

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE MANAUS-AM: IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO MUNICIPAL E A VALORIZAÇÃO DE MATERIAIS

CHARACTERIZATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN MANAUS, BRAZIL: IMPLICATIONS FOR LOCAL MANAGEMENT AND RESOURCE RECOVERY

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE MANAUS (BRASIL): IMPLICACIONES PARA LA GESTIÓN MUNICIPAL Y LA VALORIZACIÓN DE MATERIALES

 10.56238/revgeov17n3-119

Melquizedec Arcos Rodrigues

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

E-mail: marrodrigues@uea.edu.br

Orcid: 0000-0001-9222-8675

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2325389016838433>

Kamal Abdel Radi Ismail

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

E-mail: kamal@fem.unicamp.br

Orcid: 0000-0001-7671-1384

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2741276950055207>

Fátima Aparecida de Moraes Lino

Pós-Doutora em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

E-mail: kamal@fem.unicamp.br

Orcid: 0000-0002-7619-1873

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5444502955195473>

Inácia Oliveira de Azevedo

Especialização em Psicopedagogia

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: I_azevedo10@hotmail.com

Orcid: 0009-0004-7578-7407

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1959448264262712>

RESUMO

O artigo descreve as atividades desenvolvidas para a caracterização dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Manaus-AM, buscando compreender como a composição gravimétrica e as propriedades físico-químicas dos materiais gerados influenciam o planejamento da gestão municipal. Adota-se



abordagem quanti-qualitativa, de caráter descritivo e explicativo, baseada em revisão bibliográfica em bases nacionais e internacionais, análise documental de planos e diagnósticos oficiais e sistematização de dados empíricos de campanhas de amostragem e pesagem em cargas de coleta regular. Os resultados indicam predominância da fração orgânica na massa total dos resíduos, seguida por plásticos, papel e papelão, além de parcela expressiva de recicláveis ainda não aproveitados. Evidenciam-se descompassos entre o potencial de recuperação de materiais e as práticas vigentes, fortemente centradas na coleta convencional e na disposição em aterro sanitário, com repercussões sobre a pressão ambiental do sistema e sobre as vulnerabilidades socioambientais da metrópole amazônica. Conclui-se que a caracterização detalhada dos resíduos constitui insumo estratégico para revisão de planos, definição de prioridades de investimento, fortalecimento da reciclagem e avaliação de cenários de valorização energética compatíveis com as especificidades territoriais de Manaus.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos. Caracterização Gravimétrica. Gestão de Resíduos. Manaus-AM.

ABSTRACT

The article describes the activities carried out to characterization of municipal solid waste in the city of Manaus, in the Brazilian Amazon, aiming to understand how the gravimetric composition and physicochemical properties of the generated materials influence municipal waste-management planning. A quantitative-qualitative, descriptive and explanatory approach was adopted, combining literature review in national and international databases, documentary analysis of official plans and diagnoses, and systematization of empirical data from sampling and weighing campaigns in regular collection trucks. The results show a predominance of the organic fraction in total waste mass, followed by plastics, paper and cardboard, as well as a significant share of recyclables that are still not recovered. Gaps are evident between the potential for material recovery and current practices, which remain heavily focused on conventional collection and landfilling, with consequences for the environmental pressure of the system and for socio-environmental vulnerabilities in the Amazonian metropolis. It is concluded that detailed waste characterization is a strategic input for revising plans, defining investment priorities, strengthening recycling and assessing energy-recovery scenarios consistent with the territorial specificities of Manaus.

Keywords: Municipal Solid Waste. Gravimetric Characterization. Waste Management. Manaus-AM.

RESUMEN

El artículo describe las actividades desarrolladas para la caracterización de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Manaus, en la Amazonia brasileña, con el objetivo de comprender cómo la composición gravimétrica y las propiedades físicoquímicas de los materiales generados influyen en la planificación de la gestión municipal de residuos. Se adopta un enfoque cuantitativo-cualitativo, de carácter descriptivo y explicativo, que combina revisión bibliográfica en bases de datos nacionales e internacionales, análisis documental de planes y diagnósticos oficiales y sistematización de datos empíricos de campañas de muestreo y pesaje en camiones de recolección regular. Los resultados indican predominio de la fracción orgánica en la masa total de residuos, seguida de plásticos, papel y cartón, además de una proporción significativa de reciclables aún no aprovechados. Se evidencian desajustes entre el potencial de recuperación de materiales y las prácticas vigentes, fuertemente centradas en la recolección convencional y la disposición en relleno sanitario, con repercusiones en la presión ambiental del sistema y en las vulnerabilidades socioambientales de la metrópoli amazónica. Se concluye que la caracterización detallada de los residuos constituye un insumo estratégico para revisar planes, definir prioridades de inversión, fortalecer el reciclaje y evaluar escenarios de valorización energética compatibles con las especificidades territoriales de Manaus.

Palabras clave: Residuos Sólidos Urbanos. Caracterización Gravimétrica. Gestión de Resíduos. Manaus-AM.



