

RELEVÂNCIA AMBIENTAL DA MORFOMETRIA EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: EXEMPLO DO MUNICÍPIO DE CANTÁ, RR, BRASIL

ENVIRONMENTAL RELEVANCE OF MORPHOMETRY FOR SOLID WASTE DISPOSAL STUDIES: AN EXAMPLE FROM CANTÁ, STATE OF RORAIMA, NORTHERN BRAZIL

DOI: <https://doi.org/10.24979/ambiente.v17i2.1359>

Lena Simone Barata Souza

Universidade Federal de Roraima/UFRR

<https://orcid.org/0000-0002-8798-8941>

Flaider Alves Pimentel

Instituto Federal de Santa Catarina/Câmpus Caçador

<https://orcid.org/0009-0008-6452-7756>

RESUMO: Ao longo dos anos estudos vêm considerando que há relação entre dinâmica hidrológica e fluxo contaminador, desta forma, foi executado o estudo morfométrico na área de disposição de resíduos sólidos do município do Cantá, Estado de Roraima. Imagens de sensoriamento remoto e de radar foram utilizadas para a obtenção de mapas temáticos para compreender a tendência de fluxo contaminador, bem como suas direções preferenciais, a considerar também parâmetros que indiquem a propensão da bacia a eventos de inundação ou infiltração. Os mapas gerados explicitam que a bacia de drenagem que abrange a área em questão, possui tendência de fluxo preferencialmente na direção N-S ao rio Quitauaú em vertentes predominantemente suave-onduladas a onduladas (65,12% da área), e a bacia é alongada e de baixa propensão a enchentes ($K_c = 1,70$ e $K_f = 0,25$). Como a área é composta por um meio predominantemente areno-argiloso sobre rochas cristalinas, propicia-se o acúmulo do líquido contaminador em formato de pluma de contaminação trapeadas por zonas mais argilosas, podendo se acumular gradativamente a sul. Diante dos resultados, constata-se a intrínseca relação entre os aspectos morfométricos e o potencial de contaminação, ressaltando a necessidade de adequação dos lixões às normas vigentes.

Palavras-chave: Resíduo Sólido; Contaminação; Bacia de Drenagem; Roraima.

ABSTRACT: Over the years, studies have suggested a correlation between hydrological dynamics and contaminant flow. Therefore, a morphometric analysis was conducted in the solid waste disposal area within the municipality of Cantá, located in the State of Roraima. Remote sensing and radar imagery were utilized to produce thematic maps aimed at comprehending the trend of contaminant flow and its predominant directions. Additionally, parameters indicating the basin's susceptibility to flooding or infiltration events were considered. The generated maps indicate that the drainage basin covering the area tends to flow predominantly in the N-S direction toward the Quitauaú River, encompassing predominantly smooth-wavy to wavy slopes (constituting 65.12% of the area). The basin is elongated and has a low susceptibility to flooding ($K_c = 1.70$ and $K_f = 0.25$). Due to the predominantly sandy-clayey environment over crystalline rocks in the area, liquid contaminants accumulate in the form of a contamination plume trapped by clayey regions, gradually moving southward. From the results, it is evident the intrinsic relationship between

morphometric aspects and the potential for contamination, highlighting the need to adapt landfills to current regulations.

Keywords: Solid Waste; Contamination; Drainage Basin; State of Roraima.

INTRODUÇÃO

Considerando o contexto de Revolução Industrial, globalização e êxodo rural dos últimos anos, tem-se o crescimento e desenvolvimento de novos centros urbanos, que intensificam alterações no ambiente natural, com o conseqüente aumento na produção de resíduos sólidos (advindo das mudanças nos padrões de consumo), agravando-se problemas de ordem social e ambiental pela produção de chorume, ou lixiviado, que é um líquido contaminante de cor escura, odor nauseante, que advém da decomposição de matéria orgânica combinado com a presença de íons metálicos (COKER et al., 2016; GOES, 2016; SANTOS FILHO et al., 2017).

A disposição final inadequada dos resíduos sólidos desencadeia problemas de ordem sanitária, social e econômica nas cidades brasileiras e as técnicas apropriadas para a correta disposição dos resíduos sólidos são prescritas pelas NBR 8419 e 15849 (ABNT, 1992; 2010), que apresentam, respectivamente, as diretrizes técnicas para aterros sanitários e modelos de aterros sanitários de pequeno porte, com técnicas de engenharia que mitigam os efeitos nocivos ao ambiente natural.

Ao considerar que a produção de lixiviado está intrinsecamente ligada à dinâmica hidrológica, os períodos chuvosos iniciam o processo da formação de chorume através do meio geológico em direção às águas subterrâneas, aglomerando-se em forma de pluma de contaminação dispersando-se ao atingir o nível freático (CANATA et al., 2018).

