ISSN: 2316-607X

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NOS SERVIÇOS DE SAÚDE: PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Adelair Mendes Conceição[1]
Cleize Maria de Barros Tavares[2]
Pablo Junior Pereira [3]
Angélica Cândida Ferreira[4]
Julio Cesar Santin[5]
Lilian Christian Domingues de Souza[6]

Resumo: A sustentabilidade ambiental nos serviços de saúde demanda a conciliação entre segurança assistencial, proteção dos trabalhadores, eficiência dos recursos e prevenção dos impactos ecossistêmicos. Este artigo objetiva analisar, mediante revisão bibliográfica narrativa, práticas sustentáveis e estratégias de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS), identificando benefícios, desafios e lacunas de conhecimento. Foram examinadas publicações acadêmicas e documentos institucionais disponíveis em fontes científicas e oficiais, com ênfase no período de 2015 a 2026, além de normas anteriores essenciais ao enquadramento brasileiro. A síntese organiza a literatura em eixos referentes à governança ambiental, à hierarquia de prevenção de resíduos, à segregação e ao manejo de RSS, à educação permanente, à avaliação do ciclo de vida e à economia circular. A literatura indica que a segregação na origem, a capacitação continuada, as auditorias de resíduos, a revisão de compras e processos assistenciais e a adoção de tecnologias apropriadas podem reduzir riscos e desperdícios. Contudo, os resultados dependem de infraestrutura, financiamento, liderança, monitoramento e articulação entre prevenção de infecções e gestão ambiental. Conclui-se que o gerenciamento de RSS é componente necessário, mas insuficiente, de uma estratégia institucional de sustentabilidade: sua efetividade exige ações preventivas, indicadores e decisões baseadas em evidências, respeitando as exigências sanitárias e as diferenças entre estabelecimentos. Persistem lacunas quanto à avaliação longitudinal, aos custos completos e à aplicação em serviços de menor porte.

[1] Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola pela Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil (2018).
[2] Especialização em psicopedagogia clínica pela União das Faculdades de Alta Floresta, Brasil (2013).
[3]Mestrado em Mestrado em Saúde da Família (PPGSF) pela Universidade Estácio de Sá, Brasil (2024).
[4]Doutorado em Biodiversidade pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil (2020).
[5]Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil (2018).
[6]Doutorado em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil (2011).

Palavras-chave: Sustentabilidade ambiental. Resíduos de serviços de saúde. Gestão ambiental. Hospitais. Economia circular.

Abstract: Environmental sustainability in healthcare requires reconciling patient safety, worker protection, resource efficiency, and the prevention of ecosystem impacts. This article aims to analyze sustainable practices and healthcare waste management strategies through a narrative literature review, identifying benefits, implementation challenges, and knowledge gaps. Academic publications and official institutional documents were examined, emphasizing the 2015–2026 period while retaining earlier Brazilian regulations essential to the subject. The synthesis addresses environmental governance, waste prevention hierarchies, segregation and management of healthcare waste, continuing education, life-cycle assessment, and the circular economy. The literature suggests that source segregation, ongoing training, waste audits, procurement and clinical process review, and appropriate treatment technologies can reduce risks and waste. However, effectiveness depends on infrastructure, funding, leadership, monitoring, and alignment between infection prevention and environmental management. Healthcare waste management is necessary but not sufficient for institutional sustainability: meaningful progress also requires prevention-oriented actions, performance indicators, and evidence-informed decisions that respect sanitary standards and the diversity of healthcare settings. Important gaps remain in longitudinal evaluation, full-cost accounting, and the applicability of interventions to smaller healthcare facilities.
Keywords: Environmental sustainability. Healthcare waste. Environmental management. Hospitals. Circular economy.

