

## **MAPEAMENTO DO GRAU DE RISCO DE SECA EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS DE MANAUS, AMAZONAS**

*Rogério Ribeiro Marinho<sup>1</sup>; Naziano Pantoja Filizola Junior<sup>2</sup> & Diogo Ferreira Ribeiro<sup>3</sup>*

**Abstract:** Extreme climatic events have intensified in the Amazon region, with severe droughts significantly impacting riverside communities that are entirely dependent on water resources. This study aimed to assess and map the drought risk levels in riverside communities within the municipality of Manaus, through a multifactorial analysis integrating remote sensing data, field surveys, and geoprocessing techniques. A total of 62 communities were analyzed along a 230 km stretch of riverine areas, encompassing over 3500 families distributed along the Negro, Amazon, and their tributaries. The methodological framework considered four key variables: distance to the main river channel, number of families per community, location along a main river or tributary, and availability of terrestrial access. Results indicate that 58% of the surveyed communities (36 localities), representing 2379 families, are exposed to high or very high drought risk, highlighting critical levels of socio-environmental vulnerability. The resulting risk map provides a valuable technical tool to support the formulation of public policies for drought prevention and hydrological disaster response in the Amazon region.

**Resumo:** Eventos climáticos extremos têm se intensificado na região amazônica, com secas severas impactando comunidades ribeirinhas que dependem integralmente dos recursos hídricos. Este estudo objetivou mapear o grau de risco de seca em comunidades ribeirinhas de Manaus, empregando análise multifatorial baseada em dados de sensoriamento remoto, pesquisa de campo e geoprocessamento. Avaliaram-se 62 comunidades ao longo de 230 km da área ribeirinha, abrangendo mais de 3500 famílias nos rios Negro, Amazonas e tributários. A metodologia considerou quatro variáveis: distância da comunidade ao rio principal, número de famílias, localização no canal principal ou tributário, e existência de acesso terrestre. Os resultados revelaram que 58% das comunidades (36 localidades) apresentam risco alto ou muito alto, representando 2379 famílias em situação crítica de vulnerabilidade. O mapeamento do grau de risco fornece subsídios técnicos para o planejamento de políticas públicas de prevenção e resposta a desastres hidrológicos na região amazônica.

**Palavras-Chave** – Redução de Risco de Desastre; Seca; Amazônia.

**Keywords:** Disaster Risk Reduction; Drought; Amazon.

### **INTRODUÇÃO**

A região amazônica tem experimentado intensificação de eventos climáticos extremos nas últimas décadas, com alternância entre cheias e estiagens severas transformando drasticamente o modo de vida das populações tradicionais (Gloor et al., 2013). A bacia do Rio Negro, caracterizada por baixa densidade habitacional e baixa fertilidade de sua planície de inundação (Junk et al., 2015), abriga diversas comunidades ribeirinhas que dependem diretamente da dinâmica fluvial para suas atividades cotidianas.

1) Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Av. Rodrigo Octávio, 6200, Campus Universitário, Coroado. Manaus - AM. rogeo@ufam.edu.br

2) Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Av. Rodrigo Octávio, 6200, Campus Universitário, Coroado. Manaus - AM. naziano.filizola@ufam.edu.br

3) Universidade Federal do Amazonas. Laboratório Hidrogeo. Av. Rodrigo Octávio, 6200, Campus Universitário, Coroado. Manaus - AM. ribeirodiogogeo@gmail.com

Os rios desempenham funções essenciais que transcendem o transporte, sendo fundamentais para produção de alimentos, caça e sustento das populações ribeirinhas (Pereira, 2007). Mesmo próximas a grandes centros urbanos como Manaus, essas populações utilizam as águas para transporte, pesca, abastecimento, lazer e atividades econômicas essenciais.

Os registros históricos da régua do Porto de Manaus evidenciam a intensificação sem precedentes dos eventos extremos: em 2021, o Rio Negro atingiu 30,02 metros, a maior cheia registrada em 120 anos de medições, enquanto em 2024, o mesmo rio chegou a 12,11 metros durante a estiagem, o menor nível documentado. Esta amplitude de variação de quase 18 metros entre os extremos impõe desafios extraordinários à resiliência comunitária.

