da bacia hidrográfica do Igarapé Tancredo Neves revelou profundas transformações no uso e ocupação do solo entre 1985 e 2020. Em 1985, predominava a vegetação densa, que cobria 56,84% da área total, indicando baixa intervenção antrópica (Figura 1a). No entanto, na porção norte da bacia, já se observavam áreas com comportamento espectral compatível com zonas impermeabilizadas, indicando os primeiros sinais de alteração significativa na cobertura vegetal, embora o processo de urbanização estivesse em estágio inicial. As áreas impermeabilizadas, nesse momento, possivelmente estiveram associadas à compactação dos solos decorrente das atividades agropecuárias, que também se relacionava às classes de vegetação rala, aberta e de transição, perfazendo 36,94% da área da bacia.

No mapa de uso e cobertura de 2020 (Figura 1b), observa-se substituição expressiva da cobertura florestal por áreas de solo exposto, muitas delas associadas a queimadas e desmatamento decorrentes da expansão agropecuária. Trancoso et al. (2009), ao analisarem a bacia do Rio Madeira, da qual o Igarapé Tancredo Neves é sub-bacia, identificaram processos semelhantes de ordenamento territorial. Nesse período, a vegetação densa passou a representar apenas 27,56% da área de estudo, evidenciando uma tendência contínua de perda florestal. Paralelamente, as áreas impermeabilizadas cresceram 25,78% em relação a 1985, expansão atribuída tanto ao avanço urbano desordenado quanto à intensificação das atividades agropecuárias.



Fonte: Divisão Municipal e Estadual (IBGE, 2022)
Imagens de satélite (USGS, 2024) Bacia hidrográfica (Silva, 2023)

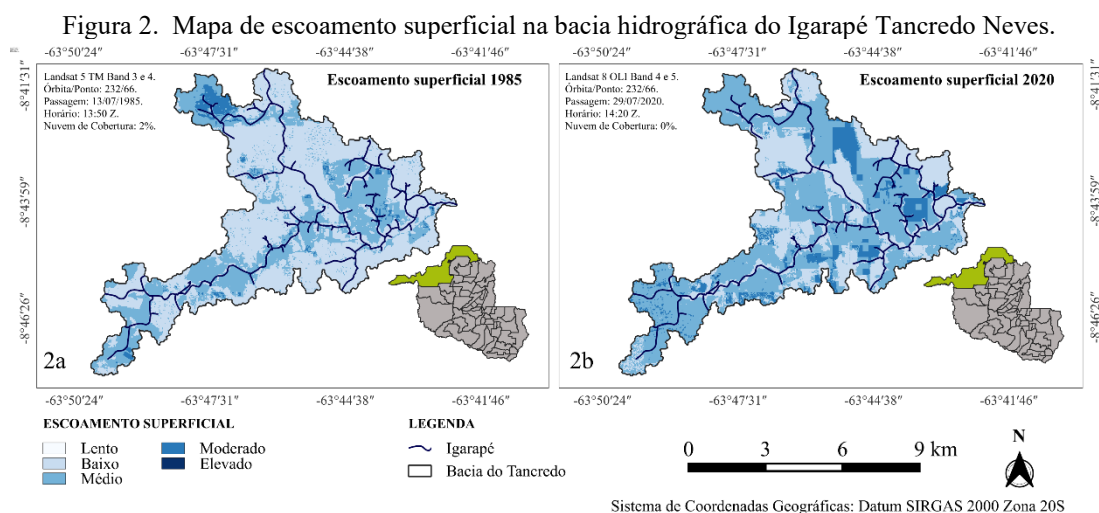
Tabela 1. Valores da quantificação das classes de solos em km² e porcentagem.

Ano	1985		2020	
	Área (Km ²)	Área (%)	Área (Km ²)	Área (%)
Água	0,00	0,00%	0,03	0,04%
Alta imp.	0,17	0,27%	0,09	0,14%
Média imp.	1,19	1,90%	3,39	5,44%
Baixa imp.	2,52	4,04%	16,47	26,41%
Veg. rala	5,73	9,19%	13,13	21,05%
Veg. aberta	7,58	12,15%	6,46	10,36%
Veg. de transição	9,73	15,60%	5,61	9,00%
Veg. densa	35,44	56,84%	17,19	27,56%

A alteração no uso e cobertura do solo entre 1985 e 2020 resultou em aumento do escoamento superficial na bacia do Igarapé Tancredo Neves. Em 1985, predominava escoamento classificado como baixo (23–46 mm), abrangendo 39,72 km², seguido pelo escoamento médio (46–69 mm), com 20,81 km², Figura 2a e Tabela 2. O escoamento moderado apresentava ocorrência restrita, concentrando-se na porção norte, onde solos com média a alta impermeabilidade favoreciam maiores volumes de escoamento devido à menor infiltração.

Em 2020, o escoamento médio passou a predominar, representando 55,99% da área da bacia, superando o escoamento baixo (Figura 2b). O escoamento moderado aumentou aproximadamente três vezes em relação a 1985. Essas mudanças refletem a retirada da vegetação, a expansão agropecuária e, sobretudo, o avanço da mancha urbana sobre os limites da bacia.