A recuperação do ambiente afetado pela realidade supracitada pode requerer atividades onerosas, elucidando-se, assim, a importância de estudos que possam identificar direções preferenciais de contaminação, principalmente por meio de métodos eficientes, de baixo custo e que não sejam invasivos, como as ferramentas de sensoriamento remoto, visto que é possível relacionar à dinâmica morfométrica com a contaminação, a considerar também as características litológicas, e processos geomorfológicos predominantes, seja denudacionais ou agradacionais, característicos da área de estudo, conforme Carvalho (2014).

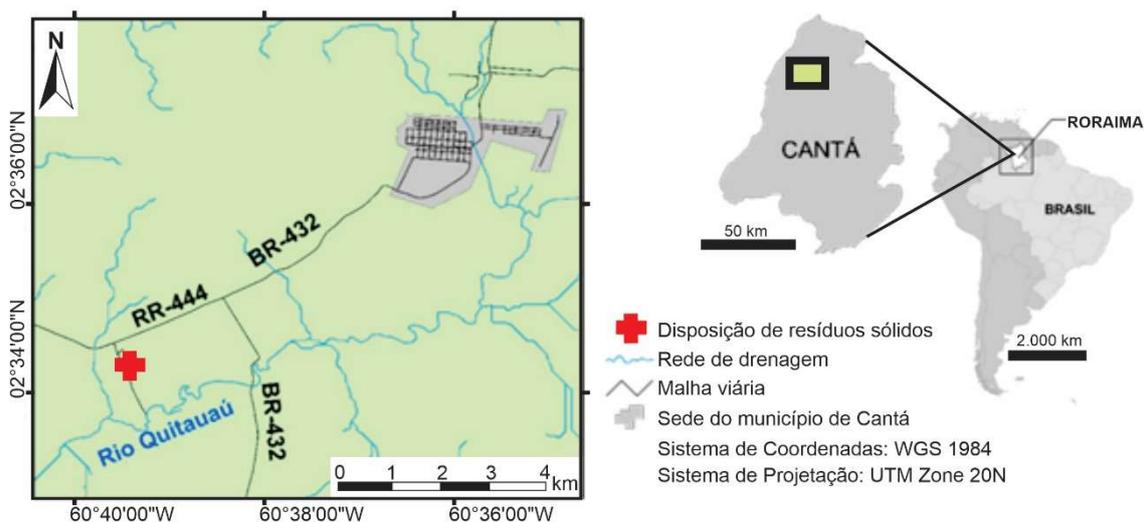
Assim, todo o ambiente de estudo (i. e., a região drenada) pode apresentar contaminantes, e a compreensão do seu grau de vulnerabilidade é compreendido a partir de aspectos ligados a aspectos físicos da bacia de drenagem e ao meio geológico, porque estes permitem compreender a tendência de acúmulo (mineralização) ou dispersão (diluição) dos contaminantes, dependendo de suas interações com os corpos hídricos, perfazer o que se denomina estudo morfométrico (AMARAL; LANA, 2017). Com isto, o estudo objetivou relacionar a contaminação com os aspectos hidrológicos do local de estudo.

ÁREA DE ESTUDO

O município do Cantá é situado na Região Metropolitana de Boa Vista (capital do Estado de Roraima), com coordenadas a 02° 36' 36" N/60° 35' 49" O, possui área de 7.664,797 km². Sua população é de 19.257 habitantes (IBGE, 2021). Possui limites com Boa Vista a noroeste, Bonfim a nordeste e leste, Caracará a sul, e Iracema e Mucajaí a oeste.

A distância de Cantá à capital Boa Vista é de cerca de 30 km, sendo o acesso realizado em via pavimentada através da rodovia federal BR-401. A área de disposição de resíduos sólidos do município localiza-se cerca de 8 km da sede, sendo que seu acesso é feito pela BR-432 e entrada pela RR-444 (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo - área de disposição de resíduos sólidos (Cantá/RR).



Fonte: Os autores (2024).

O clima do Município é tropical de savana-Aw, conforme a classificação *Köppen-Geiger* (ALVARES et al., 2014), e ao longo do ano, o regime de precipitação é definido por duas estações: seca (de outubro a março) e chuvosa (de abril a setembro), com temperatura média de 27,2 °C e precipitação média anual de 1.567 mm.

Quando à fitofisionomia, caracterizam-se por florestas estacionais semidecíduais em região de transição com as savanas, com intercalações de floresta e lavrado, com maior concentração em locais com corpos hídricos com maior volume hídrico (SCHAEFER, 1997). Na litologia, predominam-se argissolos com coloração que variam de amarelo a vermelho-amarelo, distróficos com textura arenosa e fração argila de baixa atividade, fortemente drenados, alumínico, com fácil diferenciação entre horizontes, sendo que superficialmente são mais arenosos, conforme Santos et al. (2018).

