

CARTOGRAFIA DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL URBANA EM TEFÉ – AMAZONAS – BRASIL

Hikaro Kayo de Brito Nunes

Universidade do estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Tefé, Tefé, AM, Brasil
hikarobrito@gmail.com

RESUMO

Estudos sobre vulnerabilidade ambiental urbana são necessários para compreender a relação sociedade e natureza em espaços urbanizados. Tal necessidade é ainda mais urgente quando o *locus* está inserido em uma área complexa, como a região amazônica. O estudo que se segue tem como objetivo analisar, a partir da cartografia, da modelagem espacial e da análise integrada da natureza, a vulnerabilidade ambiental da cidade de Tefé (Amazonas/Brasil). Metodologicamente os 80 setores censitários analisados passaram por tratamento estatístico, de análise de imagens de satélite, de expedições de campo para a verificação das nove variáveis adotadas e de elaboração cartográfica (QGis e Google Earth). Os principais resultados apontados revelam que oito setores foram enquadrados como de vulnerabilidade ambiental Baixa, totalizando uma cobertura espacial de 4,53 km², seguido de 23 setores com vulnerabilidade ambiental Alta (2,27 km² de área) e 49 setores de vulnerabilidade ambiental Média (6,4 km² de área). Foi identificado que as principais variáveis que tiveram grande influência estatística foram aquelas associadas ao lixo e esgoto a céu aberto, de riscos (movimentos de massa e inundação) e de cobertura vegetal, esta última variável inclusive expressa a baixa taxa de áreas verdes na cidade.

Palavras-chave: Vulnerabilidade ambiental. Cidade. Amazonas. Tefé.

CARTOGRAPHY OF URBAN ENVIRONMENTAL VULNERABILITY IN TEFÉ – AMAZONAS – BRAZIL

ABSTRACT

Studies on urban environmental vulnerability are needed to understand the relationship between society and nature in urbanized spaces. Such a need is even more urgent when the locus is inserted in a complex area, such as the Amazon region. This study aimed to analyze the environmental vulnerability of the city of Tefé (state of Amazonas/Brazil), using cartography, spatial modeling, and integrated analysis of nature. Methodologically, the 80 census tracts were subjected to statistical treatment, analysis of satellite images, field expeditions to verify the nine variables adopted, and cartographic production (QGis and Google Earth). The main results revealed that eight sectors were classified as having Low environmental vulnerability, totaling a spatial coverage of 4.53 km², followed by 23 sectors with High environmental vulnerability (2.27 km² of area), and 49 sectors of Medium environmental vulnerability (6.4 km² of area). The main variables with high statistical influence were those associated with garbage and open sewage, risks (mass movements and flooding), and vegetation cover, the latter variable also expressing the low rate of green areas in the city.

Keywords: Environmental vulnerability. City. Amazonas. Tefé.

INTRODUÇÃO

Com o acelerado processo de expansão urbana que na maioria das vezes não leva em consideração as características físico-naturais do espaço, a geração e a intensificação de cenários de riscos e vulnerabilidades ambientais tornam mais complexa a relação sociedade e natureza, uma vez que atividades antrópicas são realizadas em detrimento às limitações naturais, a exemplo de terrenos naturalmente vulneráveis.

A sociedade atual é exposta a uma infinidade de riscos (HASSAN, et al. 2020; ZHANG; LIU, 2021), de modo que estes veiculam características que geram prejuízos à população direta ou indiretamente envolvida, seja pelo aumento populacional, seja pela ocupação de áreas inadequadas ou pela própria condição socioeconômica e ambiental. Diante disso, estudos sobre vulnerabilidade ambiental tornam-se importantes

instrumentos de investigação do espaço geográfico, além de contribuir para o planejamento por meio de uma análise integrada do ambiente.

Em decorrência do crescimento desses espaços e a conseguinte espacialização da população, há um progressivo aumento de exemplos de degradação ambiental associado ao desigual acesso e parcelamento do solo devido às ações e propostas do estado e ainda dos empreendedores privados. Destarte, a significativa geração de riquezas pelos sistemas sociais acompanham, de acordo com Cidade (2013), crises econômicas, crescimento da pobreza e intensificação de efeitos relacionados a eventos perigosos, e que, de forma crescente, a existência do risco tende a se reproduzir em múltiplas possibilidades de graus e combinações.

A vulnerabilidade é apresentada como conceito temporal e geoespacial (SZEWRANSKI; KASAK, 2020), multidimensional (BIRKMANN; WISNER, 2006) e integrador (DESCHAMPS, 2008) e que, conforme Ross (2006), está inserido em uma perspectiva de que a natureza e a sociedade apresentam funcionalidade intrínseca, e, para alcançar esse nível de compreensão, faz-se necessária a realização de uma análise integrada que permita discutir a relação sociedade-natureza, seus riscos e vulnerabilidades. Acrescenta-se a necessidade de se compreender as dinâmicas atuantes no processo de usos e ocupação da terra, principalmente quando se compartilha a ideia de que a natureza é social e historicamente construída (SUERTEGARAY, 2021).

Dessa maneira, a sociedade, quando se apropria do território e dos recursos naturais ali existentes, interfere consideravelmente nos fluxos energéticos e, conseqüentemente, na integridade e funcionalidade dos sistemas ambientais (ROSS, 2006; FEIL; SCHREIBER; TUNDISI, 2015). Assim, os problemas relacionados a essa dinâmica intensificam-se principalmente com a ocupação desordenada de áreas com maior vulnerabilidade ambiental, a exemplo de encostas e de leitos de rios.

Daí a necessidade de se compreender como se caracteriza a vulnerabilidade ambiental (e suas tipologias) na cidade de Tefé (Amazonas), uma vez que é possuidora de características físico-naturais particulares principalmente relacionadas à drenagem superficial, subsuperficial e às características geomorfológicas (considerando os táxons 3º, 4º e 5º da proposta de Ross, 1992) e à relação com as formas de uso e ocupação dessas áreas.

Tefé é um município possuidor de uma população de 73.669 habitantes (IBGE, 2022), com parte considerável que ocupa a área urbana, dividida em uma série de bairros a exemplo do Centro, Jerusalém, Monte Castelo, Abial e Santa Rosa.

Dentro desse bojo conceitual, a cidade é definida de múltiplas formas, enquanto espaços hegemônicos e palco de produções e trocas complexas, diversidade funcional e complexidades (BRUNET; FERRAS; THÉRY, 1993; SANTOS, 1994; PUMAIN; PAQUOT; KLEINSCHMAGER, 2006) de modo que a vulnerabilidade ambiental em cidades é tida como uma sobreposição simultânea de aspectos ambientais e sociais em um dado recorte temporal (CONFALONIERI, 2003; VEYRET, 2007; SZEWRANSKI; KASAK, 2020; NAN; HAN; WANG, 2022), sobretudo quando se coloca em discussão tal aplicabilidade em uma região complexa em suas variáveis ambientais, culturais, sociais, econômicas e institucionais, como a Amazônica (GONÇALVES, et al, 2014; SILVA, 2019; NUNES; AQUINO, 2022; SILVA, 2022). Intrínseco a isso, este estudo tem como objetivo analisar, a partir da cartografia, da modelagem espacial e da análise integrada da natureza, a vulnerabilidade ambiental da cidade de Tefé (Amazonas/Brasil).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A cidade de Tefé está localizada no município, Região Geográfica Intermediária e Região Geográfica Imediata homônimas (IBGE, 2017). Possui uma área urbana de aproximadamente 13,2 km² (cerca de 0,05% da área municipal) estando inserida na Região de Influência de Manaus (Metrópole 1C) da qual dista aproximadamente 524 km em linha reta e 630 km por vias fluviais (rio Tefé e rio Solimões), principal meio de conexão entre as cidades do interior do Amazonas (IBGE, 2018; Google Earth Pro, 2023).

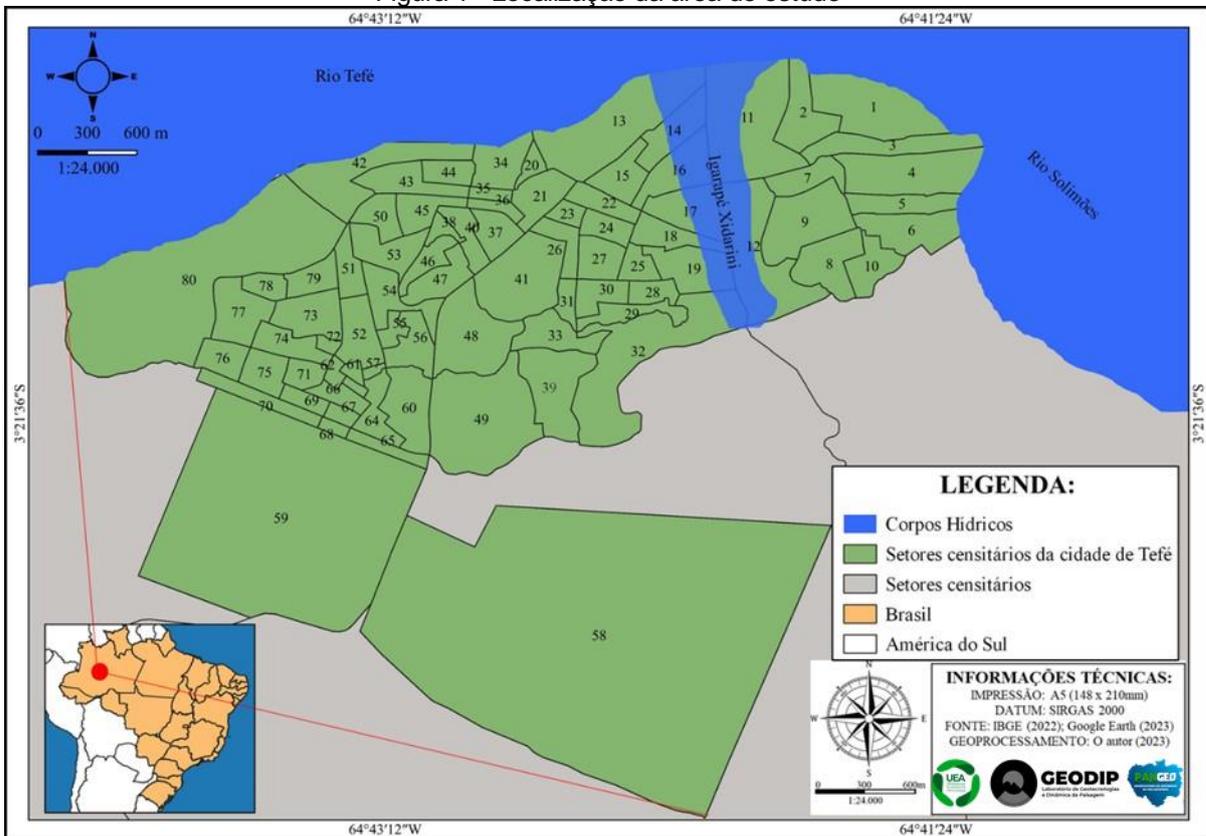
Considerando as especificidades no que se refere à ausência e/ou desatualização de dados, bem como a inconsistência do limite entre bairros e da importância do uso dos setores censitários enquanto recorte territorial, julgou-se oportuno, neste estudo, fazer uso dos setores censitários localizados no espaço urbano e entorno da cidade de Tefé (Figura 1) enquanto área de estudo. Conforme IBGE (2011, p. 3), tais setores são definidos como a “menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área

urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País”.

Em se tratando das características físico-naturais da área de estudo, geologicamente está assentada na Formação Içá (Bacia Sedimentar do Amazonas), datada do Pleistoceno e composta por arenitos de origem fluvial, de pouco consolidados a inconsolidados (MOTTA, 2008; MAIA; MARMOS, 2010), que sustentam geomorfologicamente as Planícies e Terraços Fluviais e os Tabuleiros Dissecados, que, juntos, possuem cotas altimétricas entre 30 e 46 metros (CPRM, 2015; NUNES, 2022), que, dentre inúmeros fatores, auxiliam no escoamento superficial e subsuperficial, sobretudo na localização da área de estudo na margem direita do rio Tefé, importante tributário no Médio Curso do rio Solimões.

A vista disso, a interação entre os elementos geológicos, geomorfológicos, climáticos (com atuação da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, a circulação de Hadley e Walker, o Alta da Bolívia - AB, a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, os Sistemas Frontais e as Linhas de Instabilidade, conforme Aleixo e Silva Neto, 2019) influencia diretamente na complexidade físico-natural local, em que pese a situação de que mesmo presente no interior do Domínio Amazônico (AB'SABER, 2003), a cidade possui baixa cobertura vegetal urbana em 2019 de apenas 10,29%, conforme IBGE (2019).

Figura 1 - Localização da área de estudo



Organização: o autor (2023)

Foram elencados 80 setores censitários que abrangem os 20 bairros da cidade. O código de todos os setores censitários foi alterado com vistas ao melhor tratamento metodológico, uma vez que o código original (IBGE) possui 15 dígitos (UFMMMMMDDSDSSSS, em que: UF – Unidade da Federação MMMMM – Município DD – Distrito SD – Subdistrito SSSS – Setor), sendo sintetizado para apenas dois dígitos (SS, em que SS: Setor), especializados ainda a partir da divisão de bairros e entorno, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Código interno de tratamento para identificação dos setores censitários

CIn	CIB	B	CIn	CIB	B	CIn	CIB	B
1	130420305000024	Abial	28	130420305000015	Santa	55	130420305000088	São
2	130420305000023		29	130420305000026	Luzia	56	130420305000089	Raimundo

3	130420305000103		30	130420305000016		57	130420305000118	Jerusalém	
4	130420305000148	Colônia Ventura	31	130420305000104	Monte Castelo	58	130420305000114	Espaço periurbano	
5	130420305000150		32	130420305000117	Vila Nova	59	130420305000110		
6	130420305000149		33	130420305000116	Nossa Senhora de Fátima	60	130420305000031	Santa Rosa	
7	130420305000151		34	130420305000080	Juruá	61	130420305000122	Jerusalém	
8	130420305000162		35	130420305000100		62	130420305000092	Nova Esperança	
9	130420305000163		36	130420305000012	São Francisco	63	130420305000121	Santa Rosa	
10	130420305000152		37	130420305000011	São José	64	130420305000090		
11	130420305000013		Abial	38	130420305000102	São José	65	130420305000113	Nova Esperança
12	130420305000125		Colônia Ventura	39	130420305000016	Jardim Lara	66	130420305000091	Multirão
13	130420305000005		Centro	40	130420305000019	São Francisco	67	130420305000107	
14	130420305000079	Centro	41	130420305000018	Monte Castelo	68	130420305000112	São João	
15	130420305000007	Centro	42	130420305000084	Juruá	69	130420305000032		
16	130420305000006	Centro	43	130420305000022		70	130420305000111		
17	130420305000099	Olarias	44	130420305000085		71	130420305000119		
18	130420305000008		45	130420305000021		72	130420305000123		
19	130420305000014	Santo Antônio	46	130420305000082	São José	73	130420305000033	Fonte Boa	
20	130420305000115	47	130420305000081	74		130420305000093			
21	130420305000004	Santa Rosa	48	130420305000101	Monte Castelo	75	130420305000161	São João	
22	130420305000001	Centro	49	130420305000017	Jardim Lara	76	130420305000108		
23	130420305000098		50	130420305000083	Juruá	77	130420305000109		Fonte Boa
24	130420305000002		51	130420305000029	Jerusalém	78	130420305000106	Fonte Boa	
25	130420305000009	Santo Antônio	52	130420305000028		79	130420305000105	Fonte Boa	
26	130420305000003	Monte Castelo	53	130420305000020	São José	80	130420305000172	Espaço periurbano	
27	130420305000010	Santo Antônio	54	130420305000027	São Raimundo				

Legenda: C.In. = Código Interno; C.IB = Código IBGE; B = Bairros. Organização: o autor (2023)

Procedimentos metodológicos

Obtida por meio da quantificação de problemas e riscos ambientais situados em cada setor censitário, a Vulnerabilidade Ambiental recorreu inicialmente aos procedimentos metodológicos adotados por Nunes (2017) e Nunes e Aquino (2018), com adaptações, nas etapas do Método Expedido e do Check-List, baseada ainda em estratégias utilizadas em Moraes et al. (2016) e Almeida, Reis e Mendonça (2017) a respeito da abordagem integrada nas atividades de campo, sustentadas teoricamente nas concepções teóricas de Ab'Saber (1969) e Tricart (1977) em torno da análise integrada do ambiente. Foram trabalhadas nove variáveis de vulnerabilidade ambiental (Quadro 2) considerando olhar empírico, utilização de imagens de satélite e análises documentais, com respectivas caracterizações e pesos atribuídos em cada classe.

Quadro 2 - Síntese das descrições, características e pesos correspondentes a cada classe das variáveis de vulnerabilidade ambiental

VARIÁVEIS E DESCRIÇÃO		CARACTERÍSTICA	PESO
Cobertura vegetal (Variável 1)	A cobertura vegetal protege o solo da intensidade da água originária da chuva, minimizando a desagregação do solo e diminuindo o carreamento de partículas para os corpos hídricos deixando-o com turbidez mais acentuada.	Baixa (menos de 30% do setor)	3
		Média (entre 30% e 70% do setor)	2
		Alta (acima de 70% do setor)	1

Adensamento populacional/residencial (Variável 2)	Relaciona-se com a distribuição e nível de ocupação em cada setor censitário, além de ajudar a identificar os setores que estão potencializando a vulnerabilidade ambiental	Baixa (menos de 30% do setor)	1
		Média (entre 30% e 70% do setor)	2
		Alta (acima de 70% do setor)	3
Proximidade com corpos hídricos (Variável 3)	Processos como enchentes, inundações, veiculação hídrica, assoreamento e processos erosivos são atuantes nessa variável.	Inexistente (ausência de corpo hídrico)	0
		Baixa proximidade (apenas 01 corpo hídrico de pequeno tamanho)	1
		Média proximidade (acima de 01 corpo hídrico de pequeno tamanho)	2
		Alta proximidade (corpo hídrico de extenso tamanho somado à presença, ou não, de outro corpo hídrico)	3
		Muito alta proximidade (rio Tefé e rio Solimões)	4
Respeito às APPs (Variável 4)	Essa variável articula-se com a lei nº 12.651/2012 e demonstra a respeitabilidade das APPs fluviais (rio Tefé, rio Solimões, Igarapé Xidarini, dentre outros) frente à ocupação urbana e atividades produtivas.	Inexistência	0
		Boa (atendimento à legislação)	1
		Regular (atendimento básico da legislação)	2
		Ruim (sem atendimento à legislação)	3
Presença de bancos de areia (Variável 5)	Sua formação é a partir do transporte natural de sedimentos, entretanto, quando da ocupação desordenada das áreas marginais e retirada da vegetação, há aumento do carreamento de material e, quando da sua acumulação, formam-se bancos de areia.	Inexistente	0
		Existente	1
Riscos de inundação (variável 6)	Associadas à dinâmica natural e às formas de ocupação do espaço geográfico, principalmente quando da ocupação de áreas ribeirinhas e áreas de encostas.	Inexistente	0
Riscos de movimentos de massa (variável 7)		Existente	1
		Inexistente	0
		Existente	1
Lixo a céu aberto (variável 8)	Associado à questão de saneamento básico, essas variáveis, quando encontradas, evidenciam o grau de exposição dos moradores a riscos ambientais e de saúde pública.	Pouco visível	1
		Visível em alguns pontos	2
		Facilmente visível	3
Esgoto a céu aberto (variável 9)	Associado à questão de saneamento básico, essas variáveis, quando encontradas, evidenciam o grau de exposição dos moradores a riscos ambientais e de saúde pública.	Pouco visível	1
		Visível em alguns pontos	2
		Facilmente visível	3

Fonte: adaptado de Nunes (2017) e Nunes e Aquino (2018).