1 INTRODUÇÃO

A problemática dos resíduos sólidos urbanos posiciona-se como um dos gargalos estruturais mais complexos das metrópoles brasileiras em decorrência da expansão demográfica desordenada e da consolidação de padrões de consumo hiperestimulados que sobrecarregam a crônica fragilidade institucional no que tange à coleta e ao tratamento ambientalmente seguro. Levantamentos técnicos revelam de forma inequívoca uma trajetória de crescimento na geração per capita de rejeitos marcada pela predominância de matéria orgânica e por índices de reaproveitamento que permanecem aquém do necessário (Aguiar et al., 2021).

Persiste simultaneamente uma dependência severa de aterros sanitários que em diversos municípios ainda dividem espaço com lixões a céu aberto e aterros controlados de baixa eficiência (Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais, 2022; Freitas; Pires; Benincá, 2024). Sob esse prisma, o presente estudo elege a caracterização física dos resíduos como o alicerce indispensável para o desenho de políticas públicas capazes de viabilizar o manejo adequado e a valorização energética ao integrar o tema às discussões contemporâneas acerca da economia circular e da transição para paradigmas de desenvolvimento que priorizem a resiliência ecológica.

Na região Norte, as deficiências desse sistema tornam-se acentuadas porque a convergência entre vulnerabilidades sociais latentes e a vastidão das distâncias territoriais dificulta a materialização da gestão integrada exigida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Aguiar et al., 2021; Mendes et al., 2020).

Investigações conduzidas em localidades amazônicas demonstram que o descarte inapropriado em vazadouros permanece como uma prática persistente. Esse cenário é frequentemente agravado pela atuação de catadores sob condições de extrema precariedade e pela inexistência de centros de triagem estruturados que impossibilitam a continuidade de programas de educação ambiental (Anjos, 2020; García; Portugal, 2020). Nesse tabuleiro geográfico, Manaus emerge como peça estratégica. Por ser a principal centralidade urbana da Amazônia, o volume de sua geração de resíduos projeta impactos diretos e indiretos sobre ecossistemas de alta sensibilidade e comunidades vulneráveis que habitam as franjas urbanas e periurbanas da capital.

A investigação aqui proposta estrutura-se a partir de uma indagação fundamental sobre quais são as propriedades físicas e gravimétricas do fluxo de resíduos em Manaus e de que maneira tal perfil condiciona a gestão pública e as trajetórias de aproveitamento material. Trabalha-se com a premissa de que embora a tipologia dos resíduos manauaras guarde semelhanças com a de outros centros urbanos nacionais existem variáveis locais determinantes. Os hábitos de consumo regionais e as particularidades do regime climático equatorial exercem influência direta sobre parâmetros como densidade e umidade que alteram a viabilidade de recuperação (Conceição et al., 2020; Pestana; Ventura, 2020).



Admite-se adicionalmente que a escassez de séries históricas e dados sistematizados sobre a natureza desses descartes favorece a perpetuação de um modelo rudimentar focado quase exclusivamente no confinamento em aterros o que resulta em baixa performance operacional e no distanciamento dos mecanismos de planejamento estratégico (Rezende; Alvares; Ventura, 2020).

O propósito central desta pesquisa consiste em examinar a caracterização dos resíduos sólidos de Manaus-AM recorrendo a bases de dados primárias e secundárias para precisar a composição gravimétrica majoritária e o potencial de valoração energética. No plano dos objetivos específicos, pretende-se contextualizar as dimensões demográficas e econômicas da geração local ao situar a capital amazonense nos panoramas regional e nacional além de consolidar os achados de campanhas de amostragem e pesagem. Busca-se por fim fomentar o debate sobre os desafios da gestão municipal com foco em estratégias de redução e na inserção produtiva de catadores (Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais, 2022; Torres et al., 2022). Tal delimitação temática encontra justificativa na necessidade premente de produzir evidências científicas que amparem decisões políticas sintonizadas com a realidade singular do bioma amazônico.

Quanto ao percurso metodológico, o artigo adota uma lógica quanti-qualitativa de natureza descritiva e caráter exploratório operando em duas frentes complementares. A vertente teórica fundamenta-se em uma revisão bibliográfica rigorosa em repositórios como SciELO e Portal de Periódicos CAPES abrangendo a literatura nacional e internacional sobre gestão e valoração de resíduos com ênfase em estudos aplicados ao contexto da região Norte (Mendoza et al., 2023; Costa et al., 2020).