No que se refere à geologia, Cantá se situa no domínio Guiana Central, inserido na Suíte Metamórfica Rio Urubu, com grau metamórfico de alto a médio, de acordo com Reis e Fraga (1998). Geomorfologicamente, encontra-se na Depressão Marginal Norte do Amazonas, que se caracteriza como uma superfície aplainada e conservada, apresentando igarapés intermitentes e lagos que podem estar confinados em regiões rebaixadas, sustentados por crostas lateríticas e variados padrões de drenagem (LADEIRA; DANTAS, 2014).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, foram empregadas ferramentas de sensoriamento remoto, e com o devido georreferenciamento pôde-se realizar a caracterização da área da disposição do município do Cantá, considerando a obtenção das imagens, o cálculo dos parâmetros morfométricos e produção de mapas temáticos.

Os dados das imagens orbitais de sensoriamento remoto do satélite *Landsat*8 ETM+, disponível 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, adquiridas da Missão

Topográfica de Radar *Shuttle* (SRTM), também por meio do *site Earth Explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), obtidas em 29 de agosto de 2019.

Empregou-se o *software ArcMap 10.5* da *Esri Inc.* (2016), para o reconhecimento dos elementos naturais da paisagem, componentes elementares do desenho da superfície terrestre e suas disposições, que expressam a configuração estrutural da crosta. Essas feições da superfície do terreno foram vetorizadas, possibilitando a geração de mapas temáticos e, assim, ter a configuração da hipsometria e distribuição dos corpos hídricos superficiais com a extensão *ArcHydro 10.5* para extração automática dos corpos hídricos superficiais e inclinação das vertentes, com correções manuais em casos de inconsistências, conferindo-se as imagens *Landsat 8 ETM+*, com composição R6G5B4.

A análise das bacias de drenagem que contém as áreas de disposição de resíduos sólidos foi realizada considerando suas localizações e corpos hídricos no entorno destas. Os modelos digitais de elevação foram utilizados para a extração das características físicas das bacias e calcular os parâmetros morfométricos relativos à geometria da bacia e à rede de drenagem apresentados (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros para análise morfométrica da área de estudo.

PARÂMETRO	EQUAÇÃO	REFERÊNCIAS
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$	
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 \cdot \frac{A}{P^2}$	Christofolletti (1980)
Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	Lacerda et al. (2018)
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = \frac{L}{Lt}$	Lorandi et al. (2019)
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{\sum L}{A}$	Villela e Mattos (1975)
Fator de Assimetria (FA)	$FA = \frac{Ad}{A} \cdot 100$	Hare e Gardner (1985) Souza e Rossetti (2011)

P→perímetro da bacia; A→área da bacia; L→comprimento do curso d'água principal; Lt→comprimento do talvegue; $\sum L$ →somatório de todos os cursos d'água da bacia; Ad→área da bacia do bordo direito do curso d'água principal

Fonte: Os autores (2024).

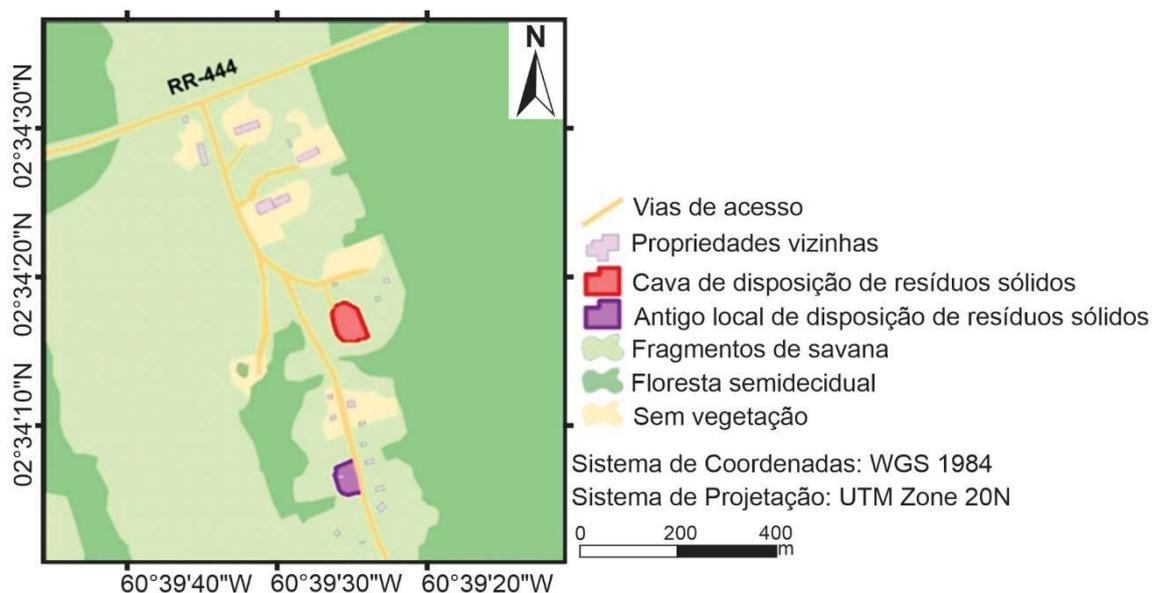
Por fim, os parâmetros morfométricos foram empregados para compor mapas de declividade, hipsometria, orientação das vertentes e relevo sombreado. Estes possibilitaram a interpretação quanto a descrição dos padrões de drenagem, parâmetros morfométricos e suas relações com o meio geomorfológico e geológico, assim como apresentado por Souza e Rossetti (2011), Motta et al. (2017), Lacerda et al. (2018) e Lorandi et al. (2019).