Em relação aos métodos Expedito e Check-List, foi elaborada uma planilha para subsidiar as incursões a campo (olhar empírico) principalmente para a quantificação das variáveis relacionadas aos riscos de inundação e de movimentos de massa, bem como aquelas voltadas ao lixo e ao esgoto a céu aberto.

Importante salientar que a mesma planilha foi utilizada para a quantificação das demais variáveis, agora com auxílio de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth Pro. Estas variáveis (a exemplo da cobertura vegetal, adensamento populacional/residencial, proximidade com corpos hídricos, respeito às APPs, presença de bancos de areia) foram obtidas junto a imagens de satélite, fontes documentais e incursões a campo), realizando a quantificação (peso) para cada variável e setor censitário, contribuindo metodologicamente para a importância deste procedimento enquanto instrumento quali-quantitativo da vulnerabilidade ambiental.

Para a confecção desse índice, fez-se necessário o emprego de mapas temáticos (base cartográfica ambiental em formato vetorial e raster) e, posteriormente, manipulação de softwares (QGIS, versão 3.32 Lima) para a classificação e atribuição de valores em relação ao grau e à vulnerabilidade ambiental. Depois de elaborado o mapeamento (com auxílio de imagens de satélites disponibilizadas pelo Google Earth Pro (CNES/Airbus e LandSat) com datas diferentes – o que não prejudicou o alcance do objetivo –, em virtude da grande quantidade de nuvens o que dificultou, em parte, a interpretação das imagens) para cada variável considerando a análise multivariada (AZEVEDO, et al. 2019), foram aplicadas a análise fatorial (ATAÍDE, et al., 2022) e a técnica de cluster (NUNES, 2017) para, respectivamente, tratar e analisar o conjunto de variáveis de um mesmo objeto reduzindo os números de variáveis iniciais; e classificar os resultados heterogêneos em grupos ou classes, a exemplo da vulnerabilidade ambiental “Alta” (soma dos pesos entre 16 e 19), “Média” (soma dos pesos entre 12 e 15) e “Baixa” (soma dos pesos entre 07 e 11) para a definição do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cobertura vegetal (variável 1) e adensamento populacional (variável 2)

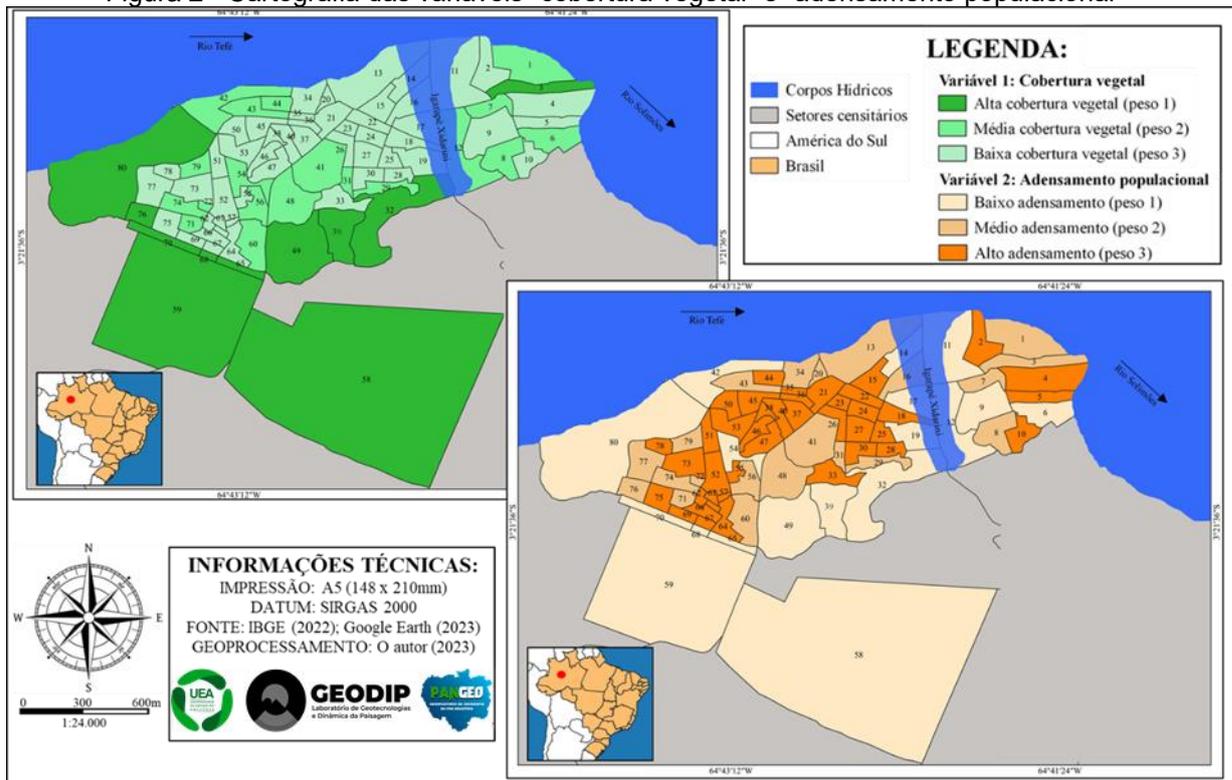
A cobertura vegetal é um importante indicador para o IVA uma vez que, levando em consideração a tipologia da área (Floresta Amazônica), imputa valiosas contribuições analíticas, dado que, pela área de estudo constituir-se em um espaço urbano, há diferenças nas formas de cobertura da terra, atrelado à baixa cobertura vegetal (áreas verdes) no espaço urbano, fato que, por si só, remete à problemática ambiental urbana. Por mais que a vegetação sofra influências de fatores distintos, como os climáticos, econômicos, pedológicos e hidrográficos, esta atua na estabilização de processos (erosão, por exemplo), na melhoria do clima (a depender da escala climática, neste caso microclima e o conforto térmico), capacidades de infiltração e escoamento, dentre outros fenômenos que atuam superficialmente e subsuperficialmente.

Em “Baixa” cobertura vegetal, foram identificados 51 setores (2, 4, 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 73, 75, 77 e 78), concentrados principalmente na área central e na periferia urbana localizada na porção sudoeste da cidade, no agrupamento dos bairros Nova Esperança, Multirão e São João. Em “Média” cobertura vegetal, 19 setores (1, 6, 7, 8, 12, 29, 31, 41, 42, 43, 44, 48, 54, 56, 60, 71, 72, 74 e 79) foram identificados, fazendo limite ora com os espaços periurbanos, ora com alguns canais fluviais de significativo tamanho, a exemplo dos setores 12 (margem o Igarapé Xidarini), 42 (rio Tefé) e 6 (rio Solimões). Identificados como de “Alta” cobertura vegetal, foram encontrados 11 setores (3, 32, 39, 49, 58, 59, 65, 68, 70, 76 e 80), distribuídos nos espaços periurbanos da cidade (vetores sul e sudeste) e com significativo tamanho, a exemplo do 58 e do 59, onde estão localizados respectivamente o Aeroporto Regional de Tefé e a Estrada das Missões.

No que diz respeito ao adensamento populacional, configuram-se aqueles setores com grande ocupação urbana, verificando, neste caso, que as transformações urbanas geradas por tal ocupação possibilitam a intensificação de população exposta a determinadas vulnerabilidades, somadas à ausência e/ou deficiência de infraestrutura urbana, evidenciando cenários de segregação espacial, exclusão social e complexidades urbanas.

Na classe de “Baixo” adensamento populacional, foram incluídos 18 setores (6, 9, 11, 12, 14, 17, 19, 32, 39, 42, 49, 54, 58, 59, 65, 65, 70 e 80) concentrados na porção sudoeste e sudeste, tal qual a classe de “alta cobertura vegetal”. Já em “Médio” adensamento populacional, 20 setores (1, 3, 7, 8, 13, 16, 20, 29, 31, 34, 41, 43, 48, 56, 60, 71, 74, 76, 77 e 79) foram classificados em áreas isoladas e de transição entre “Baixo” e “Alto” adensamento populacional – este último com 41 setores (2, 4, 5, 10, 15, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 73, 75 e 78) – em grupo de bairros formados pelo São Raimundo, São José, Colônia Ventura e São Francisco. A cartografia das variáveis 1 e 2 é verificada na Figura 2.

Figura 2 - Cartografia das variáveis “cobertura vegetal” e “adensamento populacional”



Organização: o autor (2023)

De maneira imbricada, em muitos setores os valores atribuídos à cobertura vegetal e ao adensamento populacional são inversamente proporcionais, quando analisadas as classes “Alta(o)” e “Baixa(o)”. Em estudo de Lopes, Aleixo e Silva Neto (2019, p. 263), foi identificada a existência de ilha de calor na área urbana de Tefé, anomalia essa “de condições sinóticas estáveis, é superior a 6°C, classificada como muito forte”. Esse valor, associado às supracitadas variáveis, ilustra a complexidade e grau de exposição da cidade frente à vulnerabilidade ambiental, que tende a diminuir à medida que há o aumento da cobertura vegetal, principalmente nos espaços periurbanos em virtude do conforto térmico e qualidade ambiental.

Proximidade com corpos hídricos (variável 3) e respeito às APPs (variável 4)

Naturalmente os corpos hídricos são elementos que auxiliam na expressividade da vulnerabilidade ambiental, tendo em vista a possibilidade de existência de processos como inundação, enchente e alagamentos, além de erosão de margens, ocupação das áreas ribeirinhas e receptor de esgoto doméstico *in natura*. No tocante à cidade de Tefé, esta possui densa rede hídrica superficial com dois rios principais e inúmeros igarapés, muitos destes inclusive que passaram por antropização, como aterramento e retificação, o que dificulta o mapeamento, realizado por meio de atividades de campo e de análise de imagens de satélite para uma reconstituição preliminar dos corpos hídricos. Diante disso, foram identificados 32 setores com ausência de corpo hídrico em sua área (15, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 35, 36, 38, 40, 45, 46, 47, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 62, 66, 67, 71, 74, 75, 76, 77, 78 e 79), localizados na área central da cidade, com cota altimétrica entre 47 e 58 m.