A etapa empírica dedica-se ao tratamento e à interpretação de dados obtidos em campanhas de campo realizadas em Manaus. Esse processo inclui a aferição da gravimetria e o cálculo da geração per capita sob o rigor de protocolos estabelecidos pela engenharia sanitária (Rodrigues et al., 2024; Pereira et al., 2020). Os indicadores resultantes são confrontados com as informações vigentes sobre o sistema de limpeza urbana e a destinação final evidenciando as distâncias entre as práticas cotidianas e o arcabouço normativo brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A discussão em torno dos resíduos sólidos urbanos ancora-se na premissa de que tais materiais provenientes de descartes domésticos ou comerciais exigem estratégias de manejo rigorosas para que se evitem colapsos sanitários. No cenário brasileiro, embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos tenha estabelecido pilares como a não geração e a responsabilidade compartilhada, os diagnósticos atuais persistem em apontar um recurso excessivo a lixões acompanhado de índices de recuperação material ainda incipientes. O pensamento acadêmico contemporâneo reforça que a gestão desses rejeitos não deve ser isolada. Ela precisa ser compreendida como um braço vital da política urbana



articulada diretamente a mecanismos de regulação econômica e instrumentos de planejamento (Freitas; Pires; Benincá, 2024).

O crescimento das populações e a expansão física das metrópoles potencializam o volume de descartes. Isso exerce uma pressão desproporcional sobre sistemas de limpeza que em regra carecem de robustez institucional. Na região Norte, especificamente, nota-se que o adensamento urbano somado às disparidades de renda gera fluxos de resíduos heterogêneos marcados por uma presença maciça de frações orgânicas e materiais recicláveis subaproveitados (Conceição et al., 2020). Tais particularidades clamam por diagnósticos regionalizados que respeitem as singularidades territoriais. É preciso evitar que se reproduzam modelos de gestão concebidos para realidades geográficas totalmente distintas (Aguiar et al., 2021).

A literatura técnica sublinha que o exame dos sistemas de gestão deve considerar a tríade entre produção, consumo e preservação ambiental. Em estudos focados na Amazônia, nota-se que o amálgama entre urbanização veloz e infraestrutura deficitária culmina em cenários de severa fragilidade socioambiental (Conceição et al., 2020). Nestas circunstâncias, a negligência em relação ao planejamento de longo prazo costuma aprisionar os municípios em soluções paliativas de coleta e disposição final. Isso ignora rotas tecnológicas voltadas à reciclagem e à valorização energética (Mendes et al., 2020).

A análise histórica da problemática revela a permanência de práticas nocivas como o descarte em ecossistemas sensíveis que ainda moldam a configuração da limpeza urbana no Brasil. Em Cachoeiras de Macacu, por exemplo, o cruzamento de dados documentais permitiu mapear a evolução das formas de destinação do lixo evidenciando como avanços pontuais convivem com a recorrência de medidas emergenciais (García; Portugal, 2020). Esta lente histórica é fundamental. Ela ajuda a desvendar como as coalizões políticas e os arranjos institucionais determinam a eficácia das soluções adotadas.

Sob a ótica jurídica, a efetivação das diretrizes nacionais ainda enfrenta obstáculos severos no monitoramento dos planos municipais de gestão integrada. Evidências colhidas na Paraíba demonstram que muitos desses planos foram concebidos sem participação social efetiva resultando em metas desconectadas da capacidade operacional das prefeituras (Mendes et al., 2020). Adicionalmente, o uso de ferramentas de qualidade em cidades de médio porte revela uma ausência crítica de padronização de processos o que fragiliza a integração entre os setores de planejamento ambiental e urbano (Rezende; Alvares; Ventura, 2020).

Os impactos da disposição inadequada sobre a saúde coletiva e o meio ambiente formam o núcleo de preocupação da literatura especializada especialmente em territórios marcados por desigualdades. Pesquisas em bacias hidrográficas comprovam que lixões degradam severamente a qualidade da água comprometendo a biodiversidade aquática e os múltiplos usos dos recursos hídricos



(Pereira et al., 2020). No tecido urbano, o acúmulo de resíduos em áreas baldias fomenta a proliferação de vetores e agrava enchentes. Alimenta-se assim um ciclo de vulnerabilidade que atinge as camadas sociais de menor renda (Anjos, 2020).

A natureza multifacetada dos resíduos exige estratégias que considerem suas propriedades específicas desde o lixo domiciliar até os resíduos de serviços de saúde. Em Eirunepé, no interior amazonense, constatou-se que o fluxo hospitalar apresentava falhas críticas no armazenamento e transporte elevando os riscos de contaminação biológica para os trabalhadores (Menezes; Situba, 2020). Tais achados reiteram que a gestão integrada é imperativa para garantir a segurança em municípios de difícil logística.

A avaliação do desempenho municipal tem se valido, com frequência crescente, de métodos quantitativos que refinam rotas logísticas e monitoram impactos ao meio ambiente. Em Ribeirão Preto, a título de exemplo, pesquisadores identificaram que certos entraves na governança participativa acabam por dificultar a transição real para modelos de sustentabilidade (Rezende; Alvares; Ventura, 2020). Outras frentes de investigação preferem focar em zonas de expansão urbana. O objetivo é decifrar padrões de descarte e, a partir disso, orientar ações de fiscalização ou pedagogia ambiental (Pestana; Ventura, 2020).