O padrão de drenagem, conforme Christofolletti (1980) e Howard (1967), auxilia na compreensão do fluxo de água em superfície. A relação com fluxo contaminador é baseada em Bortolin e Malagutti Filho (2010, 2012), Souza e Carvalho (2017), Xavier et al. (2017), Souza e Andrade (2018), Souza et al. (2018), Guimarães e Souza (2022), Pimentel, Souza e Silva (2022) e Pimentel e Souza (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de disposição de resíduos sólidos do município de Cantá/RR está em operação há pelo menos 12 anos (PIMENTEL, 2020), abrangendo terreno com aproximadamente 40.000 m² (Figura 2).

Figura 2: Representação esquemática da área de disposição de resíduos sólidos no município de Cantá/RR).



Fonte: Os autores (2024).

A área possui uma cava de acomodação de resíduos sólidos, que consiste numa poligonal irregular, com cerca de 3 m de profundidade e 3.295 m² de área superficial, com rampa de acesso à norte. O local funcionava como um ponto de extração de pedra-jacaré (concreções lateríticas) passando a exercer tal função após o encerramento da extração da jazida.

A figura 3A mostra a acomodação dos resíduos coletados pela prefeitura diariamente, estima-se que cerca de 15 m³ (capacidade máxima do caminhão de coleta) são dispostos semanalmente (i. e., de segunda a sexta-feira). Como não há cobertura do material disposto, na estação chuvosa, o que é precipitado satura a pilha de resíduos, provocando a formação e exsudação de lixiviado, atraindo moscas, causando um odor nauseante, característico do chorume (note o destaque da figura 3A).

A cava de disposição não é impermeabilizada, e não possui sistema de drenagem para o lixiviado e gases, visto que, não há maquinário, nem material de cobertura para os resíduos sólidos dispostos no local, descaracterizando-o como aterro controlado ou sanitário (ABNT, 1992). Refutando, desta forma, as informações disponibilizadas pelo IBGE (2010), que mostrava que o município de Cantá contava com a disposição de resíduos sólidos por meio de aterro controlado.

Quanto à composição dos resíduos dispostos, notou-se a predominância de detritos domiciliares (Figuras 3A e 3D), sendo a mesma característica notada no antigo “lixão”, que atualmente é uma propriedade particular (Figura 3C). Vale ressaltar a forte presença de moscas e urubus, que podem ser vetores de doenças e impactar as propriedades vizinhas (Figura 3B) que se situam muito próximas à cava, num raio significativamente inferior a 250 m, que é a distância mínima prescrita pelas NBR 8419 e 15849 (ABNT, 1992; 2010).

Figura 3: Área de disposição de resíduos sólidos no município de Cantá/RR, durante a estação chuvosa. (A) Vista a partir da rampa de acesso da cava de resíduos, com destaque ao acúmulo de chorume (elipse branca). (B) Entrada da cava de resíduos, com a presença de propriedades vizinhas no mesmo terreno (destaque em amarelo). (C) Antigo local de acomodação de resíduos sólidos (retângulo pontilhado amarelo). (D) Na estação seca, os resíduos são incinerados (visualização de fumaça assinalada através do círculo branco).