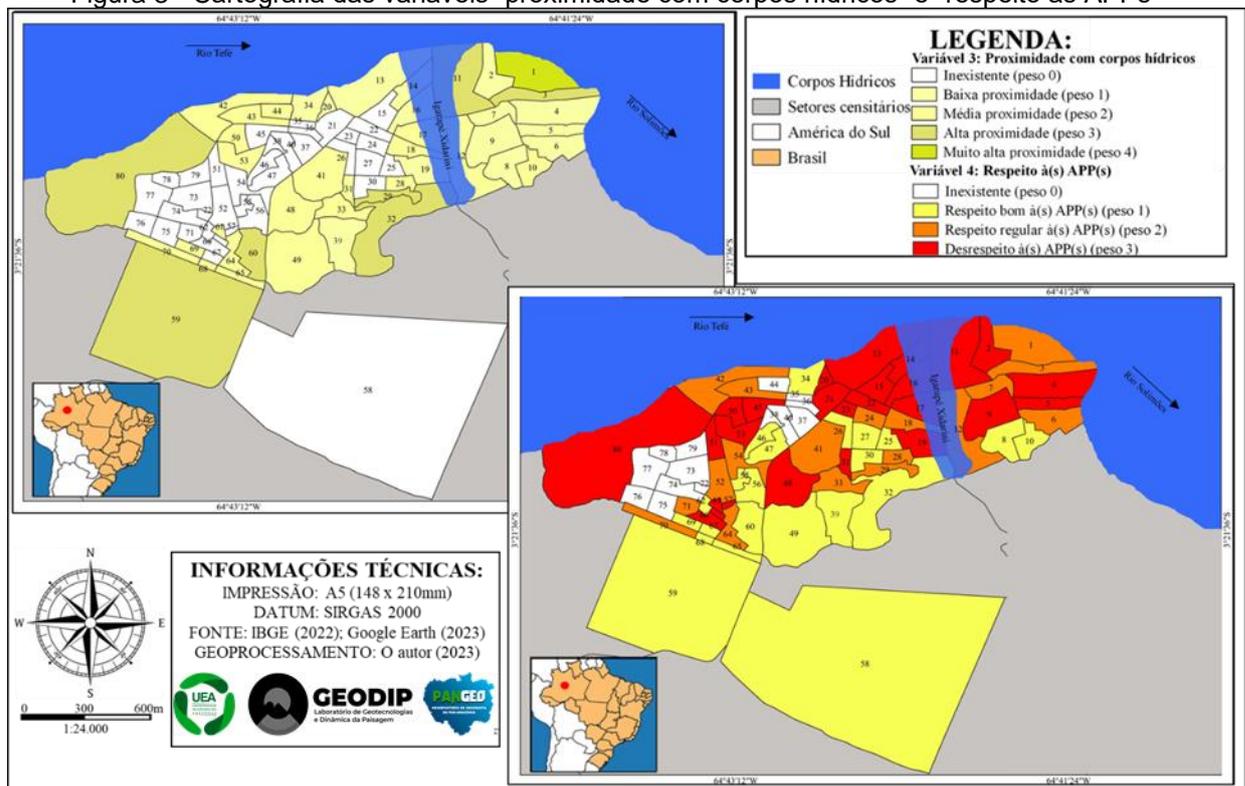
Em “Baixa” proximidade, foram identificados dez setores (31, 33, 41, 48, 61, 64, 65, 68, 69 e 70) que possuem apenas um corpo hídrico de pequeno tamanho, a exemplo do setor localizado no bairro Monte Castelo. Com “Média” proximidade, 23 setores foram identificados (2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 28, 34, 42, 43, 44, 50 e 53) como aqueles que possuem acima de um corpo hídrico de pequeno tamanho, a exemplo da existência de dois canais fluviais em um setor localizado no bairro Nossa Senhora de Fátima. Como “Alta” proximidade estão os sete setores (3, 11, 29, 32, 59, 60 e 80) que possuem um corpo hídrico de extenso tamanho somado à presença, ou não, de outro corpo hídrico, como o setor 11 (bairro Abial) que margeia tanto o rio Tefé quanto o Igarapé Xidarini, inclusive com a existência do Furo do Abial e o 80 (espaço periurbano) que margeia o rio Tefé. Em “Muito Alta”

proximidade apenas o setor 1 foi identificado, tendo em vista ser drenado tanto pelo rio Tefé quanto pela influência morfológica do rio Solimões por meio do Paraná do Panamim.

Em relação às APPs fluviais, levou-se em consideração os limites impostos pela lei nº 12.651/2012. Inicialmente foram identificados os cursos fluviais que drenam a área de estudo realizando medições (por imagem de satélite) de suas larguras e aplicando o exposto na legislação. O rio Tefé possui na área uma largura entre 800 m e 7,9 km, e em época de cheia o Igarapé Xidarini possui largura aproximada de 514 m, daí a aplicação, nesses casos, da existência de mata ciliar entre 200 m e 500 m, respectivamente. Os demais canais fluviais da cidade possuem largura que expressam mata ciliar de até 50 m.

Na classe “Inexistência de APP”, foram identificados 14 setores (35, 36, 37, 38, 40, 44, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78 e 79) em sintonia com o mapeamento de corpos hídricos. Em “Bom” respeito às APPs 23 setores (8, 10, 25, 26, 27, 30, 32, 34, 39, 46, 47, 49, 55, 56, 58, 59, 62, 65, 67, 68 e 69) principalmente localizados nos espaços periurbanos sul e sudeste. Em respeito a “Regular”, 18 setores foram alocados nesta classe, sendo os seguintes: 1, 3, 6, 7, 12, 18, 24, 28, 29, 33, 41, 42, 43, 52, 54, 64, 70 e 71; ao passo que na classe “Desrespeito” 26 setores foram identificados (2, 4, 5, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 31, 45, 48, 50, 51, 53, 57, 61, 66, 67 e 80), estes últimos concentrados principalmente no grupamento de bairros compostos pelo Centro, Santa Rosa e Olaria, além do Abial, São José e Juruá. A cartografia das variáveis 3 e 4 é verificada na Figura 3.

Figura 3 - Cartografia das variáveis “proximidade com corpos hídricos” e “respeito às APPs”



Organização: o autor (2023)

Importante compreender que a proximidade com corpos hídricos é algo inerente à região amazônica, a julgar pela sua extensa rede de mananciais, o que contribuiu para a formação de inúmeras cidades e que deixa a população vulnerável aos comportamentos dinâmicos (cheia e vazante) da água, como ilustrado em notícias de jornal – “Seca faz rio Solimões ‘desaparecer’ em comunidade do AM e travessia pode ser feita a pé” (G1 AM, 2022); “Tefé tem rios transformados em faixas de areia” (BNC Amazonas, 2022) e “Seca expõe a dependência econômica de municípios no Amazonas” (Amazonas Atual, 2023) – realidade apresentada como parte da vulnerabilidade do território, conforme Queiroz (2021).

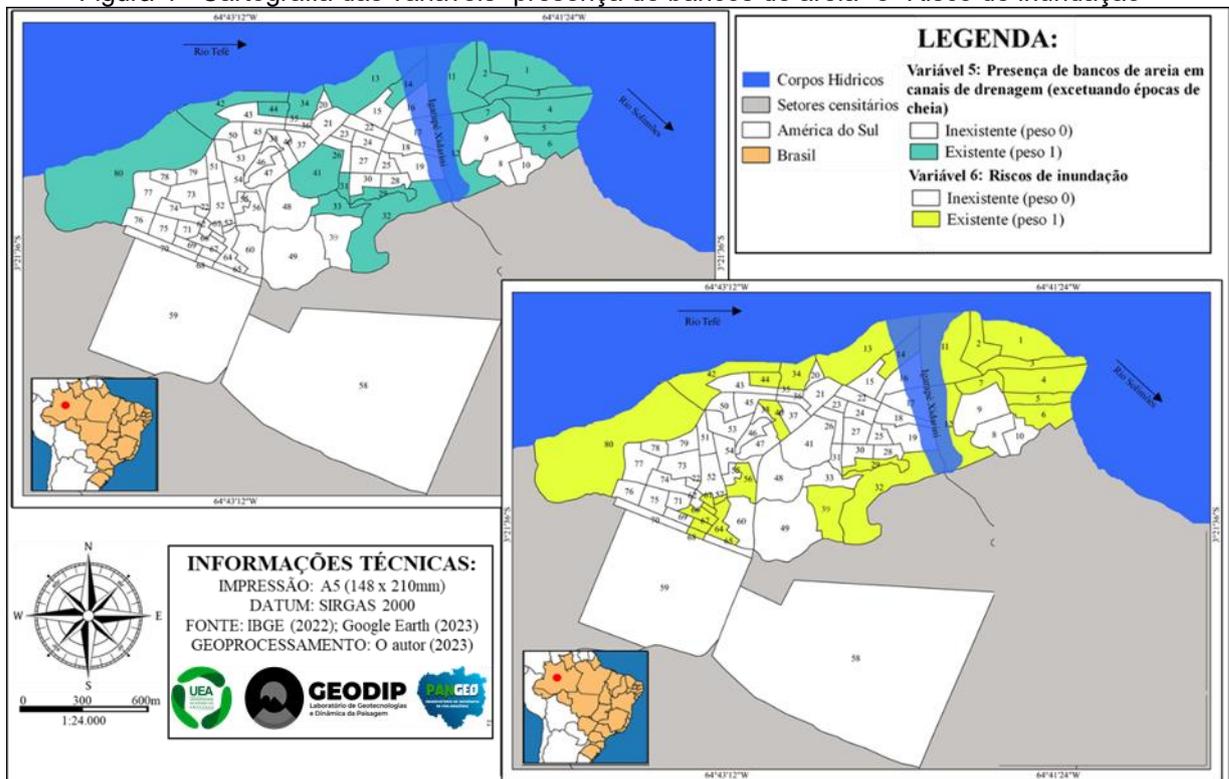
Presença de bancos de areia (variável 5) e risco de inundação (variável 6)

A presença de bancos de areia ao longo de canais de drenagem (excetuando as épocas de cheias) contribui para mudanças no padrão de escoamento, além de afetar consideravelmente o cotidiano da cidade – presença de praias (como a da Ponta Branca e a da Juliana, nos setores 13 e 42, respectivamente), alteração hidrodinâmica, mudanças no fluxo de passageiros e mercadorias por vias fluviais, bem como no descarte inadequado de resíduos sólidos –, sedimentos estes caracterizados por serem depósitos aluvionares de arenitos finos a médios e de coloração esbranquiçada e amarelada. Em grande parte, essa descrição refere-se aos setores que margeiam o rio Tefé e o Paraná do Panamim/rio Solimões, sendo os setores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 34, 42, 44 e 80, além dos achados em canais fluviais nos setores 29, 31, 32, 33 e 41, totalizando 20 setores.