Nesse sentido, a adoção de indicadores robustos — como a pegada ecológica — permitiu uma leitura muito mais sofisticada da sustentabilidade nas cidades. Em Recife, o emprego dessa métrica evidenciou que a geração de resíduos varia conforme o perfil socioeconômico dos bairros, o que expõe desigualdades profundas na produção do lixo (Costa et al., 2020). Essa abordagem torna inegável o fato de que o estilo de vida atua como um determinante central na pressão exercida sobre o ecossistema e sobre os serviços de limpeza.

Em escala global, a literatura técnica aponta para um vínculo indissociável entre o desenvolvimento econômico e o aumento do descarte, com um salto mais acelerado em países emergentes. Análises de dados internacionais demonstram que, conforme os indicadores de progresso melhoram, os volumes de resíduos tendem a crescer. Isso exige políticas de gestão sofisticadas para que não haja uma intensificação insustentável dos impactos ambientais (Mendoza et al., 2023). Tal constatação reforça a urgência de que nações em desenvolvimento estruturem estratégias preventivas e tecnologias de valorização; caso contrário, apenas reproduzirão trajetórias falhas observadas em países industrializados.

No cenário brasileiro, relatórios sinalizam que, apesar dos avanços na substituição de lixões por aterros sanitários, persiste um número elevado de municípios com destinação inadequada. Além disso, há uma dificuldade crônica em ampliar a reciclagem ou a compostagem. O panorama recente destaca que a fração orgânica ainda é predominante no lixo urbano e que a coleta seletiva cobre apenas parcelas limitadas do território, apresentando um desempenho muito desigual entre as regiões



(Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais, 2022). Essas informações são fundamentais para balizar estudos de caracterização local, como o que se delineia para Manaus.

A caracterização gravimétrica — e a definição das propriedades físico-químicas — aparece na literatura como uma etapa obrigatória para o dimensionamento de sistemas de tratamento e recuperação de recursos. No caso específico de Manaus, pesquisas realizaram campanhas de amostragem e pesagem para identificar frações, densidade aparente e potencial energético, constituindo uma base sólida para a análise de cenários tecnológicos (Rodrigues et al., 2024). Estudos com esse rigor permitem avaliar a viabilidade real de rotas como a compostagem, a reciclagem de secos e o aproveitamento térmico da fração rejeito.

A discussão sobre a valorização energética tem ganhado fôlego, especialmente em metrópoles onde a disponibilidade de áreas para novos aterros é escassa e os custos de transporte são proibitivos. Análises sobre o coprocessamento em fornos de cimento indicam que há potencial para reduzir o volume destinado a aterros, substituindo combustíveis fósseis e mitigando a emissão de gases de efeito estufa (Torres et al., 2022). No entanto, os autores fazem um alerta: a adoção dessas tecnologias precisa ser precedida de uma caracterização rigorosa e de uma avaliação profunda dos impactos sociais envolvidos.

Dentro do recorte amazônico, os estudos sugerem que as particularidades do clima, a vastidão florestal e a logística fluvial influenciam diretamente a organização dos serviços. Trabalhos na região Norte evidenciam a coexistência de capitais com consumo intenso e municípios pequenos com baixa arrecadação, o que gera um mosaico complexo de arranjos institucionais (Aguiar et al., 2021). Nessas condições, definir estratégias para Manaus exige análises que integrem os aspectos territoriais e ambientais específicos da região (Conceição et al., 2020).

O conjunto de evidências revela que a caracterização dos resíduos transcende a técnica pura; ela se articula a processos históricos e socioeconômicos que moldam a capacidade de planejamento das cidades. Estudos convergem para a ideia de que o aumento da geração acompanha o PIB, mas os danos podem ser mitigados com políticas integradas de prevenção (Mendoza et al., 2023). Essa perspectiva reforça por que pesquisas empíricas em contextos específicos são tão vitais para fornecer parâmetros confiáveis à tomada de decisão local (Costa et al., 2020).

Assim, o referencial teórico deste estudo combina a relação entre crescimento urbano e vulnerabilidade com abordagens de avaliação de desempenho e alternativas tecnológicas. A literatura é clara: diagnósticos detalhados da composição do lixo são a condição necessária para qualquer estratégia, desde a educação ambiental até a recuperação energética (Rodrigues et al., 2024). Nesse marco, caracterizar os resíduos de Manaus é um passo estratégico para fundamentar modelos de gestão compatíveis com a lei e com a realidade amazônica (Freitas; Pires; Benincá, 2024).



3 METODOLOGIA

A estratégia investigativa deste trabalho ancora-se em uma abordagem quanti-qualitativa de natureza descritiva e explicativa. O estudo articula técnicas de levantamento bibliográfico, análise documental e processamento de dados empíricos sobre a caracterização de resíduos sólidos urbanos. A pesquisa bibliográfica foi executada em bases como SciELO, LILACS e Portal de Periódicos CAPES, priorizando-se publicações editadas entre 2020 e 2025 que versam sobre a gestão e a composição de descartes em contextos brasileiros e amazônicos. Esse esforço permitiu a sustentação do referencial teórico apresentado anteriormente (Freitas; Pires; Benincá, 2024; Mendoza et al., 2023). Em complemento, procedeu-se ao exame minucioso de estudos de caso em municípios da região Norte e de investigações que debatem aspectos institucionais e operacionais. O objetivo central foi situar a cidade de Manaus em um panorama mais amplo de desafios logísticos e estratégias de manejo (Conceição et al., 2020; Aguiar et al., 2021).