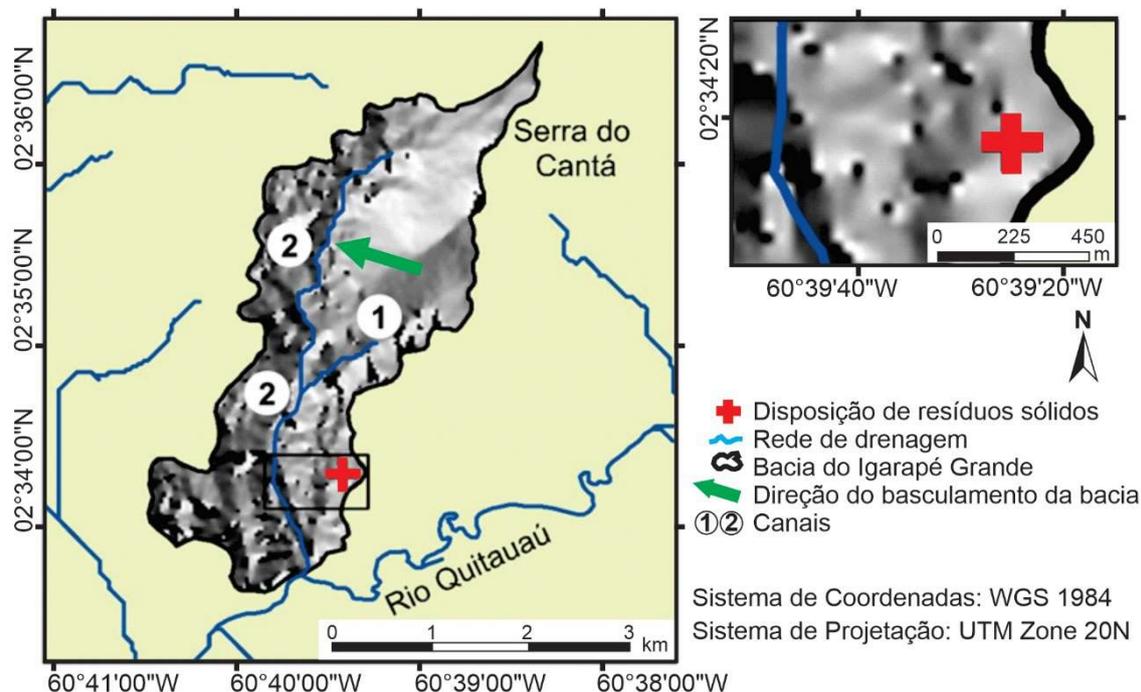


Fonte: Os autores (2024).

Por meio das informações coletadas e dos registros fotográficos, constata-se que a área se classifica também como lixão a céu aberto, conforme as NBR 8.419, 13.896 e 15.849 (ABNT, 1992; 1997; 2010) prescrevem. Além dos aspectos construtivos mencionados, deve-se destacar que a localização da área de alocação de resíduos também é um fator que inviabiliza sua instalação, ou seja, a proximidade com a vizinhança é um aspecto preocupante, considerando-se a presença de poços em propriedades rurais no entorno da cava, que é a forma de abastecimento de água do local.

O local se insere na bacia de drenagem do igarapé Grande, que possui área de 8,77 km² e perímetro de 17,93 km e fator de assimetria de 46,41, basculada sutilmente para a esquerda, e padrão de drenagem predominantemente paralelo. O leve basculamento da bacia associado ao posicionamento da área de disposição de resíduos sólidos nesta porção, pode auxiliar no aprisionamento de um possível fluido contaminador nesta região com tendência de deslocamento para o sul (figura 4).

Figura 4: Delimitação da bacia com altitude no entorno do lixão em relevo sombreado (ângulo azimutal de 315° e zenital de 45°), município de Cantá/RR. Os valores numéricos (1 e 2) indicam a ordem dos canais e a seta verde indica o sentido do basculamento da bacia (1ª e 2ª ordens, respectivamente). O rio Quitauaú é o exutório da Bacia.



Fonte: Os autores (2024).

O curso d'água principal da bacia, igarapé Grande (nome atribuído por moradores do local, sem nomenclatura específica em cartografia oficial), é intermitente e de baixa vazão, que nasce a partir da Serra do Cantá, com sentido predominante NNE-SSW (Figura 4). A área de disposição de resíduos se situa na porção sul da Bacia e nas partes mais baixas, o que faz com que o fluxo de possíveis contaminantes migre mais a sul, no sentido do rio Quitauaú, que possui padrão de drenagem dendrítico e com diversos meandros, indicando forte controle tectônico, conforme observado por Souza e Rosseti (2011) na porção leste da Ilha de Marajó, quando associaram o padrão de drenagem com o meio geológico.

