



# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## MORFOMETRIA EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE NORMANDIA, RORAIMA, BRASIL

\* Flaider Alves Pimentel <sup>1</sup>  
Lena Simone Barata Souza <sup>2</sup>  
Adriano Frutuoso da Silva <sup>1</sup>

## MORPHOMETRY TO THE SOLID WASTE DISPOSAL AREA OF THE MUNICIPALITY OF NORMANDIA, RORAIMA, BRAZIL

Recibido el 25 de septiembre de 2021. Aceptado el 26 de marzo de 2022

### Abstract

*The development of new urban centers necessarily requires planning and disposal of solid waste. The absence of morphometric analysis in areas with the potential to negatively impact the environment and its natural resources can make it difficult to properly understand the contaminant flow in the local hydrological dynamics. The area under consideration in this research comprises the open-air dump in the municipality of Normandia, State of Roraima. Morphometric analysis based on physical characterization were used in the present work with the aid of remote sensing images and radar images to obtain thematic maps and infer how the contaminant flow can interact with the environment and possible directions flow. The drainage basin of the Passarinho stream (water body present in the area) is characterized by a preferential flow in the NE-SW direction, with a predominance of moisture conservation slopes in the perimeter of the disposal area, which favors infiltration. Although the area is strategically positioned away from water bodies, it is in a sedimentary cover, which has a high vulnerability to groundwater contamination, in addition to being an area with a high propensity to flooding, which allows for the dilution of surface contaminants, being able to reach the adjacent streams and lakes.*

**Keywords:** landfill, hydrographic basin, solid waste, Normandia.

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Roraima, UFRR, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Geologia - Universidade Federal de Roraima, UFRR, Brasil.

\* *Autor Correspondente:* Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Roraima. Av. Cap. Ene Garcês, n° 2413, Bairro Aeroporto, Boa Vista, Roraima, CEP 69310-000. Brasil. Email [flaider.pimentel@ufrr.br](mailto:flaider.pimentel@ufrr.br)

## Resumo

A formação de novos centros urbanos requer, necessariamente, planejamento e disposição de resíduos sólidos. A ausência da análise morfométrica em áreas com potencial de impactar negativamente o meio e seus recursos naturais pode dificultar a devida compreensão do fluxo contaminador na dinâmica hidrológica do local. E a área em apreço da presente pesquisa perfaz o lixão a céu aberto do município de Normandia, Estado de Roraima. Para isto, empregou-se métodos de caracterização física da bacia delimitada em que a área se insere com o auxílio de imagens de sensoriamento remoto e imagens de radar para se obter mapas temáticos e inferir como o fluxo contaminador pode interagir com o meio e possíveis direções de fluxo. A bacia de drenagem do igarapé Passarinho (corpo hídrico presente na área) caracteriza-se pelo fluxo preferencial na direção NE-SW, com predominância de vertentes de conservação de umidade no perímetro da área de disposição, o que favorece a infiltração. Ainda que a área esteja estrategicamente posicionada distante de corpos hídricos, situa-se numa cobertura sedimentar, que há uma alta vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas, além de ser uma área com alta propensão a enchentes, o que propicia a diluição dos contaminantes em superfície, podendo atingir os igarapés e lagos adjacentes.

**Palavras chave:** aterro sanitário, bacia hidrográfica, resíduo sólido, Normandia.

## Introdução

O crescimento da produção de resíduos, quer sólidos, líquidos ou gasosos é uma consequência direta do desenvolvimento e formação de novos centros urbanos. Quando isto se alia ao aumento da atividade industrial e avanços tecnológicos no contexto da globalização, deve-se ter atenção ao correto manejo desses resíduos de modo a preservar os recursos naturais e mitigar contaminação ao solo, ar e água (Amaral e Lana, 2017, Coker *et al.*, 2016; Franceschi *et al.*, 2017; Zaini *et al.*, 2019).

Dessa maneira, a disposição final se performa como tema de preocupação e complexa solução para a sociedade, visto que seus impactos são sentidos a médio e longo prazo, tanto na alteração do ambiente, quanto na saúde pública, visto que os resíduos sólidos acabam interagindo com as águas da chuva podendo assim, formar lixiviado e alterar os parâmetros de potabilidade da água que percolará no meio e atingir os cursos d'água (Canata *et al.*, 2018, Manzano *et al.*, 2019; Porciúncula e Leal, 2019).

### Impactos da disposição de resíduos sólidos

Ainda que já existam métodos para a adequada disposição final de resíduos sólidos como os aterros sanitários, o estado de Roraima ainda está distante de ter seus municípios dentro dos padrões estabelecidos por lei, visto que todos estes ainda não possuem um aterro sanitário em plena operação (Brasil, 2019; Gomes e Silva Filho, 2020; Souza e Andrade, 2018). Terrenos de disposição final sem a devida impermeabilização do solo e sistemas para drenagem de gases e lixiviado tornam-se potenciais meios de propagação de doenças, bem como da fauna e flora que perfazem o ambiente hidrológico à jusante (Manzano *et al.*, 2019; Schiavinato e Gonzalez, 2019).