Durante secas severas, as comunidades ribeirinhas enfrentam comprometimento dos principais meios de transporte devido ao surgimento de bancos de areia e redução drástica da navegabilidade. O isolamento resultante afeta o acesso a alimentos, medicamentos e serviços essenciais, além de dificultar o escoamento da produção local (Santos de Lima et al., 2024). A escassez de água potável se intensifica, com fontes tradicionais tornando-se inacessíveis ou impróprias para consumo.

A área ribeirinha de Manaus abrange aproximadamente 230 km ao longo dos rios Negro, Amazonas e tributários, onde residem mais de 3500 famílias distribuídas em mais de 62 comunidades. A vulnerabilidade dessas populações é agravada pela precariedade ou inexistência de ramais terrestres que possam servir como rotas alternativas durante períodos críticos. Neste contexto, este trabalho objetiva identificar e mapear o grau de risco das comunidades ribeirinhas de Manaus a eventos de seca extrema, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento de políticas públicas de prevenção e mitigação de desastres hidrológicos.

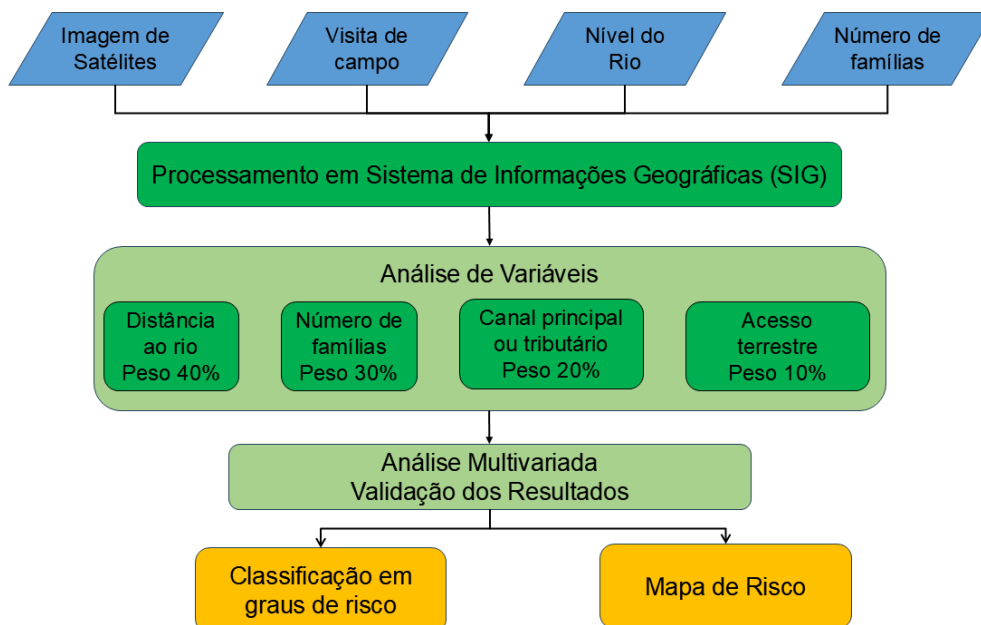
## **METODOLOGIA**

O município de Manaus possui população rural representando aproximadamente 0,5% do total de 2.255.903 habitantes (IBGE, 2024), distribuída pelos 96% do território municipal (11.401 km<sup>2</sup>), resultando em densidade demográfica muito baixa comparada à área urbana. O estudo abrange comunidades situadas nos rios Apuaú, Negro, Amazonas, Cuieiras e outros tributários, selecionadas com base nos relatórios da Operação Estiagem da Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de 2024. O risco mapeado corresponde à seca decorrente da redução dos níveis fluviométricos, que conforme o Plano de Contingência da Defesa Civil de Manaus (2024), caracteriza-se pela descida das águas dos rios Negro e Amazonas a níveis abaixo de 16 metros com referência a estação fluviométrica do Porto de Manaus, resultando principalmente no isolamento das comunidades rurais ribeirinhas.

A metodologia fundamentou-se na abordagem multifatorial de análise de riscos, combinando dados de sensoriamento remoto, geoprocessamento e pesquisa de campo. Utilizaram-se imagens de satélite da constelação PlanetScope com resolução espacial de 3 metros, referentes ao período de estiagem de novembro de 2024, quando a cota do Rio Negro atingiu 12,11 metros, o ponto mais baixo desde 1903. O processamento dos dados foi realizado no software QGIS, permitindo a integração de múltiplas fontes de informação georreferenciadas, enquanto visitas de campo entre agosto e novembro de 2024 apoiaram as análises, fornecendo dados socioeconômicos para compreensão dos impactos dos eventos extremos.