A ocupação urbana desordenada configura-se como fator crítico para a piora do escoamento superficial, caso não haja ordenamento territorial sustentável na bacia analisada. Sobre essa tendência Fritzen e Binda (2011) explicam que a urbanização compromete o equilíbrio hidrológico ao aumentar a impermeabilização do solo, canalizar cursos d'água e suprimir a vegetação, reduzindo, assim, a infiltração e intensificando o escoamento superficial, o que potencializa processos erosivos e a tendência a ocorrência de alagamentos e inundação.



Sistema de Coordenadas Geográficas: Datum SIRGAS 2000 Zona 20S

Fonte: Divisão Municipal e Estadual (IBGE, 2022)

Imagens de satélite (USGS, 2024) Grupos Hidrológicos de Solos (Ross et al., 2018)

Tabela 2. Valores da quantificação dos tipos de escoamento em km² e porcentagem

Ano	1985		2020	
	Área (Km ²)	Área (%)	Área (Km ²)	Área (%)
Escoamento (mm)				
Lento (0 a 23)	0,00	0,00%	0,00	0,00%

Baixo (23 a 46)	39,72	63,68%	21,78	34,93%
Médio (46 a 69)	20,81	33,37%	34,92	55,99%
Moderado (69 a 92)	1,83	2,94%	5,64	9,04%
Elevado (92 a 114)	0,00	0,00%	0,03	0,04%

CONCLUSÃO

A análise temporal da variação do escoamento superficial na bacia hidrográfica urbana do Igarapé Tancredo Neves evidenciou mudanças significativas no uso e cobertura do solo entre 1985 e 2020. Observou-se uma redução expressiva da vegetação densa, de 56,84% para 27,56% da área total, acompanhada de um crescimento acentuado das áreas impermeabilizadas, que aumentaram 25,78%. Essas transformações resultaram em aumento do escoamento superficial, especialmente nas classes média e moderada, cuja cobertura média passou a representar 55,99%, em 2020. Esses dados indicam maior risco de processos erosivos, alagamentos e inundações na região. Dessa forma, o avanço da impermeabilização do solo e a supressão da cobertura vegetal comprometem o equilíbrio hidrológico local, reforçando a necessidade urgente de planejamento territorial e gestão ambiental para mitigar os impactos negativos e garantir a sustentabilidade do uso da bacia do Igarapé Tancredo Neves.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- CHOW, V. T. et al. Applied Hydrology. New York: McGraw Hill, 1988.
- CONCEIÇÃO NETO, R. C.; RODRIGUES, E.; TEJAS, G. T. T.; SOUZA, R. M. S.; MANIESI, V. Determinação da equação de intensidade, duração e frequência para precipitações pluviométricas máximas de Porto Velho, RO. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E AGRONOMIA, 9., 2023, Gramado. Anais eletrônicos [...] Rio Grande do Sul: CONTECC, 2023. Disponível em: <https://www.confex.org.br/eventos/contecc/contecc-2023/civil>. Acesso em: 19 fev. 2025.
- COSTA, L. M. S. A. (org.). Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras. Viana; Mosley. Ed. PROURB, Rio de Janeiro, 2006.
- EVANGELISTA, J. R.; LOPES, S. R. T.; ZILES, L. M. M. P.; TEJAS, G. T.; GOBO, J. P. A. Impacto do desmatamento na temperatura de superfície terrestre e vegetação na Reserva Biológica do Jarú – RO. Revista Brasileira de Climatologia, Dourados, v. 37, p. 163-185, jul./dez. 2025. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 5, n. 3, p. 239–254, dez. 2011. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/ateli/article/view/16703>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-doterritorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 06 fev. 2025.
- NASCIMENTO, C.P.; SANTOS, C.; SILVA, M. Porto Velho: a produção do espaço urbano de Rondônia (1980/2010). Revista Geografar, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 20-52, 2012.
- ROSS, C. W.; PRIHODKO, L.; ANCHANG, J. Y.; KUMAR, S. S.; JI, W.; HANAN, N. P. Grupos Hidrológicos Globais de Solos (HYSOGs250m) para Modelagem de Escoamento Baseada em Número de Curvas. 2018. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, EUA. Disponível em: <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1566>.
- SILVA, C. G. F. Relatório Final do Projeto de Iniciação Científica: Avaliação morfométrica da Bacia do Igarapé Tancredo Neves como indicativo da suscetibilidade a ocorrência de inundações e alagamentos. Porto Velho, Instituto Federal de Rondônia, 2023. Disponível em:

https://suap.ifro.edu.br/media/upload/pesquisa/relatorios/Resumo_Expandido-2adaf687d6e74d2a9448b2c5360bdd22.pdf. Acesso em: 14 fev. 2024

- SOUZA, R. M. S. de. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de Porto Velho/RO: uma análise da estruturação de lugares intraurbanos e a formação de áreas de risco. 2019. 179 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (PGDRA), Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, 2019.
- TRANCOSO, R.; CARNEIRO FILHO, A.; TOMASELLA, J.; SCHIETTI, J.; FORSBERG, B. R.; MILLER, R. P. Deforestation and conservation in major watersheds of the Brazilian Amazon. *Environmental Conservation*, v. 36, n. 4, p. 277-288, 2009.
- TUCCI, C. E. M. (org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed., 2. reimpr. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 853 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4). ISBN 85-7025-298-6.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Landsat 5, Bandas 3 e 4, e Landsat 8, Bandas 4 e 5. Earth Explorer, 2025. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>.