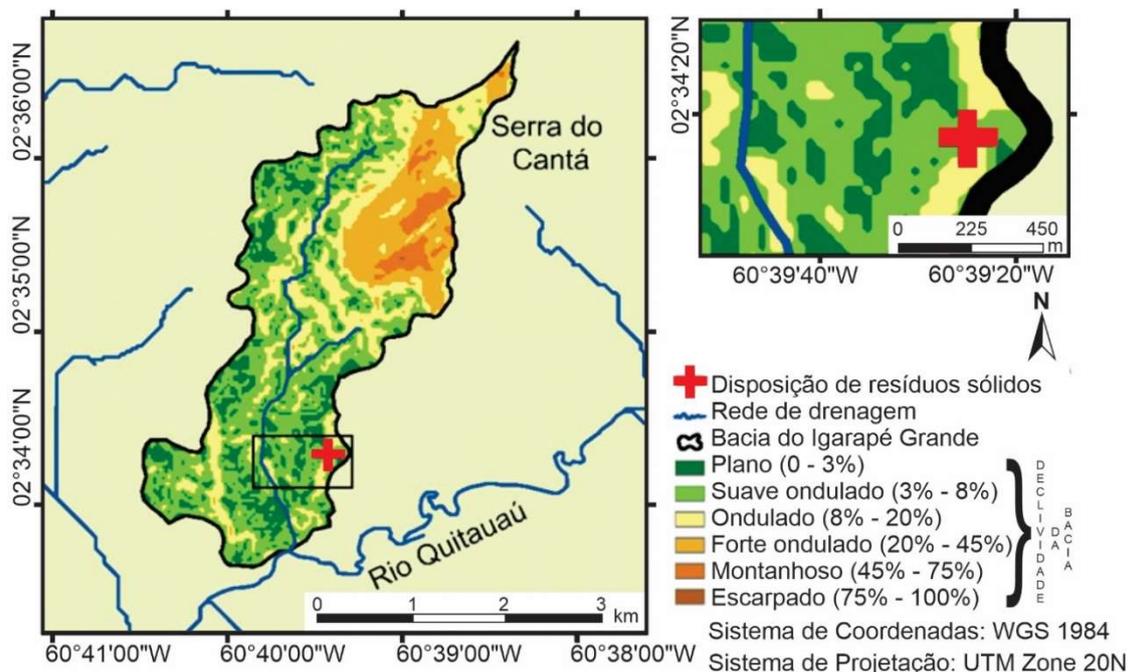
O igarapé Grande possui 5,23 km de extensão e sinuosidade de 1,19, indicando que o canal é predominantemente retilíneo, proporcionando bom transporte de sedimentos. A bacia de drenagem dele é de 2ª ordem e isso indica que o material precipitado na área da bacia interage com, no máximo, dois canais

até chegar ao exutório (no caso em questão, o rio Quitauaú), o que se aplica também a possíveis contaminantes presentes na bacia.

O cálculo dos parâmetros morfométricos permitiu verificar as seguintes características: coeficiente de compacidade de 1,70 e o fator de forma com valor baixo, de 0,25, podendo inferir por intermédio desses parâmetros baixa propensão a enchentes, visto que o fator de forma caracteriza a bacia como alongada e o coeficiente de compacidade superior a 1,50 indica disparidade da geometria da Bacia em relação ao formato circular, sendo estas conclusões reforçadas pelo índice de circularidade de 0,34, indicando fraca similaridade da bacia com um círculo de mesmo perímetro (SILVA et al., 2020).

A bacia também apresenta baixa densidade de drenagem, 0,71 km/km², que pode indicar alta permeabilidade do solo, conforme associação realizada por Villela e Mattos (1975). As vertentes da Bacia são predominantemente classificadas como suave-onduladas a onduladas (8% a 45%), integralizando 65,12% da área (Figura 5), sendo que no entorno da área de disposição de resíduos há vertentes predominantemente onduladas na direção N-S, e tal fato reforça alta tendência a escoamento superficial no mesmo sentido em relação ao rio Quitauaú. A relação de escoamento superficial e declividade também foi observada por Silva et al. (2020) na bacia do Rio Terra Nova (PE).

Figura 5: Mapa de declividade da bacia do igarapé Grande no município de Cantá/RR.