O município de Normandia, sob o aspecto hidrológico, situa-se à montante do Sistema Aquífero Boa Vista (SABV), que se caracteriza como um aquífero livre a semiconfinado, com alta condutividade hidráulica, apresentando sedimentos coluvionares e aluvionares e rochas areníticas e argilíticas da Formação Boa Vista, apresentando nível freático raso e, por isso, altamente vulnerável a contaminação, principalmente no período chuvoso (Souza e Carvalho, 2017; Wankler *et al.*, 2012).

Neste sentido, torna-se imprescindível compreender a dinâmica morfométrica da área de disposição de resíduos sólidos desse município, inferindo fluxos preferenciais e tendências de percolação, evapotranspiração aliando as características morfométricas a aspectos fisiográficos, como clima, vegetação, pedologia e hidrogeologia local. Estudos que buscam, de fato, relacionar dinâmica hidrológica com contaminação ainda são escassos, e o trabalho em apreço busca elucidar a importância de considerar a morfometria como parâmetro norteador de estudos ambientais, visto que ao combinar a obtenção indireta de dados morfométricos e seu baixo custo de realização torna-se uma forma eficiente de análise, sendo bastante relevante no contexto de globalização e alteração nos padrões de consumo ao redor do mundo.

Os períodos chuvosos agravam o risco de impactos ambientais pela interação dos resíduos sólidos com a água, facilitando o processo de lixiviação de contaminantes por rochas porosas, que possibilitam maior fluxo de água pelo meio em direção aos aquíferos, em forma de pluma de contaminação, em que há a percolação pelas camadas subsuperficiais e disperso quando migra para o nível freático (Brasil, 2015; Canata *et al.*, 2018; Moreira e Braga, 2009).

## Metodologia

### Caracterização da área de estudo

O município de Normandia (Figura 1) localiza-se na porção norte do estado de Roraima, com coordenadas a 03° 52' 51" N; 59° 37' 22" O, com extensão territorial de 6,966.777 km<sup>2</sup>. Possui como municípios limítrofes Boa Vista e Bonfim, ao sul; Uiramutã, ao norte; Pacaraima, ao oeste; também faz fronteira com a Guiana, ao leste. Sua população é de 11,290 habitantes (IBGE, 2019). Dista à capital Boa Vista em 185 km, sendo acessado pela rodovia federal BR-401.

Normandia apresenta um aterro sanitário construído, mas que se encontra desativado desde a finalização de sua concepção em 2013, ou seja, nunca se teve alocação de resíduos desde a finalização da obra, nos padrões da NBR 15849 (ABNT, 2010) em uma única célula. Dessa forma, os resíduos sólidos são alocados ao lado do aterro sanitário desativado. A área pode ser acessada antes mesmo de chegar à sede de Normandia, pela BR-401 e fica a cerca de 7 km da sede do Município e aproximadamente 500 metros do Igarapé Pau Grande (Figura 1).

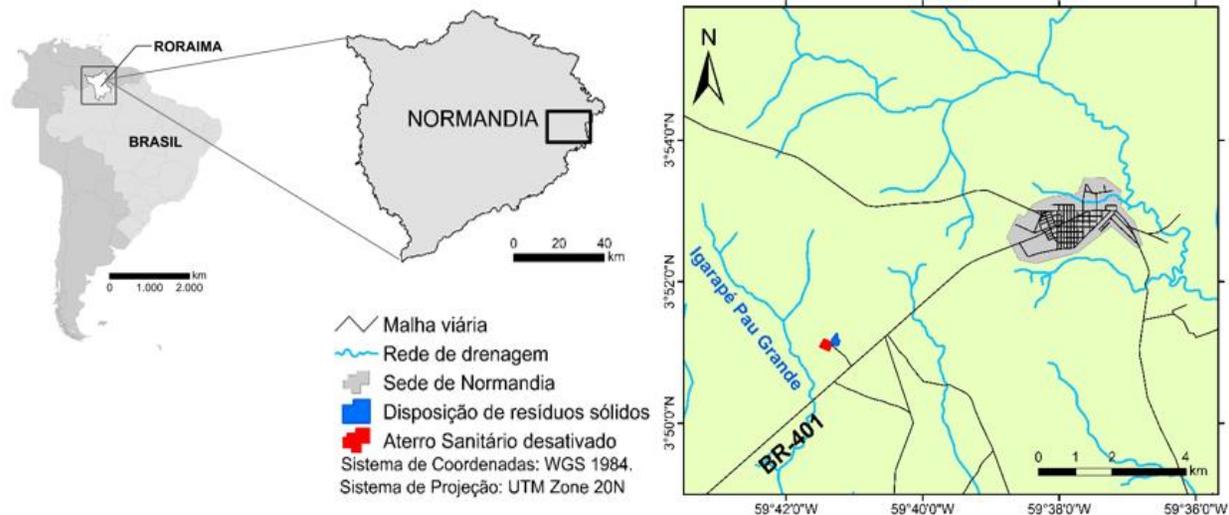


Figura 1. Área de estudo - Município de Normandia.