Importante destacar que os setores afastados, onde foram identificados bancos de areias dentro do canal estão localizados nos bairros Monte Castelo, Nossa Senhora de Fátima, Vila Nova e Santa Luzia, tendo a gênese desses depósitos associados também à atuação antropogênica (aterros, restos de construção civil, dentre outros artefatos).

Sobre a presença de riscos de inundação, 26 setores (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 29, 32, 34, 39, 40, 42, 44, 56, 57, 61, 64, 65, 66, 67, 68 e 80) foram classificados. Destes, a grande maioria está localizada em áreas de planícies e terraços fluviais do rio Tefé e suas conexões com o Igarapé Xidarini e com o Paraná do Panamim/rio Solimões, em sintonia com a presença de depósitos aluvionares e de solos hidromórficos mal drenados, com cotas altimétricas entre 26 e 47 m. Há ainda outros processos de inundação que estão associados a igarapés dentro da cidade, somatizados pela pressão urbana, a exemplo do afluente esquerdo do Xidarini que perpassa os bairros Nossa Senhora de Fátima, Vila Nova, Santa Luzia e Monte Castelo, além do conjunto de setores localizados nos bairros Nova Esperança, Santa Luzia, Jerusalém e Fonte Boa em que há processos hidrodinâmicos no igarapé Santa Rita. De acordo com Andretta e Callegario (2022), em relatório técnico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), existem aproximadamente 567 imóveis e 2.268 pessoas expostas a Alto e Muito alto risco de inundação. A cartografia das variáveis 5 e 6 é verificada na Figura 4.

Figura 4 - Cartografia das variáveis “presença de bancos de areia” e “Risco de inundação”



Organização: o autor (2023)

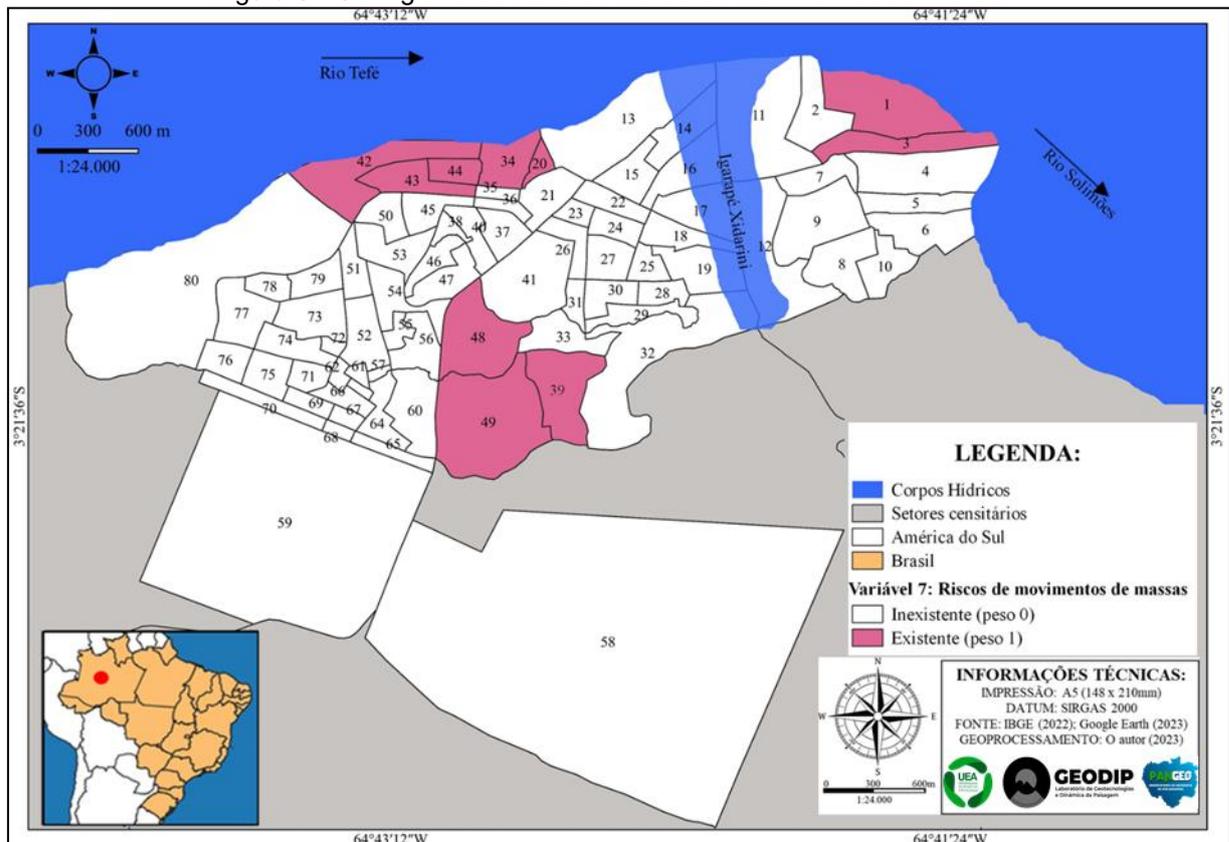
Em todos esses setores, há presença de residências dentro dos canais fluviais além de lançamento de dejetos e lixos diretamente no manancial, sendo observadas inclusive marcas (na parede) das últimas cheias, evidenciando a problemática dos eventos danosos.

Risco de movimentos de massa (variável 7)

No que diz respeito aos riscos de movimentos de massa, dez setores foram identificados (1, 3, 20, 34, 39, 42, 43, 44, 48 e 49) abrangendo bairros como Abial, Juruá, Santa Rosa, Jardim Lara e Monte Castelo. Os setores 1 e 3 (Abial, rua Copacabana e entorno), por exemplo, há encosta declivosa (± 14 de altura) com testemunhos de movimentos de massas pretéritos de tipologias enquadradas em deslizamento planar e terras caídas (BANDEIRA, et al., 2018; QUEIROZ; ALVES, 2021). Chagas, Lima e Rabelo (2022) se atentaram para a percepção de risco nesta área. Nos setores 34, 42, 43 e 44, a presença de alta declividade dentre outros processos superficiais e subsuperficiais desencadeou grande movimento de massa (avenida Juruá x rua Wilson Campos). Na área há ravina, terra caída e rastejo. Cabe ressaltar que em levantamentos anteriores da CPRM a área já estava como de risco com a presença de trincas, rachaduras e muros embarrigados, indícios de movimentação do terreno.

Nos setores 49 e 39 (ambos no Jardim Lara), foram identificados, respectivamente, rastejo em área marginal a um condomínio e solapamento de margem de um igarapé, tal como o setor 48 (Monte Castelo). No setor 20 (bairro Santa Rosa) há ravinas e deslizamento planar, inclusive com exposição de encanamentos de água e existência de postes e cercas tortos. A cartografia da variável 7 é verificada na Figura 5.

Figura 5 - Cartografia da variável “riscos de movimentos de massa”



Organização: o autor (2023)

De acordo com Andretta e Callegario (2022), em relatório técnico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), existem aproximadamente 243 imóveis e 972 pessoas expostas a Alto e Muito alto risco de movimentos de massa. O lançamento e vazamento de água e esgoto, bem como o descarte inadequado de lixo e a supressão vegetal ampliam a complexidade da área, caracterizada em muitos casos pela presença de sedimentos inconsolidados.