1 INTRODUÇÃO

A proteção da saúde humana depende de ambientes ecologicamente equilibrados, ao mesmo tempo que o funcionamento dos sistemas assistenciais mobiliza energia, água, medicamentos, alimentos, equipamentos, transporte e materiais de uso único. Esse aparente paradoxo tornou-se central à discussão sobre saúde planetária: instituições destinadas à prevenção e ao tratamento de doenças também participam de cadeias de produção e descarte que podem agravar a poluição, a mudança climática e a pressão sobre recursos naturais. Em avaliação global, Lenzen et al. (2020) identificaram impactos ambientais associados à assistência, diretos e indiretos, distribuídos por diferentes categorias de pressão ambiental, com destaque para a contribuição das cadeias de suprimento.

A magnitude desse problema excede os limites da coleta de lixo hospitalar. A Organização Mundial da Saúde estima que aproximadamente 85% dos resíduos gerados em atividades de saúde são classificados como gerais, não perigosos, enquanto cerca de 15% apresentam características de perigo, como potencial infeccioso, tóxico ou radioativo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2024). Esse panorama exige distinguir riscos efetivos de percepções genéricas de contaminação: a classificação inadequada pode aumentar o volume encaminhado a tratamentos especiais, elevar custos e comprometer a recuperação segura de materiais.

No Brasil, a gestão dos resíduos de serviços de saúde (RSS) está inserida no arcabouço da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n. 12.305/2010, e em regras sanitárias e ambientais específicas. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n. 222/2018 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) disciplina boas práticas de gerenciamento e atribui aos geradores obrigações de planejamento, segregação, acondicionamento, manejo e destinação (BRASIL, 2010, 2018). A Resolução Conama n. 358/2005 trata do tratamento e da disposição final dos resíduos de serviços de saúde (BRASIL, 2005). O cumprimento dessas normas constitui condição básica, mas não substitui a necessidade de evitar a geração desnecessária de resíduos e de aperfeiçoar fluxos institucionais.

A atualização da agenda ambiental do setor decorre também da perspectiva de sistemas de saúde resilientes e de baixo carbono. MacNeill, McGain e Sherman (2021) propõem incorporar a sustentabilidade ao próprio conceito de cuidado de qualidade, enquanto a Organização Mundial da Saúde (2023) associa a transição de baixo carbono ao fortalecimento da resiliência, da segurança e da cobertura universal. Trata-se, portanto, de deslocar a discussão de iniciativas isoladas para uma análise sistêmica que inclua governança, assistência, compras, infraestrutura e destinação.

A pergunta norteadora desta revisão é: quais práticas sustentáveis e estratégias de gerenciamento de RSS têm sido descritas na literatura científica, e quais são os principais desafios e fatores que influenciam sua implementação em hospitais, clínicas e demais estabelecimentos de saúde? O objetivo geral é analisar, a partir da literatura científica, as práticas de sustentabilidade ambiental e as estratégias de gerenciamento de resíduos adotadas nos serviços de saúde, identificando seus benefícios, desafios e lacunas de conhecimento.

Especificamente, busca-se apresentar os fundamentos normativos e conceituais do gerenciamento de RSS, sistematizar estratégias de prevenção, segregação e destinação, examinar fatores organizacionais que condicionam sua aplicação e discutir as limitações das

evidências disponíveis. A relevância do estudo é acadêmica e prática: oferece uma síntese crítica para gestores, profissionais, estudantes e pesquisadores sem pretender substituir protocolos locais, avaliação de riscos, licenciamento ambiental ou orientação técnica dos órgãos competentes.

2 METODOLOGIA

Trata-se de revisão bibliográfica narrativa, de caráter descritivo e analítico, baseada exclusivamente em trabalhos publicados e documentos institucionais de acesso público. A modalidade narrativa foi escolhida por permitir o exame articulado de contribuições com desenhos distintos — estudos de impacto ambiental, revisões sistemáticas, textos de síntese, normas sanitárias e relatórios de organismos internacionais — e por ser adequada à pergunta ampla sobre práticas, determinantes de implementação e desafios. Não se trata de revisão sistemática ou meta-análise própria, e não se afirma exaustividade da literatura.