A análise considerou quatro variáveis principais: distância da comunidade ao rio principal, número de famílias na comunidade, localização da comunidade no canal principal ou tributário, e existência de acesso terrestre para a comunidade ribeirinha (Figura 1). Desenvolveu-se sistema de classificação de riscos em quatro níveis (Baixo, Médio, Alto e Muito Alto), com ponderação diferenciada para cada fator (Quadro 1).

Figura 1 – Fluxograma metodológico para definir grau de risco de seca



Quadro 1 – Classificação dos graus de risco a seca

Grau de risco	Descrição
R1 Baixo	Comunidades geralmente localizadas próximas ao canal principal dos rios Negro e Amazonas e com distâncias curtas para acessar o rio. Valores do grau de risco de 1,0 a 1,75
R2 Médio	Comunidades com fatores de risco intermediários. Valores do grau de risco de 1,76 a 2,5
R3 Alto	Comunidades que combinam diversos fatores de vulnerabilidade. Valores do grau de risco de 2,51 a 3,25.
R4 Muito Alto	Comunidades com alta vulnerabilidade devido à grande distância, alto número de famílias e/ou falta de acesso alternativo. Valores do grau de risco de 3,26 a 4,0.

A metodologia permitiu avaliação estatística multivariada, atribuindo pesos específicos conforme a Equação 1:

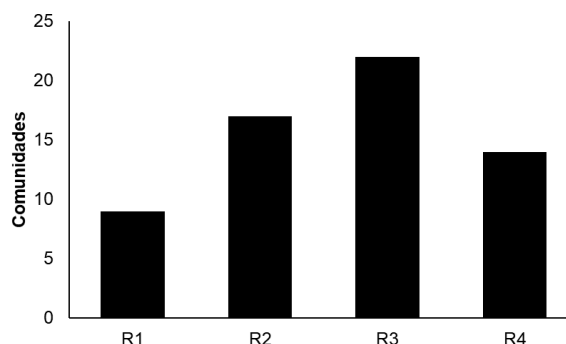
$$\text{Grau de risco} = (Dis \times 0,4) + (Fam \times 0,3) + (CP \times 0,2) + (Ram \times 0,1) \quad (1)$$

em que *Dis* representa a distância da comunidade à massa d'água identificada nas imagens de satélite, *Fam* o número de famílias da comunidade, *CP* a localização da comunidade na margem do canal principal dos rios Negro ou Amazonas ou em tributários, e *Ram* a existência de acesso por via terrestre. As constantes correspondem aos pesos atribuídos de 40% para distância, 30% para número de famílias, 20% para localização do canal e 10% para acesso terrestre. A validação metodológica foi realizada em conjunto com especialistas em hidrologia e gestão de desastres de Manaus, garantindo a consistência técnica dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

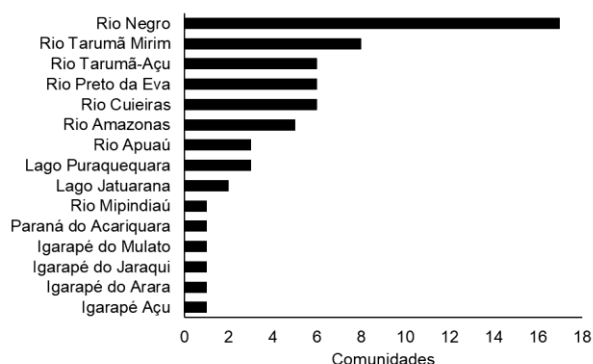
O mapeamento realizado neste estudo cobriu 230 km de área ribeirinha do município de Manaus, identificando mais de 3500 famílias sob risco de seca severa pela redução dos níveis dos rios durante o ano de 2024. Das 62 comunidades avaliadas, 9 comunidades com 221 famílias foram classificadas como Risco Baixo (14,5% das comunidades), 17 comunidades com 978 famílias como Risco Médio (27,4% das comunidades), 22 comunidades com 1146 famílias como Risco Alto (35,5% das comunidades) e 14 comunidades com 1133 famílias como Risco Muito Alto (22,6% das comunidades). O cenário revelou-se crítico, com 58% das comunidades (36 localidades) classificadas com graus de risco 3 e 4 (alto e muito alto), abrangendo 2379 famílias, correspondente a 66% do total de famílias analisadas (Figura 2).