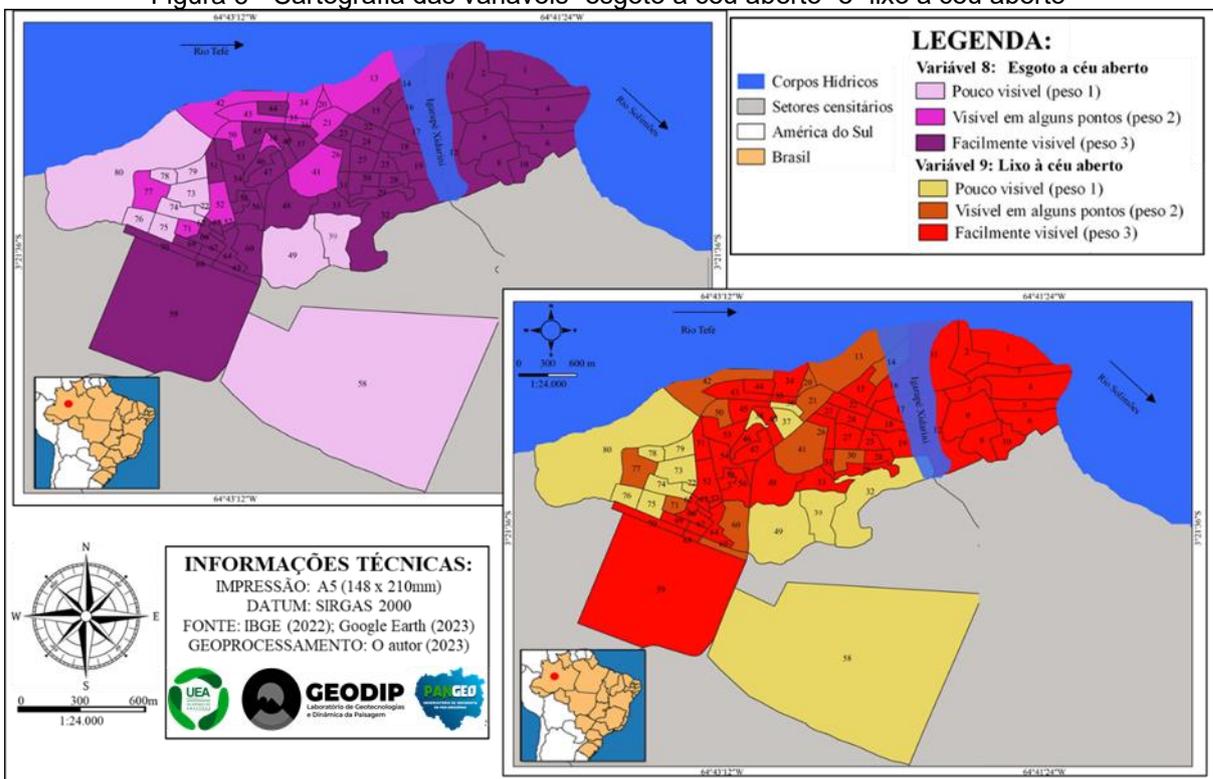
Esgoto a céu aberto (variável 8) e lixo a céu aberto (variável 9)

O saneamento básico é um importante indicador de controle, mitigação ou exposição de vulnerabilidade ambiental, variáveis como esgoto e lixo a céu aberto constituem fortes ameaças e grandes desafios para a saúde da população e o equilíbrio ecológico local, que, infelizmente, é um retrato estrutural brasileiro. Uma pesquisa divulgada em março de 2023 alerta que 100 milhões de brasileiros(a) não têm rede de esgoto e falta água potável para 35 milhões (G1, 2023). De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a região Norte do Brasil está na última posição (se comparada com as demais regiões) nos cenários de “população com acesso a água” (60%), “população com acesso a coleta de esgoto” (14%) e “volume de esgoto tratado” (20,6%) (BETHÔNICO, 2023).

Na variável “lixo a céu aberto”, foram identificados 15 setores (32, 36, 37, 38, 39, 49, 58, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79 e 80) em que o lixo foi “pouco visível” durante as atividades de campo, distribuídos principalmente no espaço periurbano sudeste e em um conjunto de setores localizados no bairro Fonte Boa. Visível em “alguns pontos”, dez setores (13, 14, 30, 41, 42, 50, 60, 65, 71 e 77) foram observados, distantes uns dos outros, ao passo que “facilmente visível” 55 setores (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69 e 70) foram observados, extensa maioria da cobertura espacial da cidade.

Já na variável “esgoto a céu aberto”, em 11 setores foram identificados como “pouco visível” esgoto a céu aberto, sendo 39, 49, 58, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79 e 80, em espaço periurbano sudeste e em setores localizados nos bairros Fonte Boa e Jardim Lara. Como visível em “alguns pontos” 12 setores (13, 20, 21, 34, 35, 41, 42, 43, 50, 52, 71 e 77) com abrangência com maior concentração nos bairros Santa Rosa, Juruá e Centro. Cincoenta e sete setores tiveram observação de esgoto a céu aberto como “facilmente visível” (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 36, 37, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69 e 70), na maior parte da cidade, tal como a variável lixo a céu aberto. A cartografia das variáveis 8 e 9 é verificada na Figura 6.

Figura 6 - Cartografia das variáveis “esgoto a céu aberto” e “lixo a céu aberto”



Organização: o autor (2023)

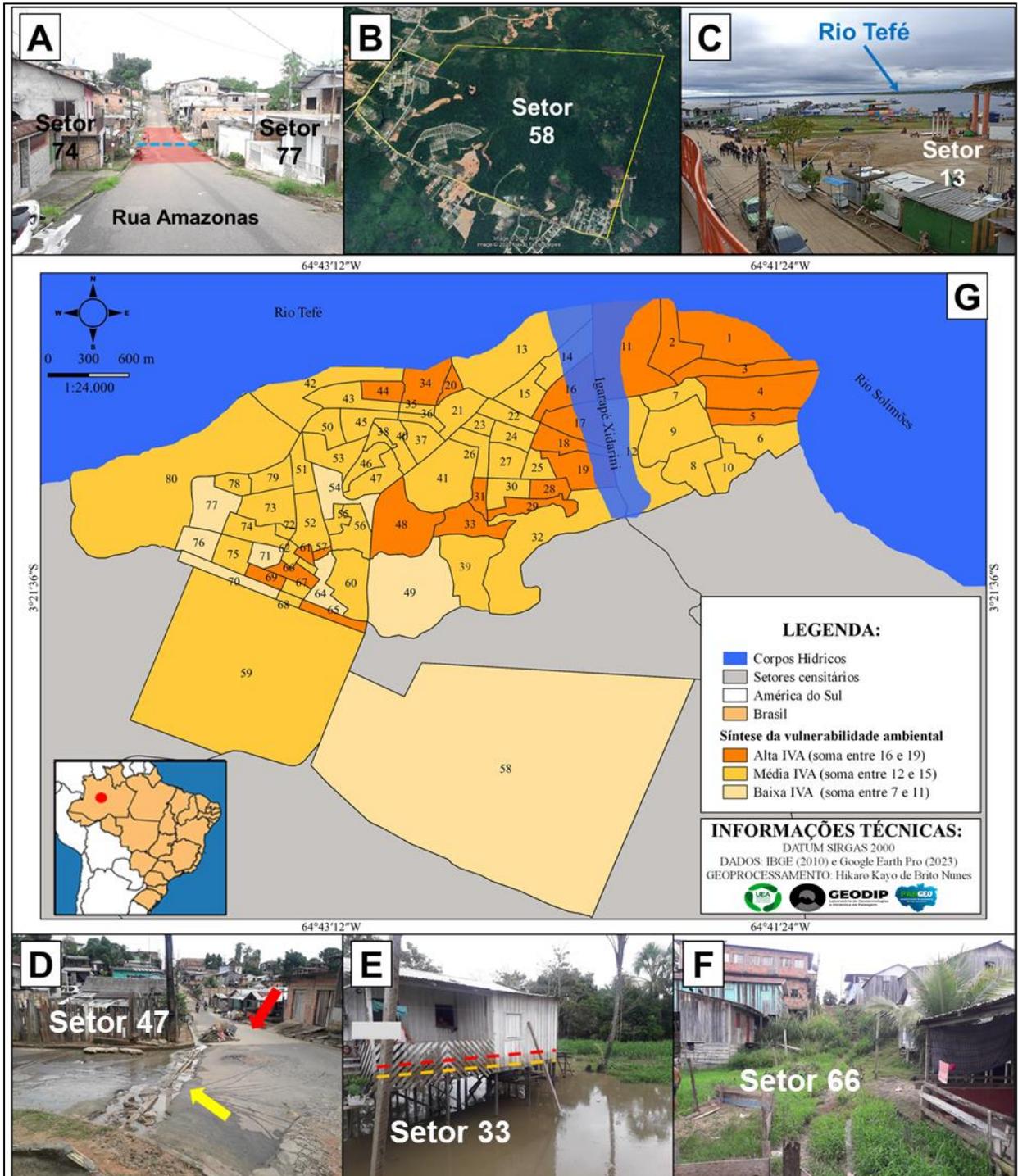
Interessante destacar que grande parte deste lixo e esgoto possui como destino final o lixão da cidade ou os canais dos igarapés. Em 2010, a cidade possuía 30,9% de esgotamento sanitário adequado e 99,42% da população urbana era atendida com coleta de resíduos domiciliares (SNIS, 2021). Contudo, nos últimos anos, tem crescido a quantidade de estudos científicos que alertam sobre a problemática do saneamento (lixo e esgoto a céu aberto, principalmente) na cidade, tais como as contribuições de Silva e Pinheiro (2010), Henkes e Moraes (2015), Saldanha, Rodrigues e Billacrês (2022), Silva, Moreira e Nunes (2023) e Silva e Rodrigues (2023).

Síntese final da cartografia vulnerabilidade ambiental

Após o tratamento estatístico de cada variável, realizou-se, conforme apresentado nos procedimentos metodológicos, a sobreposição das variáveis e classificação da vulnerabilidade em três classes de IVA. Na classe de IVA “Baixo” foram agrupados os oito setores (49, 54, 58, 64, 70, 71, 76 e 77) que possuíram soma dos pesos das variáveis entre 7 e 11. Com uma cobertura espacial de aproximadamente 4,53 km², estes setores se concentram em bairros como São João, Jardim Lara, Fonte Boa (Figura 7A) e São Raimundo, que, em grande parte, se destacaram pela alta cobertura vegetal, baixo adensamento populacional além do respeito às APPs. Apenas o setor 58 (espaço periurbano) sozinho conta com 3,48 km² (Figura 7B) nesta classe.

Na classe de IVA, “Médio” 49 setores foram identificados (6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 59, 60, 62, 63, 67, 68, 72, 73, 74, 75, 78, 79 e 80) totalizando uma área de 6,4 km², sendo, portanto, a classe com a maior quantidade de setores censitários e, também, de maior cobertura espacial. Destacam-se nessa classe (soma dos pesos das variáveis entre 12 e 115) os setores 13 (bairro Centro, Figura 7C) e 47 (bairro São José, Figura 7D). Em IVA “Alto” (soma dos pesos das variáveis entre 16 e 19), 23 setores foram catalogados (1, 2, 3, 4, 5, 11, 16, 17, 18, 19, 20, 28, 29, 31, 33, 34, 44, 48, 57, 61, 65, 66 e 69), ocupando uma área de 2,27 km², com concentração principalmente nos bairros Abial, Monte Castelo, Juruá, Santa Rosa, Nossa Senhora de Fátima (Figura 7E), Santa Tereza (Figura 7F) e Vila Nova, em virtude principalmente da existência de áreas de riscos além dos condicionantes das APPs e do lixo e esgoto a céu aberto.