### Aspectos fisiográficos

O clima de Roraima é principalmente tropical (Alvares *et al.*, 2014), intercalando-se anos úmidos e secos, em associação aos eventos do *El Niño* e *La Niña* (Silva *et al.*, 2015). Conforme a classificação Köppen-Geiger o município de Normandia é de clima tropical de savana (Aw). Ao longo do ano, de acordo com Nimer (1991), o regime de precipitação é definido por duas estações: seca (de outubro a março) e chuvosa (de abril a setembro). A temperatura média de Normandia é de 27,3 °C e a precipitação média anual é de 1,219 mm.

O município de Normandia encontra-se numa área de savana, que são caracterizadas pela predominância de gramíneas, permeadas por arbustos, tendo sua composição florística influenciada pela topografia e lençol freático (Barbosa e Campos, 2011), favorecidas pelo relevo plano, recorrência de fogo, apesar das condições climáticas que favorecerem formação de florestas (Schaefer, 1997).

Os solos da área no entorno do Município são classificados como planossolo háplico distrófico, que se caracterizam como mal drenados, com horizonte superficial, textura mais leve, seguido de um horizonte adensado e com alta concentração de argila dispersa, favorecendo a retenção de água (Santos *et al.*, 2018). Estes ocorrem em áreas de relevo plano, que favorecem, sazonalmente, o excesso de água, mesmo que de curta duração. A combinação destas características performam o ambiente lacustre desta porção do lavrado, com predominância de planícies, com cotas altimétricas que não atingem 250 m (Carvalho *et al.*, 2016).

A área próxima à sede do município de Normandia está inserida em ambiente sedimentar nos contornos da Formação Boa Vista, situa-se numa superfície aplainada, que é resultado de um fenômeno de pediplanação sobre a Bacia Sedimentar do Tacutu, esculpida em rochas magmáticas ou metamórficas do embasamento. Sua rede de drenagem é composta por igarapés intermitentes e lagos, que em período chuvoso se encontram interconectados tanto entre si quanto com a rede de drenagem, separando-se em períodos de estiagem (Carvalho *et al.*, 2016; Ladeira e Dantas, 2014).

O sistema aquífero que está a jusante é o Sistema Aquífero Boa Vista-SABV, este tem características granulares com produtividade gradualmente variável. Os reservatórios de águas subterrâneas caracterizam-se por serem descontínuos, cujas informações ainda são escassas, sendo que as áreas mais altas do relevo são responsáveis pela recarga dos aquíferos, assumindo valores de condutividade hidráulica entre  $10^{-6}$  e  $10^{-5}$  cm/s, com produtividade localmente baixa, com vazão variando entre 1 e 10 m<sup>3</sup>/h, isto é, o fornecimento contínuo dificilmente é garantido, com base em dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2016a; 2016b).

### Morfometria

Todo o sistema de drenagem pode ser facilmente afetado por contaminantes, e a compreensão do grau de vulnerabilidade destes depende de se conhecer os diversos padrões de drenagem e suas relações com o meio geológico, porque estes permitem compreender a tendência de mineralização ou dispersão dos contaminantes, dependendo de aspectos topográficos e pedológicos e suas interações com os corpos hídricos, o que caracteriza o estudo morfométrico (Amaral e Lana, 2017).

A morfometria une parâmetros físicos de uma bacia hidrográfica e harmoniza estes com os possíveis fatores condicionantes a essas características (Christofolletti, 1980). Os parâmetros apresentados nas equações (1) a (3) estão intrinsecamente ligados aos aspectos físicos da bacia de drenagem e as equações (4) a (6) ligados aos cursos d'água, conforme Villela e Mattos (1975).

A equação (1) apresenta o coeficiente de compacidade (Kc). Quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia, menor o tempo de concentração e maior a tendência de haver picos de enchente. O índice de circularidade (Ic) é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia conforme equação (2). Este parâmetro refere-se à medida de tendência de uma bacia hidrográfica se aproximar da forma circular. O fator de forma (Kf), na equação (3), indica maior propensão a enchentes quanto mais próximo do valor unitário.

$$Kc = 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Equação (1)

$$Ic = 12.57 \cdot \frac{A}{P^2} \quad \text{Equação (2)}$$

$$Kf = \frac{A}{Le^2} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

Kc: coeficiente de compacidade da bacia;

Ic: índice de circularidade;

Kf: fator de forma

P: perímetro da bacia;

A: área da bacia.

Os cursos d'água foram classificados para que se empregasse as equações (4) e (5) para que se obtivesse o curso d'água principal. O critério de *Horton* é empregado para tal finalidade, em que os cursos d'água de primeira ordem são aqueles que não possuem afluentes. Os de segunda ordem são aqueles que possuem apenas afluentes de primeira ordem, e assim sucessivamente. Neste critério de classificação, a maior ordem acaba sendo designada ao rio principal da bacia hidrográfica, valendo esta classificação em todo seu comprimento, desde a nascente até a saída da bacia (Christofolletti, 1980).