Figura 2 – Número de comunidades ribeirinhas em função do grau de risco



A distribuição dos riscos por calha de rio demonstrou variações significativas, sendo que o Rio Negro apresentou 17 comunidades mapeadas com predominância de riscos moderados, o Rio Amazonas contou com 7 comunidades com menor grau de risco, o Rio Tarumã-Mirim concentrou 8 comunidades das quais 4 em grau de muito alto risco, e o Rio Cuieiras apresentou 6 comunidades com 3 em graus de risco muito alto (Figura 3). Entre as comunidades com maior grau de risco, destacaram-se Abelha (Grau 4, 120 famílias), Nossa Senhora de Fátima (Grau 4, 393 famílias), Monte Sinai (Grau 4, 130 famílias) e Jeferson Peres (Grau 4, 100 famílias), caracterizadas pela combinação crítica de fatores como grande número de famílias, distância significativa dos rios, ausência de canais principais e limitação de acesso por via terrestre.

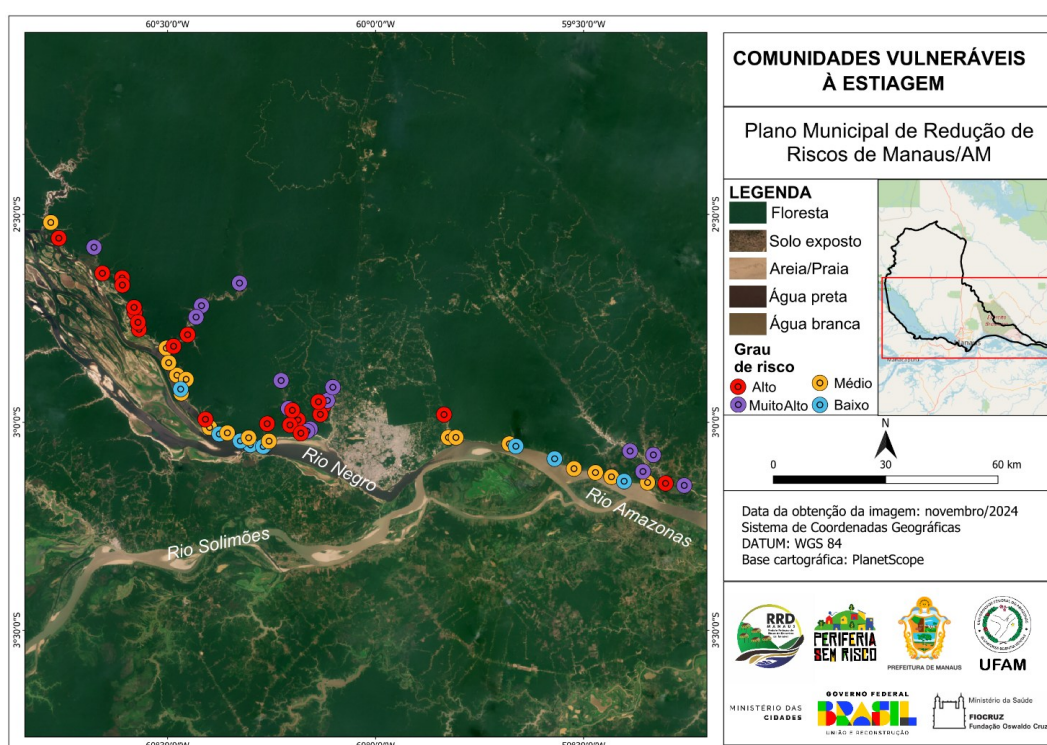
Figura 3 – Quantidade de comunidades ribeirinhas analisadas por rio.





Os principais riscos identificados incluíram isolamento geográfico, comprometimento da segurança alimentar, limitação no acesso a serviços essenciais de saúde e educação, e interrupção das atividades econômicas como turismo, pesca e agricultura de subsistência que são fortemente dependentes do transporte fluvial. Destaca-se que oito comunidades se autodeclararam indígenas, apresentando perfis de risco diversificados, com algumas em situação crítica e outras com menor exposição, principalmente aquelas localizadas próximas aos canais principais. As comunidades com distância superior a 1 km dos corpos hídricos durante a seca de 2024 representaram 74% do total, evidenciando desafios críticos de acessibilidade neste cenário de seca extrema. A distribuição espacial das 62 comunidades analisadas e seus respectivos graus de risco podem ser visualizados na Figura 4.