Figura 7 - Síntese final do IVA. Em A, limites entre os setores 74 e 77 no bairro Fonte Boa, com destaque, em azul de canal fluvial canalizado e, em vermelho, área que as águas ocupam durante grandes episódios de chuva; em B, área do setor 58 (espaço periurbano); em C, setor 13 (bairro Centro) e, ao fundo, rio Tefé; em D, lixo e esgoto a céu aberto no setor 47 (bairro São José); em E, marca d'água em parede de palafita como indicador de inundação no setor 33 (Nossa Senhora de Fátima); em F, moradias em áreas de risco no setor 66 (bairro Santa Tereza); e, em G, cartografia do IVA

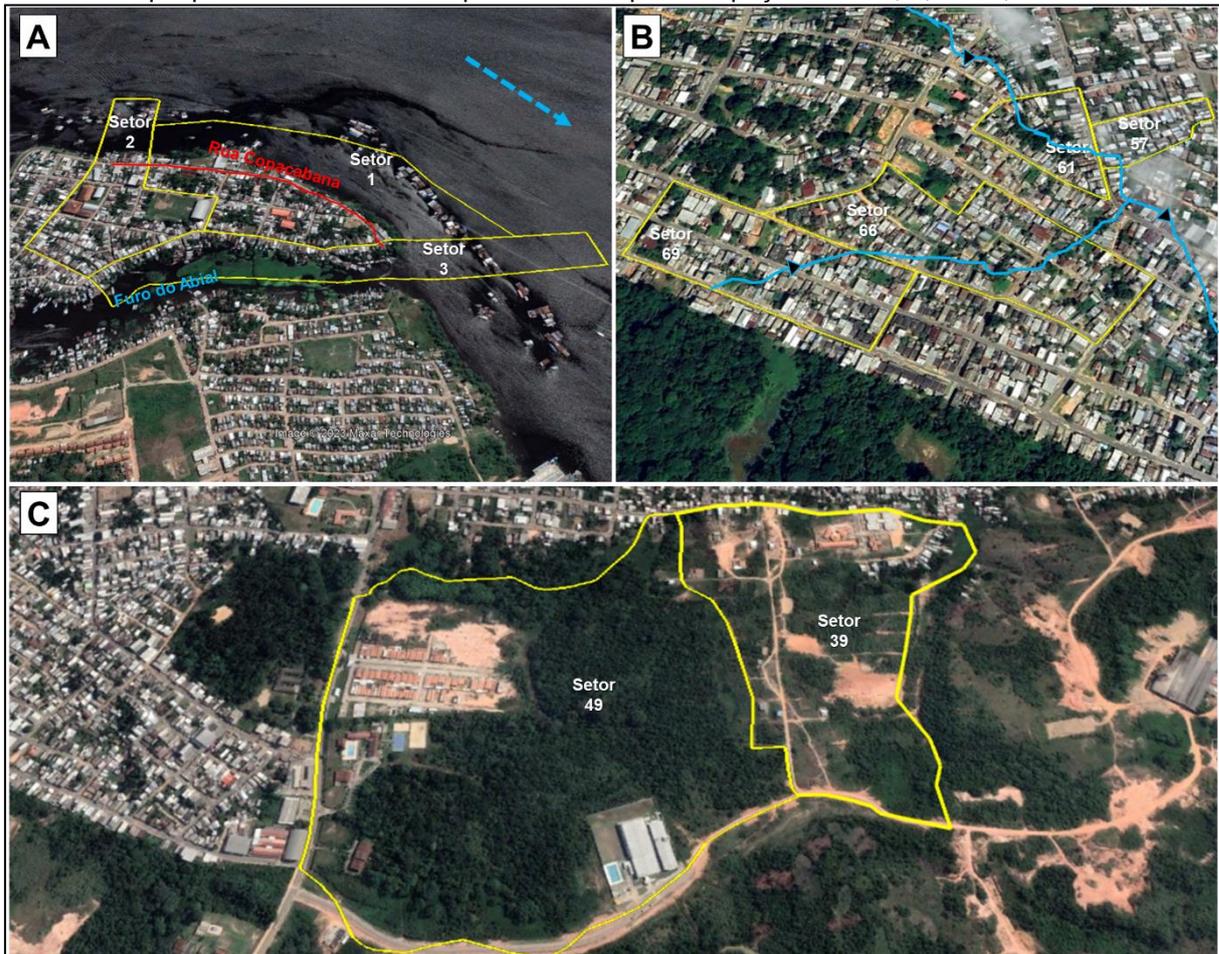


Organização: o autor (2023)

Na classe de IVA Alto, destacam-se os setores 1, 2 e 3 (todos no Abial), que tiveram pesos 19, 18 e 17, respectivamente, caracterizados pelos riscos de terras caídas, deslizamento planar e inundação

(Figura 8A) e os setores 57 (no bairro Jerusalém), 61 e 66 (ambos no Nova Esperança) e o 69 (bairro São João) que constituem um agrupamento de setores com peso final de 16. Esses últimos setores são marcados por desrespeito à APP (Figura 8B), além dos eventos de inundação. Já na classe de IVA Baixo, os menores valores foram obtidos pelos setores 39 (peso 7) e 49 (peso 8) no Jardim Lara, além do setor 58 (espaço periurbano).

Figura 8 - Dimensões das vulnerabilidades. Em A, setores 1, 2 e 3, com destaque para o Furo do Abial e a rua Copacabana, referência local para a existência de Riscos; em B, setores 57, 61, 66 e 69 com destaque para os canais fluviais pressionados pela ocupação urbana; e, em C, setores 39 e 49



Fonte: Google Earth Pro (2022), adaptado pelo autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo possibilitou a quantificação e espacialização dos problemas inerentes à vulnerabilidade ambiental (IVA) da cidade de Tefé, de modo que conseguiu, através da representação cartográfica, identificar os setores censitários mais complexos no que diz respeito às variáveis utilizadas. A sociedade tefeense ilustra e exemplifica os cenários de tantas outras cidades no interior do Amazonas, levando em conta as relações com os corpos hídricos (e suas inúmeras dimensões) com a problemática do saneamento básico, além do adensamento populacional em pequenos espaços, esse último limitado pelas próprias características físico-naturais (drenagem, principalmente).

Os setores 8, 49 e 23, com “Baixa”, “Média” e “Alta” vulnerabilidade ambiental, denotam o grau de ocupação e de perigo em que a população se encontra, principalmente nos setores censitários localizados em quatro grupos de bairros: Centro, Olarias, Abial e Colônia Ventura; Santa Rosa e Juruá; e Multirão, São João e Nova Esperança; e Santa Luzia, Monte Castelo e Nossa Senhora de Fátima.

Acredita-se que os resultados aqui alcançados possam ser úteis para o planejamento urbano e territorial de Tefé como forma de realizar diagnósticos, políticas públicas e minimização dos riscos. Para além disso,

julga-se oportuna a realização de estudos que visem: a) reconstituição histórica da rede de drenagem urbana, tendo em vista que muitos canais foram descaracterizados e isso constitui elemento que agrava os cenários de vulnerabilidades; b) incorporação de variáveis que tratem sobre qualidade da água – tanto em igarapés quanto em poços tubulares, sendo esse último fonte principal de abastecimento urbano e, c) incorporar a dimensão social, principalmente quando os dados do Censo 2022 estiverem consolidados para o estudo da vulnerabilidade socioambiental.

A metodologia utilizada na pesquisa foi útil e eficaz, mesmo com a ausência e inconsistência de dados que, em algumas etapas metodológicas constituíram para desafios analíticos, contornados com a realização de outras atividades de campo e de interpretação de imagens de satélite. Para além disso, características locais como a existência de palafitas, fizeram com que a área de alguns setores censitários avançasse sobre o rio Tefé e seus afluentes, ampliando a necessidade de estratégias públicas para a mitigação da vulnerabilidade ambiental em especial nestas situações, expostas diretamente à dinâmica fluvial.

Os desafios aqui expostos quantitativamente e qualitativamente expressam a urgência na discussão do desenvolvimento de cidades no interior amazônico, possibilitando emergências analíticas em torno da forma e conteúdo deste crescimento, aliado aos direitos básicos, igualdade e justiça em um contexto de sustentabilidade, aliados sobremaneira aos contextos histórico, social, espacial, temporal e natural.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado do Amazonas (UEA) por meio do Projeto Institucional Docente (PID), Modalidade Pesquisa (processo 01.02.011304.014127/2023-09). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela cessão de bolsa via Programa de Apoio à Iniciação Científica do Amazonas (PAIC) de uma pesquisa vinculada a esta. Ao Laboratório de Geotecnologias e Dinâmica da Paisagem (GEODIP) e ao Observatório de Geografia da Pan-Amazônia (PANGEO/CNPq), ambos do Centro de Estudos Superiores de Tefé (CEST/UEA).