O levantamento direcionado para elaboração do texto concentrou-se em consultas a portais de periódicos, bases de referências biomédicas e páginas oficiais de órgãos normativos e internacionais; foram utilizados registros localizáveis em PubMed, páginas de periódicos científicos e acervos oficiais da Anvisa, da legislação federal, da Organização Mundial da Saúde e do UNICEF. SciELO, Google Acadêmico e Portal de Periódicos CAPES constituem fontes pertinentes para ampliar e reproduzir a busca em uma etapa editorial posterior, mas não se atribui a essas plataformas uma busca exaustiva ou contagem de resultados que não foi documentada. Essa delimitação evita apresentar como executadas etapas de seleção quantitativa não verificadas.

Foram empregados como termos de localização, isolados ou combinados, os equivalentes em português e inglês de “sustentabilidade ambiental”, “serviços de saúde”, “resíduos de serviços de saúde”, “gerenciamento de resíduos”, “hospital sustentável”, “segregação de resíduos”, “educação ambiental”, “economia circular”, “avaliação do ciclo de vida”, “healthcare waste”, “medical waste management”, “green hospital” e “environmental sustainability”. Para ampliar a sensibilidade temática, buscou-se a combinação de termos sobre assistência e resíduos com expressões relativas a intervenção, barreiras, economia circular e emissões.

Adotou-se como recorte principal o período de janeiro de 2015 a novembro de 2026, incluindo publicações em português e inglês cuja pertinência temática e identificação bibliográfica fossem verificáveis. Documentos normativos anteriores ao recorte, notadamente a Resolução Conama n. 358/2005 e a Lei n. 12.305/2010, foram mantidos pela relevância

jurídica. Os critérios de inclusão abrangeram artigos originais e de revisão, relatórios de entidades reconhecidas e textos legais capazes de esclarecer conceitos, resultados, requisitos ou obstáculos aplicáveis à gestão ambiental em serviços de saúde.

Foram excluídos, na composição do corpo argumentativo, textos promocionais sem fundamentação identificável, duplicações, materiais sem referência rastreável e publicações que abordassem resíduos urbanos sem ligação analítica consistente com o contexto assistencial. As fontes selecionadas foram lidas com atenção à natureza de suas evidências: estimativas globais não foram transportadas automaticamente para o Brasil, e resultados de estudos de intervenção não foram tratados como garantias universais de efetividade.

A análise foi qualitativa, mediante leitura temática e confronto interpretativo. Organizaram-se seis núcleos de discussão: sustentabilidade e pegada ambiental; bases regulatórias e planejamento; segregação e tratamento; prevenção e circularidade; educação e governança; e indicadores, barreiras e evidências de implementação. Como não houve protocolo registrado, extração por revisores independentes, avaliação formal do risco de viés ou fluxograma de elegibilidade, os resultados devem ser compreendidos como síntese crítica contextualizada, e não como estimativa agregada de efeito. Não houve coleta de dados com pessoas nem utilização de informações individuais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO E DESENVOLVIMENTO

3.1 Sustentabilidade ambiental, saúde planetária e cadeias de suprimento

O conceito de sustentabilidade no setor de saúde envolve a continuidade da prestação de cuidados eficazes sem deslocar custos ambientais e sanitários para outras populações ou gerações. Nessa perspectiva, a qualidade assistencial não é medida apenas pelo resultado imediato do procedimento; também envolve a utilização responsável de recursos e a prevenção de danos indiretos. MacNeill, McGain e Sherman (2021) defendem uma abordagem de saúde planetária que integre redução de demanda evitável, adequação de práticas clínicas e mitigação de emissões associadas aos serviços.