A pesquisa documental concentrou-se no escrutínio de planos, relatórios e diagnósticos oficiais, além de teses acadêmicas que retratam a realidade de variados municípios brasileiros. Documentos relativos à gestão integrada foram avaliados sob categorias como o tipo de destinação final, a cobertura da coleta e a participação efetiva de catadores. Adotaram-se procedimentos similares aos empregados em investigações sobre a Paraíba e outras regiões brasileiras (Mendes et al., 2020; Rezende; Alvares; Ventura, 2020). Essa etapa buscou compreender o arcabouço institucional vigente. Simultaneamente, buscou-se identificar lacunas informacionais que reforçam a necessidade premente de estudos focados na caracterização física dos materiais.

A dimensão empírica consistiu na sistematização de dados de caracterização gravimétrica e propriedades físico-químicas dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Manaus - AM. Tais indicadores foram extraídos de pesquisas acadêmicas prévias e de campanhas de amostragem realizadas em pontos estratégicos da coleta municipal. Utilizou-se o procedimento clássico de amostragem em cargas de caminhões compactadores com a segregação manual das frações e a pesagem rigorosa por categorias de materiais, seguindo as práticas consolidadas na engenharia sanitária (Costa et al., 2020). Os resultados dessas campanhas, publicados em estudo específico sobre a gravimetria local, serviram como fonte primária para o cálculo de percentuais em massa e densidade aparente (Rodrigues et al., 2024). Tais métricas são essenciais para identificar as frações com maior potencial de valorização energética.

Os dados obtidos foram organizados em planilhas e submetidos a tratamentos de estatística descritiva. Foram calculadas médias, desvios e intervalos de variação para as diferentes frações, evidenciando a composição típica dos resíduos manauaras. Sempre que pertinente, os achados foram confrontados com valores reportados em estudos de outros centros urbanos. Isso permitiu avaliar convergências quanto à predominância de matéria orgânica e rejeitos (Associação Brasileira de



Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2022; Torres et al., 2022). Essa comparação foi decisiva para situar o cenário local frente ao panorama nacional, auxiliando na discussão sobre o dimensionamento de tecnologias de tratamento e disposição final.

A análise integrada dos dados ocorreu de forma interpretativa. Buscou-se articular a caracterização física dos resíduos às condições socioeconômicas e institucionais da capital amazonense. A triangulação entre resultados de campo, informações oficiais e evidências da literatura possibilitou identificar tensões entre o perfil de geração em Manaus e as estratégias de gestão atualmente em curso (Pestana; Ventura, 2020; Pereira et al., 2020). Essa opção metodológica visou garantir robustez às conclusões finais. Ao combinar a profundidade da análise qualitativa com a objetividade dos indicadores quantitativos, o estudo entrega uma visão sistêmica sobre a realidade amazônica.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Os resultados obtidos na caracterização dos resíduos sólidos urbanos de Manaus revelam um perfil que, em linhas gerais, assemelha-se ao de outras metrópoles brasileiras, embora seja profundamente atravessado pelas especificidades territoriais e socioeconômicas da Amazônia. Nota-se que a fração orgânica exerce uma hegemonia clara na massa total dos resíduos. Em seguida, destacam-se os plásticos, o papel e o papelão, enquanto metais, vidros e rejeitos diversos apresentam uma participação proporcionalmente inferior. Tal configuração confirma a centralidade dos descartes domiciliares e dos serviços de alimentação no fluxo regular do município (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2022). Esse padrão reforça a urgência de se debater estratégias integradas que contemplem a redução na fonte, a compostagem e a biodigestão, além da necessária melhoria nos sistemas de segregação em consonância com o comportamento de consumo da população local (Freitas; Pires; Benincá, 2024).

Para refinar a interpretação desses achados, a discussão foi estruturada em eixos analíticos que buscam articular a composição física dos materiais às condições socioambientais e ao desempenho das instituições. O Quadro 1 sintetiza esses eixos, relacionando as observações colhidas em Manaus às fontes de referência que balizam este estudo. A intenção pedagógica desta organização é tornar explícito como os dados empíricos conversam com diagnósticos nacionais e estudos de caso amazônicos, além de análises globais sobre a relação entre desenvolvimento e geração de rejeitos (Conceição et al., 2020; Mendoza et al., 2023). Dessa forma, constrói-se uma visão mais robusta sobre o papel estratégico que a capital amazonense ocupa nesse debate contemporâneo.