Figura 3 – Distribuição espacial das comunidades ribeirinhas sob risco de seca e graus de risco



Os resultados apresentados, que identificaram 58% das comunidades ribeirinhas de Manaus em situação de risco alto ou muito alto, corroboram resultados recentes de Santos de Lima et al. (2024), que demonstraram que durante secas severas, 50% das comunidades não-indígenas e 54% indígenas na Amazônia brasileira ficam propensas ao isolamento. A metodologia multifatorial empregada, atribuindo 40% do peso à distância dos corpos hídricos, encontra respaldo na literatura especializada, onde estudos de vulnerabilidade hidrológica consistentemente atribuem 35-45% do peso total a fatores relacionados à água (Darabi et al., 2019; Eini et al., 2020). A concentração de alto risco nos rios Tarumã-Mirim e Cuieiras versus Rio Negro e Amazonas reflete padrões documentados de vulnerabilidade diferencial, onde tributários menores experienciam períodos de isolamento 2-3 vezes mais longos que os rios principais, com custos de transporte aumentando até 300% durante eventos extremos (Santos de Lima et al., 2024).

A proporção de 74% das comunidades localizadas a mais de 1 km dos corpos hídricos durante secas extremas representa vulnerabilidade crítica amplamente documentada (ACAPS, 2025). Durante

a seca de 2023, mais de 745.000 pessoas nos estados do Amazonas e Acre foram afetadas, com comunidades distantes enfrentando caminhadas de 20-30 minutos através de leitos expostos para acesso a transporte e serviços essenciais (Espinoza et al., 2024). Os impactos socioeconômicos incluem redução no transporte de bens essenciais e queda na produção industrial do Amazonas. As 2379 famílias classificadas em alto risco enfrentam vulnerabilidades amplificadas durante eventos como as secas de 2023 e 2024, consideradas 30 vezes mais prováveis devido às mudanças climáticas segundo análises de atribuição climática (World Weather Attribution, 2024). A validação da metodologia é reforçada por estudos que demonstram que distância à água, densidade populacional e acessibilidade constituem fatores dominantes em índices de vulnerabilidade hidrológica, com os pesos atribuídos alinhando-se às distribuições identificadas na literatura internacional (Cruz et al., 2021; Engström et al., 2020; Rahman et al., 2025).

## CONCLUSÃO

O mapeamento do grau de risco de seca em comunidades ribeirinhas de Manaus revelou um cenário de alta vulnerabilidade socioambiental, com 58% das comunidades analisadas classificadas em situação de risco alto ou muito alto. Este resultado evidencia a necessidade urgente de implementação de políticas públicas específicas para prevenção e mitigação de desastres hidrológicos na região. A metodologia multifatorial desenvolvida, baseada em variáveis como distância aos rios, número de famílias, localização dos canais e acesso terrestre, mostrou-se eficaz para identificação e hierarquização dos riscos, fornecendo base técnica consistente para tomada de decisões.

Os resultados indicam que o fator distância aos corpos hídricos durante extremos de seca constitui o principal determinante de vulnerabilidade, seguido pelo tamanho populacional das comunidades. A concentração de comunidades de alto risco nos rios Tarumã-Mirim e Cuieiras sugere necessidade de atenção prioritária nessas sub-bacias. Com base nos resultados, recomenda-se a implementação de intervenções estruturais como sistemas de captação e armazenamento de água, e melhoramento de portos comunitários. Paralelamente, medidas não-estruturais devem incluir desenvolvimento de sistemas de alerta precoce, capacitação comunitária para gestão de riscos, e estabelecimento de protocolos de emergência. As políticas públicas devem integrar o mapeamento de riscos ao planejamento municipal, criar fundos específicos para ações preventivas, e fortalecer a Defesa Civil municipal.