A avaliação de Lenzen et al. (2020) demonstrou que os impactos ambientais do setor são múltiplos e conectados à produção de bens e serviços comprados pelas organizações. Isso significa que medidas concentradas apenas no consumo de eletricidade ou no descarte final não alcançam a totalidade do problema. Produtos farmacêuticos, materiais descartáveis, logística, construção e alimentação integram uma rede de atividades cujos efeitos podem ocorrer longe do hospital que consome os recursos.

O relatório internacional sobre a pegada climática do setor, produzido por Health Care Without Harm e Arup (2019), ampliou a atenção para as emissões ligadas às operações e às cadeias de suprimento. Embora estimativas globais dependam de recortes e métodos específicos, seu valor para a gestão reside em evidenciar a necessidade de ações coordenadas entre compra, uso e descarte. A instituição que deseja diminuir seu impacto precisa examinar que materiais adquire, por que os utiliza, com qual frequência e em que condições podem ser reduzidos ou substituídos.

A Organização Mundial da Saúde (2023) vincula sistemas de saúde de baixo carbono à resiliência climática. Esses dois objetivos não são idênticos: mitigar emissões não elimina, por si, a vulnerabilidade a eventos extremos; por outro lado, obras de resiliência mal planejadas podem aumentar consumo material e energético. A integração entre as agendas requer escolhas que atendam simultaneamente à continuidade assistencial, à eficiência de recursos e à segurança de usuários e trabalhadores.

Na escala dos estabelecimentos, a gestão ambiental deve reconhecer diferenças de complexidade. Hospitais de alta densidade tecnológica têm fluxos expressivos de salas cirúrgicas, laboratórios, farmácias e centrais de materiais; clínicas ambulatoriais podem produzir quantidades menores, porém igualmente sujeitas a riscos de segregação, armazenamento e transporte. O desenho das intervenções deve refletir o perfil de procedimentos e a infraestrutura de cada serviço, sem presumir que soluções elaboradas para grandes hospitais sejam automaticamente viáveis em unidades pequenas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2024).

3.2 Marco brasileiro: PNRS, RDC n. 222/2018 e Resolução Conama n. 358/2005

A PNRS estabelece princípios e instrumentos orientadores da gestão integrada e do gerenciamento de resíduos sólidos, com prioridade à não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Esse ordenamento fornece uma lógica preventiva para os serviços de saúde: antes de discutir qual tecnologia empregará no descarte, o gestor deve avaliar se é possível diminuir o desperdício de insumos e impedir que resíduos comuns sejam indevidamente incorporados a fluxos perigosos.

A RDC n. 222/2018 define os RSS e delimita responsabilidades dos geradores, inclusive estabelecimentos de atenção humana ou animal, serviços laboratoriais, ensino e pesquisa e outros relacionados à assistência. O Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) deve articular levantamento dos resíduos, etapas de manejo,

condições de segurança e destinação compatível com os riscos, observando exigências adicionais estaduais e municipais (BRASIL, 2018). O plano, portanto, não deve ser tratado como documento meramente administrativo ou produzido apenas para fiscalização.

A classificação sanitária brasileira distingue os grupos A, resíduos com possível presença de agentes biológicos; B, resíduos contendo produtos químicos que podem representar riscos; C, rejeitos radioativos; D, resíduos equiparáveis aos domiciliares quando não apresentem perigos específicos; e E, materiais perfurocortantes ou escarificantes. A classificação não dispensa o exame de particularidades e subgrupos, inclusive exigências de acondicionamento, tratamento e identificação previstas na norma (BRASIL, 2018).

A Resolução Conama n. 358/2005 complementa o enfoque sanitário ao disciplinar aspectos ambientais do tratamento e da disposição final. O diálogo entre as normas mostra que conformidade depende tanto da segurança dentro da unidade geradora quanto da responsabilidade pelas etapas externas, incluindo transporte, tratamento quando exigido e destinação autorizada. Assim, a contratação de terceiros não suprime a necessidade de acompanhar licenças, manifestos, comprovantes e efetividade dos serviços contratados (BRASIL, 2005, 2018).