Quadro 1 – Eixos analíticos da discussão dos resultados para Manaus-AM

Eixo analítico	Síntese dos achados para Manaus	Fonte geral
Composição gravimétrica e frações dominantes	Predomínio de fração orgânica, seguido de plásticos, papel/papelão e parcela significativa de recicláveis não aproveitados.	Rodrigues et al. (2024); Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2022)
Geração per capita e tendências de aumento	Geração específica compatível com grandes centros de países de renda média, com tendência de crescimento associada à urbanização e ao consumo.	Conceição et al. (2020); Mendoza et al. (2023)
Vulnerabilidades socioambientais em contexto amazônico	Pressão sobre áreas de várzea, igarapés e periferias urbanas, com riscos de contaminação e agravamento de desigualdades territoriais.	Anjos (2020); Aguiar et al. (2021)
Impactos em corpos hídricos e saúde ambiental	Lançamentos irregulares e manejo inadequado contribuem para degradação da qualidade da água e aumento de riscos sanitários.	Pereira et al. (2020); Menezes; Situba (2020)
Desempenho institucional e planejamento da gestão	Descompasso entre diagnósticos, metas de planos e uso efetivo de dados de campo na tomada de decisão.	Mendes et al. (2020); Rezende; Alvares; Ventura (2020)
Padrões de descarte e dinâmica urbana	Evidências de descarte difuso em áreas de expansão urbana e em zonas com menor infraestrutura de fiscalização e limpeza.	Pestana; Ventura (2020); García; Portugal (2020)
Pegada ecológica e pressão ambiental do sistema de resíduos	Elevada carga ambiental associada ao manejo atual, sobretudo pela destinação da fração orgânica a aterros.	Costa et al. (2020)
Potencial de valorização energética da fração rejeito	Presença de materiais com poder calorífico relevante, com viabilidade técnica para rotas de coprocessamento, condicionada a critérios ambientais.	Torres et al. (2022); Rodrigues et al. (2024)

Fonte: Autores.

A predominância da fração orgânica — elemento central na composição gravimétrica de Manaus — impõe gargalos operacionais e ambientais severos ao sistema de gestão pública. Quando esse material é encaminhado sem tratamento aos aterros, ele acelera a produção de chorume e as emissões de metano, o que sobrecarrega a drenagem de lixiviados e exige sistemas complexos de monitoramento atmosférico. Paralelamente, essa mesma massa crítica revela um potencial notável para a compostagem e a digestão anaeróbia. Tais rotas, contudo, dependem de programas de segregação na fonte e de uma educação ambiental que dialogue com a pegada ecológica do consumo (Costa et al., 2020). O fato de que a matéria orgânica manauara segue majoritariamente sem processamento prévio ratifica a urgência de integrar essa variável às estratégias de planejamento (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2022).

No que tange à geração per capita, os dados de Manaus aproximam-se dos índices registrados em grandes metrópoles de nações emergentes. Essa tendência confirma o nexos entre o crescimento econômico e a intensificação dos fluxos de descarte. Evidências internacionais sugerem que a melhoria nos indicadores de desenvolvimento costuma elevar o volume de resíduos, demandando políticas



sofisticadas de prevenção e recuperação (Mendoza et al., 2023). No contexto da região Norte, esse fenômeno é agravado por abismos socioeconômicos e por uma estrutura institucional ainda em formação. O resultado são sistemas de gestão reativos, que operam com baixa densidade de diagnósticos técnicos (Conceição et al., 2020).

As vulnerabilidades socioambientais típicas do cenário amazônico tornam-se evidentes quando se observa a ocupação do território. Investigações locais denunciam a persistência do descarte em margens de rios, áreas de várzea e terrenos baldios — práticas umbilicalmente ligadas à pobreza urbana e à descontinuidade dos serviços de limpeza (Anjos, 2020). Nos estados da Amazônia, a combinação entre uma logística complexa e a baixa capacidade de fiscalização expõe populações vulneráveis a riscos ambientais acentuados. Manaus, como metrópole que drena fluxos regionais, sintetiza esses desafios (Aguiar et al., 2021).

A degradação de corpos hídricos e os impactos na saúde coletiva ganham relevo em cidades cortadas por igarapés. Pesquisas em bacias brasileiras demonstram que o lançamento de sólidos e efluentes compromete a qualidade da água, afetando desde o abastecimento até o lazer e a pesca (Pereira et al., 2020). No interior do Amazonas, estudos sobre resíduos de saúde revelaram falhas críticas na segregação e no armazenamento, elevando o perigo de contaminação para trabalhadores e comunidades ribeirinhas (Menezes; Situba, 2020). Tais achados reforçam a necessidade de conectar a gestão de resíduos em Manaus às políticas de proteção de recursos hídricos e vigilância ambiental.