O presente estudo limitou-se ao período de seca extrema de 2024, sendo recomendável a realização de monitoramento contínuo para validação da metodologia em diferentes cenários hidrológicos. Estudos futuros devem incorporar análises de tendências climáticas de longo prazo e avaliação da eficácia das medidas de mitigação implementadas. A incorporação de variáveis socioeconômicas adicionais, como renda familiar e nível educacional, pode aprimorar a precisão do mapeamento de vulnerabilidades. Recomenda-se também a extensão da metodologia para outras regiões amazônicas com características similares. Este estudo oferece informações qualificadas e contextualizadas para o planejamento de políticas públicas de prevenção e resposta a desastres, orientando intervenções estruturais e não-estruturais para mitigação dos impactos de secas extremas nas populações ribeirinhas, especialmente vulneráveis às mudanças climáticas na região amazônica.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro no projeto “Subsídios para o Plano Municipal de Redução de Riscos de Manaus” EDITAL 004/2024 - PEX-CT&I/FAPEAM. Agradecemos a Secretaria Executiva de Defesa Civil de

Manaus pelo apoio logístico de campo e dados socioeconômicos. Agradecemos à Secretaria Nacional de Periferias do Ministério das Cidades pelo apoio ao Projeto Multicêntrico de Pesquisa-ação e Inovação de elaboração de Plano Municipal de Redução de Riscos de Desastres.

## REFERÊNCIAS

ACAPS (2025). "Thematic report - Brazil: Impact of drought in the Brazilian Amazon and 2025 outlook". ReliefWeb, 28 jan. 2025. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/brazil/acaps-thematic-report-brazil-impact-drought-brazilian-amazon-and-2025-outlook-28-january-2025>. Acesso em: 07 jun. 2025.

CRUZ, M.G.; HERNANDEZ, E.A.; UDDAMERI, V. (2021). "Vulnerability assessment of agricultural production systems to drought stresses using robustness measures". Scientific Reports, v. 11, n. 21648. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98829-5>.

DARABI, H.; ISLAMI FARSAANI, S.; IRANI BEHBAHANI, H. Evaluation of Ecological Vulnerability in Chelgard Mountainous Landscape. Pollution, v. 5, n. 3, 2019.

DEFESA CIVIL (2024). "Plano de Contingência". Prefeitura Municipal de Manaus. Disponível em: <https://radioriomarf.m.com.br/wp-content/uploads/2024/05/PLANO-DE-CONTINGENCIA-OFICIAL-2024-UNIFICADO.pdf>. Acesso em: 30 out. 2024.

EINI, M.; KABOLI, H. S.; RASHIDIAN, M.; HEDAYAT, H. Hazard and vulnerability in urban flood risk mapping: Machine learning techniques and considering the role of urban districts. International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 50, p. 101687, 2020.

ENGSTRÖM, J.; JAFARZADEGAN, K.; MORADKHANI, H. (2020). "Drought Vulnerability in the United States: An Integrated Assessment". Water, v. 12, n. 7, p. 2033. <https://doi.org/10.3390/w12072033>.

ESPINOZA, J.C.; JIMENEZ, J.C.; MARENGO, J.A. et al. (2024). "The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features". Scientific Reports, v. 14, n. 8107. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58782-5>.

GLOOR, M. et al. (2013). "Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades". Geophysical Research Letters, v. 40, n. 9, pp. 1729-1733.

IBGE (2024). "Cidades@". Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 13 maio 2024.

JUNK, W. J.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M. T. F. (2015). "A classification of the major habitats of Amazonian black-water river floodplains and a comparison with their white-water counterparts". Wetlands Ecology and Management, v. 23, n. 4, pp. 677-693.

PEREIRA, H. dos S. (2007). "A dinâmica da paisagem socioambiental das várzeas do rio Solimões-Amazonas", in Comunidades Ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais. Manaus: EDUA.

RAHMAN, G. et al. (2025). Drought impact, vulnerability, risk assessment, management and mitigation under climate change: A comprehensive review. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 29(1), 100120.

SANTOS DE LIMA, L. et al. (2024). "Severe droughts reduce river navigability and isolate communities in the Brazilian Amazon". *Communications Earth & Environment*, v. 5, n. 1, p. 370.

WORLD WEATHER ATTRIBUTION (2024). "Climate change, not El Niño, main driver of exceptional drought in highly vulnerable Amazon River Basin". Disponível em: <https://www.worldweatherattribution.org/climate-change-not-el-nino-main-driver-of-exceptional-drought-in-highly-vulnerable-amazon-river-basin/>. Acesso em: 07 jun. 2025