É importante distinguir destinação de disposição final: ações de valorização, recuperação ou tratamento devem ser avaliadas conforme natureza e risco dos materiais, e rejeitos remanescentes precisam ser encaminhados a solução ambientalmente adequada. O envio indiscriminado de resíduos potencialmente recicláveis para uma rota especial ou para disposição final pode representar perda econômica e ambiental; de modo inverso, a inserção de materiais contaminados em reciclagem informal cria risco inaceitável. A decisão técnica é condicionada pela classificação e pelas possibilidades legalmente admitidas.

O PGRSS mais útil é aquele incorporado às rotinas de compras, trabalho assistencial e contratos. Recomenda-se que sua revisão acompanhe mudanças de processos, serviços e materiais, além de registros de não conformidades. Esse entendimento deriva da exigência de implementação e monitoramento prevista pela Anvisa e da necessidade, evidenciada na literatura, de reconhecer a geração de resíduos como resultado de decisões distribuídas ao longo do processo de cuidado (BRASIL, 2018; SLUTZMAN et al., 2023).

3.3 Prevenção da geração e hierarquia de manejo de resíduos

A prevenção ocupa posição prioritária na hierarquia de resíduos porque evita os impactos anteriores ao descarte, como extração de matérias-primas, fabricação, embalagem e distribuição. McGushin et al. (2026), em revisão de intervenções relativas aos resíduos

sólidos do sistema de saúde, destacam a importância de estratégias situadas nas etapas superiores da hierarquia — reduzir, reutilizar, reprocessar e recuperar — em vez de concentrar esforços apenas no gerenciamento posterior à geração.

Em ambientes assistenciais, prevenir não significa restringir insumos clinicamente necessários. A redução responsável requer distinguir itens indispensáveis daqueles abertos por rotina sem indicação, materiais duplicados, embalagens excessivas, kits padronizados com componentes raramente utilizados e estoque perdido por vencimento. Na revisão de McGushin et al. (2026), foram descritas intervenções como ajuste de conjuntos cirúrgicos pré-montados, reaproveitamento ou reprocessamento em situações regulatoriamente permitidas, melhoria de segregação e criação de fluxos de reciclagem.

A redução de desperdícios farmacêuticos exige gestão de estoque, rastreabilidade, previsão de consumo e cautela para não criar desabastecimento. Estratégias de racionalização de materiais descartáveis demandam análise de desempenho, risco de infecção, condições de esterilização e custo do ciclo de vida. Essa abordagem evita o falso dilema segundo o qual segurança do paciente e sustentabilidade seriam incompatíveis. O desafio é selecionar a alternativa de menor impacto que mantenha o nível de proteção exigido (MACNEILL et al., 2020).

Entre resíduos de características semelhantes às domiciliares, a separação de papel, plástico, metal e outras frações recuperáveis pode ampliar a valorização de materiais quando houver capacidade regional de reciclagem e ausência de contaminação. A RDC n. 222/2018 admite, para os resíduos sem risco biológico, químico ou radiológico, rotas como reciclagem, reutilização, compostagem, recuperação e logística reversa, conforme requisitos aplicáveis (BRASIL, 2018). Não decorre dessa possibilidade a autorização genérica para reutilizar dispositivos clínicos ou encaminhar qualquer embalagem a cooperativas.

A principal implicação dessa hierarquia é que o sucesso não deve ser medido exclusivamente pela quantidade reciclada. Uma clínica pode elevar sua taxa de reciclagem e, simultaneamente, aumentar a aquisição de descartáveis desnecessários. Indicadores de redução na fonte, consumo por procedimento e compras evitadas complementam as taxas de separação, permitindo avaliar a eficiência material e não somente a capacidade de tratar consequências.