No eixo institucional, o confronto entre os dados de campo e os instrumentos formais expõe descompassos profundos. Avaliações de planos municipais indicam diagnósticos incompletos e metas que raramente saem do papel (Mendes et al., 2020). Em cidades de médio porte, a ausência de indicadores consolidados e a frágil integração entre os setores de urbanismo e meio ambiente limitam decisões baseadas em evidências (Rezende; Alvares; Ventura, 2020). A experiência de Manaus sugere que, embora existam dados de gravimetria e propriedades físico-químicas, sua incorporação sistemática na tomada de decisão política ainda é um horizonte a ser alcançado.

A dinâmica urbana revela a coexistência de áreas assistidas e zonas de expansão marcadas pelo descarte difuso, especialmente nas periferias e ocupações recentes. Estudos em cidades paulistas mostram que trechos com menor presença do Estado tendem a concentrar focos de lixo em vias públicas, gerando degradação e conflitos sociais (Pestana; Ventura, 2020). A análise histórica de casos como o de Cachoeiras de Macacu ajuda a entender como as escolhas políticas e as crises econômicas moldam o sistema atual, inserindo Manaus em uma trajetória de disputas pelo uso do solo (García; Portugal, 2020).

Quanto à pressão ambiental, o modelo baseado em coleta convencional e aterramento total gera uma carga ecológica pesada. Em Recife, por exemplo, a análise da pegada ecológica demonstrou que bairros com alta geração de resíduos e manejo ineficiente pressionam severamente os recursos naturais



(Costa et al., 2020). Os resultados de Manaus indicam que, sem políticas de prevenção e tratamento prévio, a capital tende a reproduzir essa pegada significativa.

O potencial de valorização energética da fração rejeito mostra que, apesar de a prioridade ser a reciclagem, existe material com poder calorífico viável para rotas térmicas. O uso de combustíveis derivados de resíduos em fornos de cimento pode reduzir a queima de fósseis e o volume nos aterros, desde que respeitados critérios rigorosos de emissão (Torres et al., 2022). Para Manaus, essa possibilidade é tecnicamente plausível, mas depende de um planejamento que não canibalize as oportunidades de reciclagem nem o tratamento da matéria orgânica (Rodrigues et al., 2024). Em suma, os eixos discutidos mostram que caracterizar os resíduos de Manaus é o alicerce estratégico para uma transição em direção a modelos mais sustentáveis (Freitas; Pires; Benincá, 2024; Conceição et al., 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste artigo demonstram que o objetivo de caracterizar os resíduos sólidos urbanos de Manaus foi plenamente atingido. A descrição da composição gravimétrica predominante — somada à análise da geração específica e das propriedades físico-químicas — ofereceu o embasamento necessário para o planejamento estratégico da gestão municipal. Os dados confirmaram a hegemonia da fração orgânica na massa total, acompanhada por plásticos, papel e papelão, enquanto metais e vidros registram participação reduzida. Tal cenário ratifica a centralidade dos descartes domiciliares e do setor de alimentação no fluxo de resíduos da capital. Diante disso, torna-se imperativo enfrentar os gargalos da segregação na fonte e da redução da geração, buscando uma destinação que seja, de fato, ambientalmente equilibrada.

A articulação entre os achados empíricos e a literatura especializada permitiu interpretar os resultados sob a lente das vulnerabilidades socioambientais e das limitações institucionais da região. Observou-se que o modelo de gestão manauara ainda se ancora, de forma quase exclusiva, na coleta convencional e no soterramento em aterros sanitários. O aproveitamento de recicláveis e o tratamento biológico da matéria orgânica permanecem em patamares restritos. Além disso, identificaram-se descompassos críticos entre os diagnósticos técnicos disponíveis e as decisões políticas efetivas, o que revela uma margem expressiva para o aprimoramento da administração pública com base em evidências científicas.

Do ponto de vista metodológico, a combinação entre a abordagem quanti-qualitativa e a análise de dados gravimétricos mostrou-se eficaz para captar tanto a frieza dos números quanto a complexidade estrutural do problema em Manaus. A organização da discussão em eixos analíticos — abrangendo desde a composição física até o potencial de valorização energética — conferiu clareza à exposição dos desafios locais. Esse arranjo metodológico reforça como estudos de caracterização são



insumos vitais para a revisão de planos plurais, a definição de prioridades de investimento e o desenho de políticas de inclusão socioproductiva de catadores.

Embora o estudo se apoie em uma base empírica sólida, reconhece-se que novos levantamentos de campo seriam oportunos. Séries temporais mais extensas e recortes espaciais detalhados por bairros poderiam ampliar a compreensão sobre variações sazonais e mudanças nos hábitos de consumo da população. Investigações futuras que integrem a modelagem de cenários econômicos e a participação ativa de atores locais têm o potencial de aprofundar a avaliação de rotas tecnológicas. Tais esforços são essenciais para apoiar escolhas alinhadas às particularidades logísticas da Amazônia e às exigências de sustentabilidade que o século XXI impõe às metrópoles da região.



REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. São Paulo: Abrelpe, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2022/>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- AGUIAR, E. S.; RIBEIRO, M. M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 13, e20190263, 2021. DOI: 10.1590/2175-3369.013.e20190263. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/ChsQCLZPmGcXnLd5fjnpgh/>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- ANJOS, A. M. Aspectos socioambientais dos resíduos sólidos urbanos da cidade de São Tomé RN. *Geoconexões*, Natal, v. 5, n. 1, p. 19–32, 2020. DOI: 10.15628/geoconexoes.2020.10270. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/geoconexoes.2020.10270>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- CONCEIÇÃO, M. M. M.; SOUZA, G. B.; QUEIROZ, T. L.; SILVA, A. C. S.; SÁ, R. J. S.; SILVA, A. P. S.; SILVA, J. E. V. C.; COSTA, R. S.; TAVARES, L. S.; GOMES, L. E. N.; DIAS, S. C.; JUNIOR, A. P. Crescimento populacional e geração de resíduos sólidos: o caso da região Norte. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 7936–7947, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n2-195. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-195>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- COSTA, A. R. S.; SILVA, R. C. P.; JUCÁ, J. F. T.; EL-DEIR, S. G. Aplicação da pegada ecológica na gestão de resíduos sólidos urbanos através de análise de componentes principais: estudo da cidade de Recife, Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, Ciudad de México, v. 13, n. 2, p. 320–333, 2020. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.69120. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.69120>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- FREITAS, M. F.; PIRES, M. M.; BENINCÁ, D. Fragilidades e potencialidades na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 16, e20210280, 2024. DOI: 10.1590/2175-3369.016.e20210280. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/QYvS6F8t3tHHRDz8VJ6W9Sn/>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- GARCÍA, L. C. V.; PORTUGAL, A. S. Panorama histórico dos resíduos sólidos em Cachoeiras de Macacu: a face dos anos de 2011 a 2013. *Revista Tamoios*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 67–85, 2020. DOI: 10.12957/tamoios.2020.50293. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/tamoios/article/view/50293>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- MENDOZA, R. R.; LIMA, A. M. M.; PIMENTEL, M. A. S.; PONTES, A. N.; ROCHA, E. J. P. World development and generation of waste. *Environmental Science and Pollution Research*, Cham, v. 30, n. 6, p. 14792–14804, 2023. DOI: 10.1007/s11356-022-23106-5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-23106-5>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- MENEZES, C. F.; SITUBA, N. S. Os resíduos sólidos hospitalares na cidade de Eirunepé – Amazonas. *Revista Monografias Ambientais*, Santa Maria, v. 19, p. 1–19, 2020. DOI: 10.5902/2236130852498. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236130852498>. Acesso em: 9 mar. 2026.



MENDES, J. R. L.; GUIMARÃES, M. S.; ALMEIDA, L. S.; GOMES, W. G. Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Direito e Gestão Pública*, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 449–457, 2020. DOI: 10.26668/IndexLawJournals.2526-0065.2020.8.2.7018. Disponível em: <https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals.2526-0065.2020.8.2.7018>. Acesso em: 9 mar. 2026.

PEREIRA, C. S.; SANTOS, F. S.; FERREIRA, L. M.; OLIVEIRA, A. C. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. *Nature and Conservation*, Curitiba, v. 13, n. 2, p. 10–24, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0002. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0002>. Acesso em: 9 mar. 2026.

PESTANA, L. O. B.; VENTURA, K. S. Avaliação do descarte de resíduos sólidos no meio urbano: zona ZOEMI-APOC de Araraquara/SP. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Tupã, v. 16, n. 3, p. 36–54, 2020. DOI: 10.17271/1980082716320202360. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/1980082716320202360>. Acesso em: 9 mar. 2026.

REZENDE, D.; ALVARES, M. E. G.; VENTURA, K. S. Análise dos desafios da gestão de resíduos sólidos urbanos com ferramentas de qualidade no município de Ribeirão Preto – SP. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, Tupã, v. 8, n. 57, p. 37–52, 2020. DOI: 10.17271/2318847285720202243. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/2318847285720202243>. Acesso em: 9 mar. 2026.

RODRIGUES, M. A.; ISMAIL, K. A. R.; LINO, F. A. M.; AZEVEDO, I. O. Gravimetria completa dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Manaus – AM. In: *FRONTIERS OF KNOWLEDGE: MULTIDISCIPLINARY APPROACHES IN ACADEMIC RESEARCH*. Maringá: Seven Publicações, 2024. DOI: 10.56238/sevened2024.026-030. Disponível em: <https://sevenpubl.com.br/editora/article/download/5586/10271/22450>. Acesso em: 9 mar. 2026.

TORRES, V. A.; LANGE, L. C.; CARRASCO, F. F.; MOURA, M. R.; GOMES, A. P. Rotas tecnológicas, desafios e potencial para valoração energética de resíduo sólido urbano por coprocessamento no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 5, p. 881–893, 2022. DOI: 10.1590/S1413-415220220139. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/4p6y7f6fQPW8qXhCstpMNQG/>. Acesso em: 9 mar. 2026.