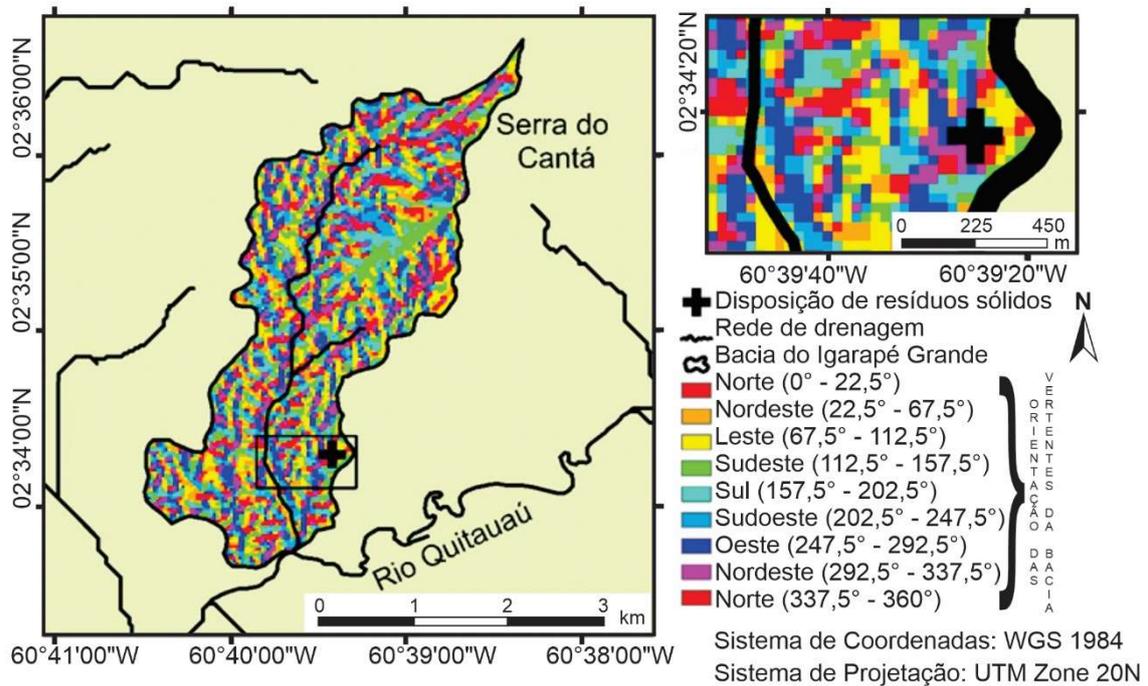


Fonte: Os autores (2024).

No que diz respeito à orientação das vertentes (Figura 6), verificou-se que o somatório das vertentes leste, nordeste, norte, oeste e noroeste contemplam 63,28% da área da Bacia, isto é, a bacia de drenagem do Igarapé Grande tem maior tendência de evapotranspiração, do que conservação de umidade. Ao se analisar a área no entorno da disposição de resíduos, nota-se a predominância de vertentes na direção noroeste e oeste, o que sugere que o fluxo preferencial é nessas direções, e que o processo predominante é o de evapotranspiração ao longo do dia e do ano.

Em síntese, a bacia de drenagem é plana, alongada, com baixa densidade de drenagem, e maior tendência de dispersão de umidade em superfície pela maior incidência solar, compondo um quadro de condicionantes que favorecem o escoamento superficial, o que pode acelerar o fluxo contaminador na direção N-S, no sentido do rio Quitauaú, especialmente na estação chuvosa, com altos volumes de precipitação combinados com a predominância de vertentes onduladas.

Figura 6: Orientação das vertentes da bacia do Igarapé Grande no município de Cantá, RR.



Fonte: Os autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado, constata-se que a área de disposição de resíduos sólidos do município de Cantá se caracteriza como um lixão, e se situa num raio muito próximo (cerca de 250 m) a propriedades rurais que utilizam águas de poços, situada em uma antiga jazida de concreções lateríticas, não se enquadrando nas normas brasileiras no que se caracteriza como meios adequados para disposição de resíduos sólidos.

A caracterização morfométrica evidencia que o fluxo contaminador tem a tendência de migrar no sentido do rio Quitauá, ainda que a cava se situe mais próxima ao igarapé Grande, levando em consideração a altimetria e declividade da bacia, além de se considerar o meio geológico ser arenoso, assentado sobre embasamento cristalino da Suíte Metamórfica do Rio Urubu, o que propicia a tendência de formação de plumas de contaminação trapeadas por zonas mais argilosas, podendo se acumular gradativamente a sul.

Ainda que a área fosse desativada a curto prazo, estudos de monitoramento ainda teriam que ser realizados, visto que propriedades rurais vizinhas utilizam águas de poços e o processo de atenuação natural é paulatino, podendo levar anos para mitigar suas implicações nos parâmetros de potabilidade das águas subterrâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. [S. l.], 22(6), 711-728, 2014.

AMARAL, D. G. P.; LANA, C. E. 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, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR 10004: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15849: Aterros sanitários de pequeno porte: diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BORTOLIN, J. R. M.; MALAGUTTI FILHO, W. Método da eletrorresistividade aplicado no monitoramento temporal da pluma de contaminação em área de disposição de resíduos sólidos urbanos. Engenharia Sanitária Ambiental. Rio de Janeiro, 15(4), 367-374, out./dez. 2010.

BORTOLIN, J. R. M.; MALAGUTTI FILHO, W. Monitoramento temporal da pluma de contaminação no aterro de resíduos urbanos de Rio Claro (SP) por meio do método geofísico da eletrorresistividade. Geologia USP Série Científica. São Paulo, 12(3), 99-113, 2012

CANATA, R. E.; FERREIRA, F. J. F.; STEVANATO, R.; SOUZA FILHO, O. A. de. Integração dos métodos geofísicos de eletrorresistividade, polarização induzida e eletromagnético Aterro Sanitário de Guaratuba-PR. Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba, 74(1), 11-27, 2018.