3.4 Segregação na fonte, acondicionamento e logística interna

A segregação no ponto de geração constitui uma medida crítica porque orienta as etapas subsequentes de acondicionamento, identificação, coleta, armazenamento, transporte e

tratamento. Quando resíduos comuns são misturados a materiais que exigem manejo especial, a fração total pode demandar uma rota mais custosa e rigorosa; quando ocorre o contrário, há possibilidade de exposição ocupacional e ambiental. A RDC n. 222/2018 estabelece procedimentos próprios segundo cada grupo e determina a segregação no momento da geração (BRASIL, 2018).

A efetividade dessa prática depende de condições físicas e comportamentais. Lixeiras em quantidade insuficiente, recipientes distantes do local do procedimento, identificação pouco legível, mudanças frequentes de disposição espacial e orientações contraditórias podem aumentar erros. A gestão deve analisar os percursos reais dos trabalhadores, e não apenas os fluxos planejados em documentos. Observações de processos e auditorias periódicas auxiliam a localizar pontos em que a segregação falha (SLUTZMAN et al., 2023).

O acondicionamento requer recipientes compatíveis com os riscos e resistentes às condições previstas no manejo; os perfurocortantes demandam atenção reforçada em razão dos acidentes possíveis. A identificação deve permitir reconhecimento imediato dos grupos e a logística interna precisa reduzir movimentações desnecessárias e cruzamentos indevidos. As prescrições específicas de capacidade, rotulagem, recipientes e armazenamento devem ser verificadas diretamente na regulamentação vigente e em normas técnicas aplicáveis, sem substituição por interpretações genéricas (BRASIL, 2018).

Quanto ao armazenamento e à coleta externa, estruturas inadequadas e intervalos incompatíveis com o perfil dos resíduos podem produzir odores, acidentes, extravasamentos ou exposição de pessoas não envolvidas no manejo. A gestão deve assegurar pontos de armazenamento apropriados e contratos capazes de demonstrar a continuidade da cadeia de responsabilidade. A comparação entre alternativas deve considerar distância, frequência, impacto do transporte e infraestrutura regional, fatores nem sempre discutidos em pesquisas centradas no interior dos hospitais.

O problema da segregação evidencia um tema mais amplo: a sustentabilidade depende da adequação entre norma e organização do trabalho. Proporcionar recipientes e instruções é necessário, mas pode ser insuficiente se a equipe trabalha sob pressão intensa, se a rotatividade é alta ou se não há devolutivas sobre erros. A literatura educacional favorece ações integradas, capazes de combinar capacitação e intervenções no próprio ambiente (CONTI et al., 2024).

3.5 Tratamento, destinação final e avaliação dos riscos ambientais

O tratamento dos RSS deve ser definido pelas características dos resíduos e pelo risco a ser controlado. Entre as alternativas disponíveis em diferentes contextos estão processos térmicos e outros métodos de descontaminação, sujeitos às exigências sanitárias, ambientais, tecnológicas e de licenciamento. A Organização Mundial da Saúde (2024) adverte que a queima aberta e a incineração em condições inadequadas podem produzir poluentes atmosféricos; por isso, a simples adoção de tratamento térmico não pode ser tomada como sinônimo de boa gestão.

A análise da destinação exige ponderar eficácia de inativação, tipos de emissões, consumo energético, geração de rejeitos, demanda hídrica, manutenção e capacidade do prestador. Tecnologias com bom desempenho para determinada fração podem não atender a resíduos químicos, farmacêuticos ou radioativos. Desse modo, recomendações universais sobre um método supostamente superior são inadequadas sem caracterização do fluxo de resíduos e avaliação da legislação correspondente (BRASIL, 2005, 2018).

Há também diferença relevante entre risco microbiológico percebido e risco demonstrado. O manejo excessivamente conservador de resíduos sem características perigosas pode sobrecarregar tratamentos especiais; contudo, flexibilizar práticas sem comprovação técnica, rotinas de biossegurança e segurança regulatória expõe pessoas e comunidades. A boa prática consiste em classificar corretamente, exigir processos validados e documentar a destinação, preservando o equilíbrio entre precaução e uso eficiente de recursos.