O índice de sinuosidade ( $I_s$ ) corresponde à razão entre o comprimento total do curso d'água principal e a distância vetorial entre o exutório e a nascente do curso (comprimento do talvegue), expresso na equação (4). Quanto mais próximo de 1, mais retilíneo é o canal. A densidade de drenagem ( $D_d$ ) - equação (5) - reflete as influências das características topográficas, litológicas e da cobertura vegetal possibilita saber se a bacia tem boa drenagem ou não e, desta forma, inferir a sua tendência para a ocorrência de cheias.

$$I_s = \frac{L}{L_t} \quad \text{Equação (4)}$$

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad \text{Equação (5)}$$

Outra variável importante para a caracterização morfométrica é o Fator de Assimetria (FA), que é apresentado na equação (6), mostrada por Hare e Gardner (1985) e empregada por Souza e Rossetti (2011). Quanto mais próximo de 50, mais simétrica é a bacia, quanto mais distante, menos simétrica e mais controlada tectonicamente, sendo complementar ao estudo das anomalias de drenagens, que são manifestações em corpos hídricos que incluem variação abrupta de direção de escoamento, ou meandros comprimidos isolados ou consecutivos.

$$FA = \frac{Ad}{A} \cdot 100$$

Equação (6)

Em que:

Is: índice de sinuosidade;

L: comprimento do curso d'água principal;

Lt: comprimento do talvegue;

ΣL: somatório de todos os cursos d'água da bacia;

Dd: densidade de drenagem;

FA: fator de assimetria;

Ad: área da bacia do bordo direito do curso d'água principal;

A: área da bacia.

### Métodos

A área foi visitada no dia 14 de junho de 2019 para localização, inspeção prévia e visualização na estação chuvosa, e nos dias 13 e 14 de dezembro de 2019 para a verificação das características no período seco.

Para a caracterização morfométrica da área de estudo, foram empregados ferramentas indiretas de análise - os dados de sensoriamento remoto - que consiste em imagens orbitais de satélite *Landsat 8 ETM+*, disponíveis no site *Earth Explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), de 7 de dezembro de 2015, com 30 metros de resolução espacial, e Modelos Digitais de Elevação (MDE), com 30 metros de resolução espacial adquiridas da Missão Topográfica de Radar *Shuttle* (SRTM), também por meio do site *Earth Explorer*, obtidas em 29 de agosto de 2019.

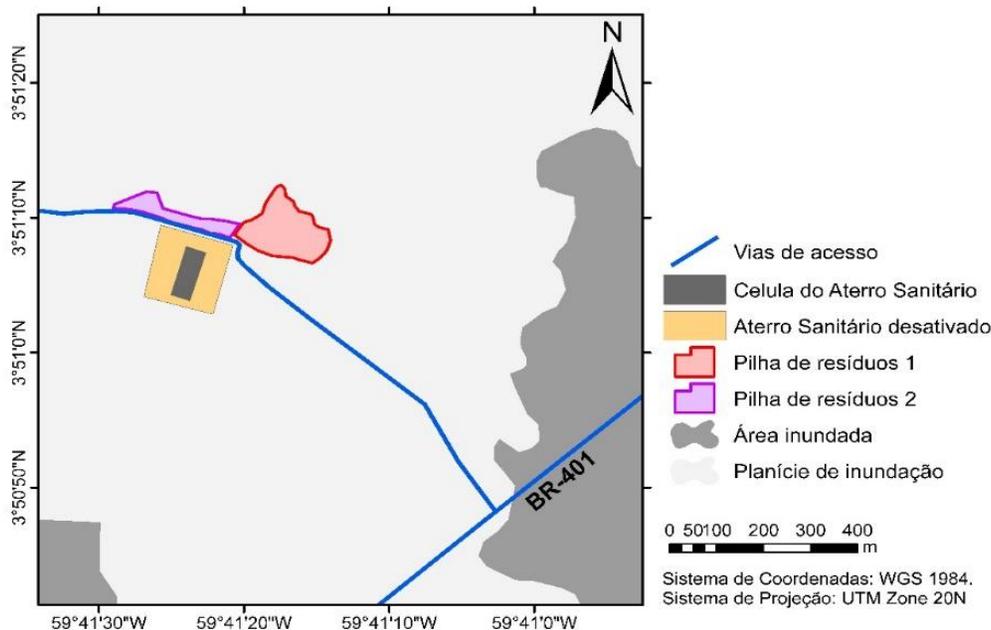
No *software ArcMap 10.5* aplicou-se o reconhecimento dos elementos naturais da paisagem, que refletem a organização estrutural da área. As feições superficiais foram vetorizadas e individualizadas para a geração de mapas temáticos e, assim, ter a configuração da disposição dos corpos hídricos superficiais. Além disso, empregou-se a extensão *ArcHydro 10.5* para extração dos corpos hídricos superficiais e inclinação das vertentes e, assim, delimitar as sub-bacias hidrográficas e compreender sua dinâmica hídrica e calcular os parâmetros morfométricos relativos à geometria da bacia e à rede de drenagem apresentados nas equações (1) a (6).