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço de pesquisas sobre o Quaternário. In: **Geomorfologia**. São Paulo: USP/IGC, 1969.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. O campo térmico em área urbana na Amazônia Brasileira: análise episódica na cidade de Tefé-AM. **Geo UERJ**, n. 34, 2019, p. 1-22. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40949>
- ALMEIDA, K. N.; REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Emprego dos métodos expeditos de Chow Gumbel e Bell para formulação de equações de chuvas intensas – uma avaliação de desempenho. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 2, p. 203-214, 2017. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2001>
- AMAZONAS ATUAL. **Seca expõe a dependência econômica de municípios no Amazonas**. 2023. Disponível em: <https://amazonasatual.com.br/seca-expoe-a-dependencia-economica-de-municipios-no-amazonas/> Acesso em 21 de set. de 2023.
- ANDRETTA, E. R.; CALLEGARIO, L. S. **Setorização de áreas de risco geológico: Tefé, Amazonas (atualização de mapeamento)**. Brasília: CPRM, 2022. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/23424> Acesso em 19 de set. de 2023.
- ATAIDE, L. C. P.; SILVA, M. T.; SERRÃO, E. A. O.; DANTAS, L. G.; ALMEIDA, G. S. S.; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. P. R.; SILVA, F. D. S. Aplicação da Análise Fatorial para Determinação da Vulnerabilidade hidrometeorológica para o Sub Médio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 4, p. 405-417, 2022. <https://doi.org/10.1590/0102-77863740021>
- AZEVEDO, J. V. V.; SOUZA, P. M.; SANTOS, C. A. C.; SILVA, M. T.; SANTOS, D. A. S. Aplicação da análise fatorial para determinação da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do Estado da Paraíba. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10 n. 4, p. 97-111, 2019. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0008>

- BANDEIRA, I. C. N.; ADAMY, A.; ANDRETTA, E. R.; CONCEIÇÃO, R. A. C.; ANDRADE, M. M. N. Terras caídas: Fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon?. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, p. 1-16, 2018. <https://doi.org/10.1007%2Fs12665-018-7405-7>
- BETHÔNICO, T. **Quase metade do esgoto do Brasil é jogado na natureza sem ser tratado**. 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/08/quase-metade-do-esgoto-do-brasil-e-jogado-na-natureza-sem-ser-tratado.shtml> Acesso em 21 de set. de 2023.
- BIRKMANN, J.; WISNER, B. **Measuring the un-measurable the challenge of vulnerability**. Bonn: Institute for Environment and Human Security, 2006.
- BNC Amazonas. **Tefé tem rios transformados em faixas de areia**. 2022. Disponível em: <https://bncamazonas.com.br/municipios/tefe-tem-rios-transformados-em-faixas-de-areia/>. Acesso em 21 de set. de 2023.
- BRUNET, R.; FERRAS, R.; THÉRY, H. E. R. **Les mots de la géographie**. Paris: Reclus, 1993.
- CHAGAS, K.C.; LIMA, M.E.F.; RABELO, F.D.B. Impactos Ambientais Relacionados aos Processos Erosivos: percepção sobre o fenômeno no bairro Abial, Tefé - AM. In: SILVA, G.C.; CAETANO, A.N.G.; PEREIRA, W.L.M.; SILVA, V.I.B.; MACHADO, A.M.B.; SOHN, C.D.M.N(Org.). **Impactos ambientais da exploração dos recursos hídricos e energéticos**. São Luis: Editora da UFMA, 2022.
- CIDADE, L. C. F. Urbanização, ambiente, risco e vulnerabilidade: em busca de uma construção interdisciplinar. **Cadernos Metrópole**, v. 15, n. 19, p. 171-191. 2013.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**: município de Tefé – AM. Manaus: CPRM, 2015. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14874> Acesso em: 04 de set. 2023.
- CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Revista Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, 2003.
- DESCHAMPS, M. V. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. **Caderno Metrópole**, v. 19, p. 191-219, 2008.
- FEIL, A. A.; SCHREIBER, D.; TUNDISI, J. G. A complexidade do sistema ambiental e humano e sua relação com a sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate**, v. 6, n. 1, p. 37-52, 2015. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v6n1.2015.11602>
- G1 AM. **Seca faz rio Solimões 'desaparecer' em comunidade do AM e travessia pode ser feita a pé; veja video**. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2022/10/17/seca-faz-rio-solimoes-desaparecer-em-comunidade-do-am-e-travessia-pode-ser-feita-a-pe-veja-video.ghtml> Acesso em 21 de set. de 2023.
- G1. **Saneamento básico**: 100 milhões de pessoas não têm rede de esgoto e falta água potável para 35 milhões. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/03/20/saneamento-basico-100-milhoes-de-pessoas-nao-tem-rede-de-esgoto-e-falta-agua-potavel-para-35-milhoes.ghtml> Acesso em 21 de set. de 2023.
- GONÇALVES, K. S.; SIQUEIRA, A. S. P.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Ciência e saúde coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3809-3817. 2014. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.14272013>
- HASSAN, A.; ALMATAR, M.; TORAB, M.; ALLEN, C. Environmental Urban Plan for Failaka Island, Kuwait: A Study in Urban Geomorphology. **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 1-21, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12177125>
- HENKES, J. A.; MORAES, M. C. A. Recolhimento e transporte do lixo residencial: impactos ambientais na cidade de Tefé, Amazonas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 474-486, 2015. <https://doi.org/10.19177/rqsa.v4e12015474-486>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de influência das cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Urbanizadas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

LOPES, J. S. G.; ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A. Amplitude térmica e magnitude das ilhas de calor em Tefé-AM, Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 1, p. 251-264, 2019. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i1.39233>

MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (Orgs). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010.

MORAES, B. C.; CARVALHO, R. C. P. S.; FEITOSA, M. S. S.; ARAÚJO, M. F. V. O método expedito como estratégia de avaliação qualitativa dos níveis de vulnerabilidade em ambientes da zona urbana de Teresina, Piauí. **Equador**, v. 5, n. 3, p. 500-517, 2016. <https://doi.org/10.26694/equador.v5i3.4992>

MOTTA, M. B. **Proveniência da Formação Içá e de sedimentos do rio Solimões, entre os municípios de Tefé e Manacapuru – Amazonas**. 2008. 112f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2008.

NAN, G.; HAN, L.; WANG, Y. Assessing vulnerability of coupled human–environment systems and its influence factors in Yan'an City, China. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 28, n. 7, p. 783-801. 2022. <https://doi.org/10.1080/10807039.2022.2093156>

NUNES, H. K. B. **Vulnerabilidade socioambiental dos setores censitários às margens do rio Poti no município de Teresina – Piauí**. 2017. 171f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2017.

NUNES, H. K. B. Degradação do solo no contexto amazônico: aproximações a partir do município de Tefé/Amazonas. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 7., 2022, Mossoró. **Anais [...]** Mossoró: SBSC, 2022.

NUNES, H. K. B.; AQUINO, C. M. S. Vulnerabilidade socioambiental em cidades brasileiras: escalas e contextos diversos nas regiões Nordeste e Norte. In: AQUINO, C. M. S.; SILVA, E. G. A.; PORTELA, M. O. B. (Org.). **Natureza e Sociedade: múltiplos olhares geográficos (Série Geografia em Debate)**. Sobral: Sertão Cult, 2022. <https://doi.org/10.35260/67960838-2022>

NUNES, H. K. B.; AQUINO, C. M. S. Vulnerabilidade socioambiental de setores censitários às margens do rio Poti, Teresina-Piauí-Brasil. **GeoTextos**, v. 16, n. 1, p. 181-207. 2020. <https://doi.org/10.9771/geo.v16i1.35088>

PUMAIN, D.; PAQUOT, T.; KLEINSCHMAGER, R. **Dictionnaire La ville et l'urbain**. Paris: Anthropos, 2006.

QUEIROZ, K. O. Territorial vulnerability in the Amazon ? an analysis perspective from the river piracy in the Solimões river. **International Journal of Human Sciences Research**, v. 1, p. 1-7, 2021. <https://doi.org/10.22533/at.ed.55821101110>

QUEIROZ, M. S.; ALVES, N. S. Conditioning factors of “terras caídas” in lower solimões river - brazil. **Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 80, p. 220–233, 2021. <https://doi.org/10.14393/RCG228054842> .

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SALDANHA, M. R. C.; RODRIGUES, E. A.; BILLACRÊS, M. A. R. Educação ambiental: produção e destino dos resíduos sólidos no bairro Fonte Boa na cidade de Tefé/AM. **Educação Ambiental Em Ação**, v. 21, n. 79, p. 1-14, 2022.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Hucitec, 1994.

SILVA, A. D.; PINHEIRO, E. S. A problemática dos resíduos sólidos urbanos em Tefé, Amazonas. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 2, p. 297-312, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000200006>

SILVA, L. C. S.; RODRIGUES, E. A. Espaço urbano: análise sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos pelos moradores do bairro Nossa Senhora de Fátima-Tefé/AM. **Acta Scientiarum. Human And Social Sciences**, v. 45, p. 1-10, 2023.

<https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v45i1.68561>

SILVA, M. J. V. Estruturação urbana e vulnerabilidade socioambiental: o Caso de uma Cidade Média da Amazônia Brasileira. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA, 16., Vitória, 2019. **Anais [...]** Vitória, 2019.

SILVA, M. S.; MOREIRA, S. S.; NUNES, H. K. B. Lixo e esgoto à céu aberto em Tefé/Amazonas: variáveis para uma leitura da vulnerabilidade ambiental. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE GEOGRAFIA DO CEST/UEA, 4. 2023, Tefé. **Anais [...]** Manaus/Tefé: BK Editora/EGA, 2023.

SILVA, R. U. Estado e políticas públicas na Amazônia: “desenvolvimento” e expansão urbana da cidade de Marabá/PA. **Revista GeoAmazônia**, v. 10, n. 20, p. 20-46, 2022.

<http://dx.doi.org/10.18542/geo.v10i20.13648>

SUERTEGARAY, D. M. A. **Meio, Ambiente e Geografia**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021.

SZEWRANSKI, S.; KASAK, J. Socio-Environmental Vulnerability Assessment for Sustainable Management. **Sustainability**, v. 12., n. 19, p. 1-5. 2020. <https://doi.org/10.3390/su12197906>

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2019.

ZHANG, Y.; LIU, C. Parametric urbanism and environment optimization: toward a quality environmental urban morphology. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073558>

Recebido em: 25/09/2023

Aceito para publicação em: 15/02/2024