A rastreabilidade é parte dessa solução. Registros internos, comprovação de retirada, documentos de transporte, licenças e certificados de tratamento ou destinação, conforme exigências aplicáveis, permitem identificar interrupções e responsabilidades na cadeia. A gestão também pode examinar situações de dependência de um único prestador, distâncias elevadas de transporte e ausência de alternativas regionais. Essas fragilidades se tornam particularmente relevantes para pequenos serviços e municípios com menor oferta de infraestrutura especializada.

A literatura de sustentabilidade acrescenta uma exigência à conformidade: comparar as alternativas ao longo do ciclo de vida. Um método que diminui o volume final pode utilizar mais energia; outro pode gerar menos emissões diretas, mas depender de transporte de longa distância. As respostas são condicionadas pelo contexto, e sua qualidade depende de inventários confiáveis, limites de sistema explícitos e proteção prioritária à saúde (LENZEN et al., 2020; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023).

3.6 Compras sustentáveis, reutilização segura e economia circular

As compras públicas e privadas são instrumentos de sustentabilidade porque definem quais materiais ingressam no estabelecimento, em que quantidade e com qual potencial de reparo, reprocessamento ou descarte. MacNeill et al. (2020) descrevem o predomínio de cadeias lineares de produtos de uso único em determinados sistemas de alta renda e propõem uma transição para modelos circulares, nos quais se procura preservar o valor de materiais e dispositivos por mais tempo, respeitando requisitos regulatórios e clínicos.

A economia circular não deve ser confundida com reaproveitamento indiscriminado. Em ambiente de saúde, o uso repetido de produtos exige respaldo normativo, compatibilidade de finalidade, processos validados, manutenção e rastreabilidade. A comparação entre produtos descartáveis e reutilizáveis precisa incorporar água, energia, agentes de limpeza, esterilização, transporte, perdas e vida útil. Sem esse conjunto de informações, a decisão baseada exclusivamente no peso do resíduo ou no preço unitário pode transferir impactos para etapas não observadas.

Um caminho concreto consiste em revisar especificações de compra e composição de kits assistenciais, avaliando itens efetivamente utilizados, embalagens secundárias e alternativas de fornecimento. Também merecem atenção os acordos com fabricantes quanto à logística reversa quando aplicável, a durabilidade de equipamentos e a disponibilidade de peças e manutenção. O fornecimento sustentável depende, contudo, de um mercado capaz de oferecer soluções seguras e auditáveis, aspecto que ultrapassa a capacidade de uma instituição isolada (MACNEILL et al., 2020).

McGushin et al. (2026) encontram intervenções com potencial de reduzir emissões e custos em diferentes cenários, mas a heterogeneidade dos estudos dificulta extrapolar magnitude de efeitos para todos os serviços. A revisão também sugere priorizar ações preventivas que atuem no ciclo completo do produto, não apenas no fim de sua utilização. Esse resultado converge com a perspectiva de valor em saúde, segundo a qual ganhos clínicos devem ser considerados juntamente com o custo econômico e ambiental.

A adoção de critérios ambientais em compras encontra resistências como contratos de curta duração, preferência por menor preço inicial, incerteza regulatória, baixa interoperabilidade de equipamentos e ausência de dados de fornecedores. A gestão pode enfrentar parte dessas barreiras por critérios verificáveis de desempenho e análise de custo total, sem presumir que qualquer produto comercializado como “verde” seja superior.

Alegações ambientais devem ser documentadas e confrontadas com requisitos de biossegurança.