Posteriormente, os parâmetros morfométricos foram empregados para compor mapas de declividade e de hipsometria. Esses mapas foram utilizados para a interpretação quanto a seus parâmetros morfométricos quanto para a descrição dos padrões de drenagem e suas relações com o meio geomorfológico e geológico, assim como realizado por Souza e Rossetti (2011), Cruz *et al.* (2017), Lacerda *et al.* (2018), Lorandi *et al.* (2019), Motta *et al.* (2017) e Rodrigues *et al.* (2020).

## Resultados e discussão

### Descrição do aterro e dos resíduos

Como já mencionado, apesar de haver um aterro sanitário construído, os resíduos são dispostos em dois locais de empilhamento na área externa (Figura 2). O primeiro localizado a margem direita da via de acesso ao aterro sanitário desativado, é o que apresenta o maior volume de resíduos, este disperso por uma extensa área, formando empilhamento espreado, sendo que os resíduos evidenciam ter passado por incineração, visto que os materiais de vidro e metal oxidado são predominantes (Figura 3). Grande parte dos resíduos está coberto pela vegetação na estação chuvosa e com acúmulo de água, o mesmo acontece com a pilha de resíduos 2 (Figura 3).



**Figura 2.** Croqui da área de disposição de resíduos sólidos do município de Normandia, Roraima.

### Parâmetros morfométricos

A área de disposição de resíduos sólidos está situada a leste do Igarapé Pau Grande (Figura 4), que desagua no rio Maú, que desagua no rio Tacutu. A rede de drenagem na área no entorno da disposição dos resíduos apresenta padrão de drenagem predominantemente paralelo, que se concentra na porção central e leste da área, com a formação de lagos, como o Caracaranã, que é um dos pontos turísticos do município de Normandia.

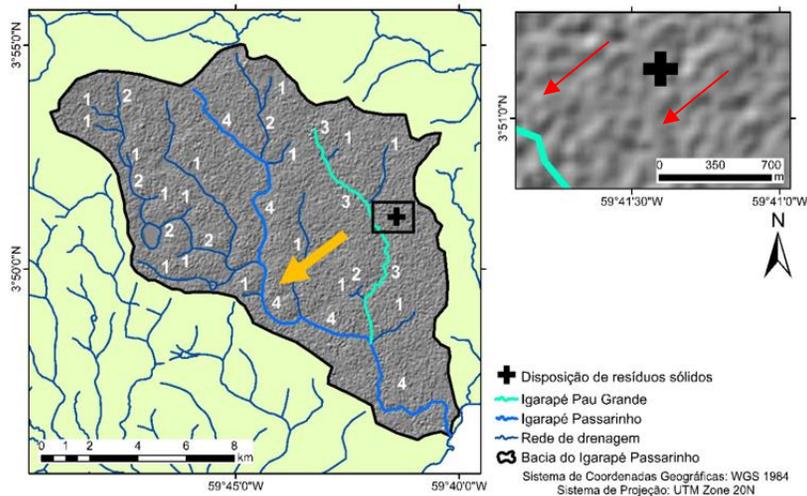


**Figura 3.** Área de disposição de resíduos sólidos de município de Normandia, Roraima. (A) Vista frontal da entrada do aterro sanitário desativado à esquerda e a pilha de resíduos sólidos à direita. (B) e (C) Resíduos encontrados nas pilhas de resíduos (estação chuvosa).

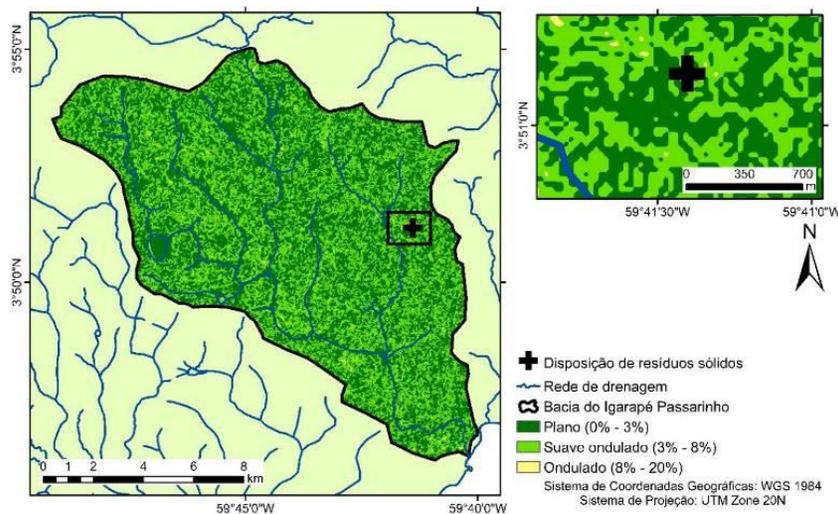
O igarapé Passarinho, rio principal da bacia que contém a área de disposição de resíduos sólidos (Figura 4) possui 23.82 km de extensão e possui sinuosidade de 1.34, indicando que o canal é relativamente retilíneo, proporcionando bom transporte de sedimentos. O relevo sombreado (ângulo azimutal de 315° e zenital de 45°) da bacia indica vertentes de escoamento no sentido NE-SW preferencialmente e a classificação dos cursos d'água por *Horton*, descreve a bacia como de 4ª ordem.