CARVALHO, T. M. Sistemas e ambientes denudacionais e agradacionais, uma primeira aproximação para o estado de Roraima, norte da Amazônia. ACTA Geográfica. Boa Vista, 8(16), 77-98, 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COKER, A. O.; ACHI, C. G.; SRIDHAR, M. K. C.; DONNETT, C. J. Solid Waste Management Practices at a Private institution of Higher Learning in Nigeria. Procedia Environmental Sciences. [S. l.], 351), 28-39, 2016.

GUIMARÃES, E. N.; SOUZA, L. S. B. Arquitetura geoeletrica do Sistema Aquífero Boa Vista, Boa Vista/RR (porção urbana-zona oeste). São Paulo, UNESP, GEOCIÊNCIAS, 41(1), 151-168, 2022.

GOES, D. A. Contribuição Do Aterro Sanitário Na Gestão De Resíduos Sólidos: Um breve estudo de caso no aterro de Paulo Afonso, BA. Revista Científica da FASETE. Paulo Afonso, 7, 90-105, dez. 2016.

HARE, P. W.; GARDNER, I. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: MORISAWA, M.; HACK, J. T. (Eds.). Tectonic geomorphology. Boston: Proceedings 15. Anais... Annual Binghamton Geomorphology Symposium. Allen and Unwin, 1985.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

LACERDA, H. C.; FONSECA, H. P.; FARIA, A. L. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Xopotó: utilizando imagens PALSAR e Sentinel-2. In: III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, 27 a 29 de agosto de 2018. Anais... Juiz de Fora: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2018.

LADEIRA, L. F. B.; DANTAS, M. E. Compartimentação Geomorfológica. In: HOLANDA, J. L. R.; MARMOS, J. L. M.; MAIA, M. A. M. (Org.). Geodiversidade do estado de Roraima. Manaus: CPRM, 2014.

LORANDI, R.; SANTOS, F. M.; LOLLO, J. A. Processo Investigativo do Potencial de Contaminação de Aquíferos por Atividades Antrópicas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras (SP). *Revista Brasileira de Geografia Física*. Recife, 12(7), 2741-2751, 2019.

MOTTA, P. N. S. D.; GLOAGUEN, T.; SANTOS, M.; FERREIRA, A. T. da S.; MOTTA, T. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Subaé, Bahia, Brasil. *Ambiência*. Guarapuava, 13(2), 470-485, 2017.

PIMENTEL, F. A.; SOUZA, L. S. Análise morfométrica: disposição de resíduos sólidos no município de Alto Alegre, Roraima, Brasil. In: HOLANDA, E. S.; SOUSA, W. de. (Org.). *Semana Ambiental da Amazônia: gestão da água e saneamento*. Campina Grande: Editora Amplla, 1, 86-89, 2023. Disponível em: <<https://ampllaeditora.com.br/books/2023/03/SemanaAmbientalAmazonia.pdf>>. Acesso em: 14/01/2024. 2023.

PIMENTEL, F. A.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, A. F. da.; Morfometria em área de disposição de resíduos sólidos no município de Normandia, Roraima, Brasil. *AIDIS*, 15(3), 1149-1162, 2022. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.3.80788>.

REIS, N. J.; FRAGA, L. M. B. *Geologia do Estado de Roraima*. Manaus: CPRM, 1998.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS FILHO, M. G.; HIRATA, R.; LUIZ, M. B.; CONICELLI, P. B. Solo e águas subterrâneas contaminadas pela deposição de resíduos sólidos urbanos: o caso do vazadouro de Tatuí (SP). *Revista do Instituto Geológico*. São Paulo, 38(1), 31-47, 2017.

SCHAEFER, C. E. G. R. *Ecogeography and human scenario in Northeast Roraima, Brazil*. *Ci. Cult.*, 49, 241-252, 1997.

SILVA, A. C. F.; SILVA, C. W. G. da.; RODRIGUES, E. da S.; GALVÃO, S. R. da S.; CALDAS, A. M. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Terra Nova-PE. *Revista Semiárido De Visu*. Petrolina, 8(1), 3-14, 2020.

SOUZA, L. S. B.; ANDRADE, G. G. Resistividade no entorno do aterro sanitário municipal de Boa Vista, Roraima, Brasil: implicações ambientais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Belém, 13(3), 435-452, 2018.

SOUZA, L. S. B.; ANDRADE, G. G.; MORAES, G. R. Um lixão sob o ponto de vista da geofísica rasa, município de Caracaraí, Roraima, Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*. Caicó, 4(1), 21-41, 2018.

SOUZA, L. S. B.; CARVALHO, F. W. S. 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.*, Belém, 12(1), 91-107, jan./abr. 2017.

SOUZA, L. S. B.; ROSSETTI, D. F. Caracterização da rede de drenagem na porção leste da ilha de Marajó e implicações tectônicas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Brasília, 12(1), 69-83, 2011.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.