A análise dos parâmetros morfométricos permitiu verificar que esta, em condições naturais, possui o coeficiente de compacidade de 1.36 e o fator de forma com valor baixo, de 0.32, e isto significa que a bacia possui baixa propensão atribuída à sua forma alongada (Rodrigues *et al.*, 2020). Baixa densidade de drenagem, 0.58 km/km<sup>2</sup>, é outro aspecto que expressa boa capacidade de percolação do material precipitado no meio litológico, compatibilizando-se com o aspecto sedimentar do local (Formação Boa Vista).

As vertentes da bacia variam desde planas (0% a 3%) a suave-onduladas (3% a 8%) totalizando, respectivamente, 56.89% e 42.55% da área da bacia. As vertentes onduladas representam uma parcela inexpressiva (0.56%) em pontos isolados na porção setentrional às adjacências da área de alocação dos resíduos. Este panorama indica alta tendência de inundação pontual (Figura 5).

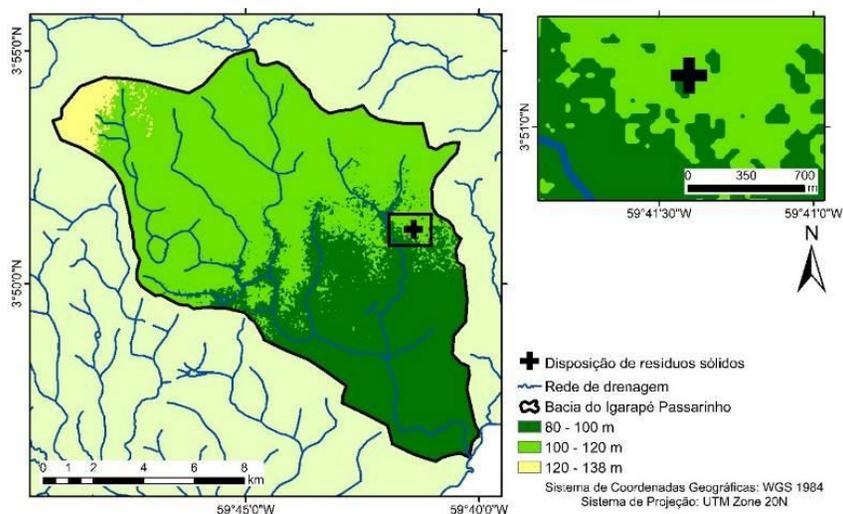


**Figura 4.** Relevo sombreado da bacia do igarapé Passarinho (Normandia, Roraima). Os valores numéricos indicam a ordem dos canais, conforme a classificação de Horton. A seta laranja indica o basculamento da bacia. As setas vermelhas indicam o sentido preferencial de escoamento a partir do sombreado das vertentes.



**Figura 5.** Mapa de declividade (inclinação das vertentes) da bacia do igarapé Passarinho (Normandia, Roraima).

A bacia do igarapé Passarinho (Figura 6) apresenta-se com baixa amplitude altimétrica, sendo o ponto mais baixo a 80 m e o mais alto a 138 m, e altitude média de 103.12 m, sendo que 59.32% da área se concentra entre as cotas de 100 a 120 m, aspecto característico da região, que se caracteriza como superfícies aplainadas (Ladeira e Dantas, 2014), isso é favorecido pelo formato alongado ( $I_c = 0.53$ ), que favorece o escoamento superficial, apresentando médio risco de enchente em condições normais de precipitação, conforme Villela e Mattos (1975).



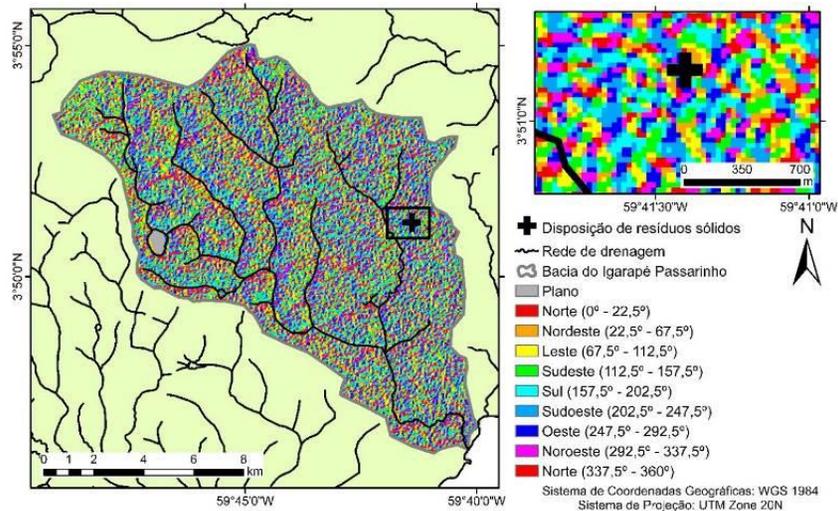
**Figura 6.** Mapa de hipsometria (altimetria) da bacia do igarapé Passarinho (Normandia, Roraima).

No que diz respeito à orientação das vertentes (Figura 7), para análise do comportamento da superfície em função da incidência de radiação solar ao longo do dia e do ano (Motta *et al.*, 2017), tem-se que o subtotal das vertentes leste, nordeste, norte, oeste e noroeste contemplam 59.14% da área da bacia. Ao realizar um enfoque no entorno da área utilizada para alocação de resíduos, nota-se entre os corpos hídricos retilinearidade dos canais, o que favorece o transporte de sedimentos em suspensão.

O total das vertentes direcionadas ao sudeste, sul e sudoeste perfazem 38.82% da área da bacia, que são de menor incidência de radiação solar. Portanto, a bacia, de maneira geral, tem alta tendência de dispersão de umidade, sendo que no entorno da área de disposição final nota-se uma incidência maior vertentes de conservação de umidade, o que se difere de seu comportamento holístico.

Ainda que os parâmetros morfométricos indiquem para baixa propensão a enchentes, a geomorfologia predominante aponta baixa capacidade de absorção de água em locais com nível

freático raso, como Morais e Carvalho (2015) descrevem Normandia, além de possuírem planícies de inundação que, quando associadas à baixa amplitude altimétrica proporcionam alta propensão a enchentes em pontos isolados, o que corrobora com as observações realizadas *in situ* (Figura 3).



**Figura 7.** Mapa de hipsometria (altimetria) da bacia do igarapé Passarinho (Normandia, Roraima).

## Conclusão

Com base na análise morfométrica da área no entorno da disposição de resíduos sólidos do município de Normandia, que tem seus resíduos dispostos em formato de lixão a céu aberto, ressalta-se as implicações ambientais do atual panorama.

A consideração dos padrões de drenagem e parâmetros morfométricos permitiram verificar que a bacia de drenagem do igarapé Passarinho caracteriza-se como plana, mal drenada, com vertentes de dispersão de umidade e fluxo preferencial na direção NE-SW, com predominância de vertentes de conservação de umidade no perímetro da área de disposição, o que favorece a infiltração.

Ainda que esteja estrategicamente posicionado distante de corpos hídricos, a área se situa numa cobertura sedimentar, que há uma alta vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas, além de ser uma área inundável, que propicia a diluição dos contaminantes em superfície, podendo atingir os igarapés e lagos adjacentes.

## Agradecimentos

Ao grupo de pesquisa Caimbé-Geociências de Roraima, em especial a João Antônio, Luis, Dennyson e Clínia, graduandos do curso de Geologia da UFRR, pelo apoio durante as coletas em campo. À Universidade Federal de Roraima (UFRR), ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais (Pronat), por tornar possível a realização da pesquisa, e à CAPES/CNPq, pelo incentivo por meio da bolsa de estudos.

## Referências bibliográficas

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G. (2014) Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **22**(6), 711-728.
- Amaral, D. G. P., Lana, C. E. (2017) Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG). *Caderno de Geografia*. Belo Horizonte, **27**(49), 368-382.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2010) *NBR 15849: Aterros sanitários de pequeno porte: diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Barbosa, R. I., Campos, C. (2011) Detection and geographical distribution of clearing areas in the savannas ('lavrado') of Roraima using Google Earth web tool. *Journal of Geography and Regional Planning*, **4**(3), 122-136.
- Brasil. (2019) Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017-2018*. São Paulo: ABRELPE.
- Brasil. (2015) Fundação Nacional de Saúde. *Manual de saneamento*. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde.
- Canata, R. E., Ferreira, F. J. F., Stevanato, R., Salvador, F. A. S., Souza Filho, O. A. (2018) Integração dos métodos geofísicos de eletrorresistividade, polarização induzida e eletromagnético Aterro Sanitário de Guaratuba-PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, **74**(1), 11-27.
- Carvalho T. M., Carvalho, C. M., Morais, R. P. (2016) Fisiografia da Paisagem e Aspectos Biogeomorfológicos do Lavrado, Roraima, Brasil. *Rev. Bras. Geomorfol.*, **17**(1), 93-107.
- Christofoletti, A. (1980) *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher.
- Coker, A. O., Sridhar, M. K. C., Donnett, C. J. (2016) Solid Waste Management Practices at a Private institution of Higher Learning in Nigeria. *Procedia Environmental Sciences*, **35**(1), 28-39.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. (2016a) *Carta Hidrogeológica. Folha NA-20*. Brasília. Escala 1:1.000.000.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. (2016b) *Carta Hidrogeológica. Folha NA-21*. Brasília. Escala 1:1.000.000.
- Cruz, A., Martins, M., Gomes, A., Dinis, P. (2017) Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caculuvar (Angola). *8º Congresso Nacional de Geomorfologia*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Franceschi, F. R. A., Santiago, C. D., Lima, T. Q., Pugliesi, E. (2017) Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: uma discussão sobre a evolução dos dados no período 2003-2014. *Revista DAE*, **206**(2), 62-68.
- Gomes, M. G. S.; Silva Filho, P. A. (2020) Diagnósticos dos resíduos sólidos do estado de Roraima visando a potencialidade para a reciclagem e o grau de impactos gerados. *XIX Encontro do Programa de Iniciação Científica*. Boa Vista, Universidade Federal de Roraima.
- Hare, P. W., Gardner, I. W. (1985) Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Tectonic geomorphology. Boston: Proceedings 15. Annual Binghamton Geomorphology Symposium*. Allen and Unwin.
- IBGE. (2019) *Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2019*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Lacerda, H. C., Fonseca, H. P., Faria, A. L. L. (2018) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Xopotó: utilizando imagens PALSAR e Sentinel-2. *III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*. Juiz de Fora: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

- Ladeira, L. F. B., Dantas, M. E. (2014) Compartimentação Geomorfológica. *Geodiversidade do estado de Roraima*. Manaus: CPRM.
- Lorandi, R.; Santos, F. M.; Lollo, J. A. (2019) Processo Investigativo do Potencial de Contaminação de Aquíferos por Atividades Antrópicas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras (SP). *Revista Brasileira de Geografia Física*, **12**(7), 2741-2751.
- Manzano, M. N., Ferreira, A. T. S., Saad, A. R., Pizzato, E., Queiroz, W., Dalmas, F. B. (2019) Fragilidade a inundações da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu (Guarulhos, SP). *Pesquisas em Geociências*, **46**(3), 1-12.
- Moreira, C. A., Braga, A. C. O. (2009) Aplicação de métodos geofísicos no monitoramento de área contaminada sob atenuação natural. *Engenharia Sanitária Ambiental*, **14**(2), 257-264.
- Motta, P. N. S. D., Gloaguen, T. V., Santos, M. S. T., Ferreira, A. T. S. (2017) Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, Bahia, Brasil. *Ambiência*. **13**(2), 470-485.
- Nimer, E. (1991) Clima. *Geografia do Brasil: Região Norte. Rio de Janeiro*, IBGE, 61-71.
- Porciúncula, R. J.; Leal, L. R. B. (2019) Geoelectric characterization for implantation a landfill in Simões Filho, Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Geophysics*, **37**(4), 481-487.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araújo Filho, J. C., Oliveira, J. B., Cunha, T. J. F. (2018) *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. 5 ed. Brasília: Embrapa.
- Schaefer, C. E. G. R. (1997) Ecogeography and human scenario in Northeast Roraima, Brazil. *Ci. Cult.*, **49**(1), 241-252.
- Schiavinato; V. M. S.; Gonzalez, A. Z. D. (2019) Avaliação ambiental de nascentes na sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitas-MT, Brasil. *Revista Equador*, **8**(3), 260-278.
- Silva, D. A., Sander, D. Araújo Júnior, A. C. R., Wankler, F. L. (2015) Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista – RR nos anos de 1910 a 2014. *Revista Geográfica Acadêmica*, **9**(1), 35-49.
- Rodrigues, A. C. F., Silva, C. W. G., Rodrigues, E. S., Galvão, S. R. S., Caldas, A. M. (2020) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Terra Nova – PE. *Revista Semiárido De Visu*, **8**(1), p. 3-14.
- Souza, L. S. B., Andrade, G. G. (2018) Resistividade no entorno do aterro sanitário municipal de Boa Vista, Roraima, Brasil: implicações ambientais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, **13**(3), 435-452.
- Souza, L. S. B., Carvalho, F. W. S. (2017) Contextualização geológica da porção sudoeste do Sistema Aquífero Boa Vista, estado de Roraima, Brasil, a partir de sondagens elétricas verticais rasas. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, **12**(1), 91-107.
- Souza, L. S. B.; Rossetti, D. F. (2011) Caracterização da rede de drenagem na porção leste da ilha de Marajó e implicações tectônicas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **12**(1), 69-83.
- Villela, S.M., Mattos, A. (1975) *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Wankler, F. L., Evangelista, R. A. O., Sander, C. (2012) Sistema Aquífero Boa Vista: “estado da arte” do conhecimento e perspectivas. *ACTA Geográfica*, **6**(12), 21-39.
- Zaini, M. S. I., Ishak, M. F., Zolkepli, M. F. (2019) Forensic assessment on landfills leachate through electrical resistivity imaging at Simpang Renggam in Johor, Malaysia. *The 2nd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering, Series: Materials Science and Engineering*, 669. Malang: Universitas Negeri Malang.