3.7 Água, energia, infraestrutura e digitalização responsável

A sustentabilidade assistencial inclui recursos que não se convertem diretamente em RSS. Consumo de água, geração de efluentes, eficiência energética, iluminação, climatização, lavanderia, alimentação e manutenção predial compõem a pegada ambiental dos estabelecimentos. O enfoque da OMS para sistemas resilientes e de baixo carbono associa ações de eficiência e planejamento à capacidade de manter serviços essenciais diante de riscos climáticos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023).

Em edifícios de saúde, medidas de eficiência precisam considerar ventilação, conforto térmico, controle de infecções e requisitos técnicos de áreas críticas. Não é apropriado transferir mecanicamente medidas de economia de edifícios comerciais para centros cirúrgicos, laboratórios ou unidades de isolamento. Auditorias de consumo por setor, manutenção preventiva e definição de metas realistas podem indicar economias sem prejuízo da assistência, desde que os indicadores contemplem variáveis de produção assistencial.

Os indicadores internacionais de água, saneamento, higiene, limpeza ambiental e resíduos mostram que a infraestrutura básica permanece desigual. No relatório referente a 2015–2025, OMS e UNICEF (2026) apontam avanços, mas também persistência de deficiências em serviços fundamentais. A cobertura mundial estimada de serviços básicos de gerenciamento de resíduos em unidades de saúde chegou a 71% em 2025, com importantes disparidades geográficas e limitações de cobertura de dados. Esse resultado alerta contra a apresentação de metas de alta tecnologia como prioridade universal, quando parte dos estabelecimentos ainda carece de condições básicas seguras.

A digitalização pode reduzir consumo de alguns materiais físicos, melhorar inventários e apoiar a rastreabilidade, mas também demanda equipamentos, energia, conectividade e descarte futuro de eletrônicos. A transição digital só deve ser contabilizada como ganho ambiental após avaliação das mudanças efetivas no ciclo de vida e nos processos. McGushin et al. (2026) identificaram intervenções relacionadas a registros eletrônicos, sem que isso justifique equiparar toda informatização a uma redução líquida de impactos.

Essas dimensões demonstram a utilidade de planos ambientais integrados. A organização que mede apenas quilogramas de RSS pode negligenciar consumo elevado de água e energia ou perdas de medicamentos. Indicadores interligados, interpretados segundo o

porte e o perfil do serviço, favorecem decisões mais consistentes e impedem deslocamentos involuntários de impacto entre setores.

3.8 Educação permanente, cultura de segurança e liderança institucional

O conhecimento normativo não se traduz automaticamente em comportamento. As equipes são submetidas a alterações de fluxo, urgências assistenciais, rotatividade, limitações físicas e diferentes níveis de familiaridade com a classificação de resíduos. Assim, a formação pontual tende a apresentar efeito limitado se não for acompanhada de condições materiais, feedback e responsabilidades claras. Conti et al. (2024), em revisão sistemática com meta-análise de intervenções educacionais, encontraram melhores resultados de conhecimento e práticas com intervenções multicomponentes em comparação a abordagens de componente único.

Os autores observaram também que os efeitos sobre atitudes não foram estatisticamente significativos no conjunto analisado e que havia heterogeneidade entre formatos e medidas. Essa nuance é relevante: elevar o desempenho em testes de conhecimento não equivale a demonstrar redução sustentada de resíduos perigosos, custos ou acidentes. Programas de capacitação precisam relacionar aprendizagem a comportamento observado, indicadores operacionais e acompanhamento ao longo do tempo (CONTI et al., 2024).

A educação permanente pode integrar profissionais assistenciais, higienização, coleta, almoxarifado, manutenção, compras e prestadores terceirizados. Cada grupo interage com partes diferentes do processo e necessita de orientações específicas. A RDC n. 222/2018 estabelece programa de educação continuada também para trabalhadores temporários envolvidos na gestão de RSS, o que reforça a dimensão institucional da responsabilidade (BRASIL, 2018).

A liderança contribui para transformar metas ambientais em decisões de rotina, alocar recursos, estabelecer responsáveis e resolver conflitos entre setores. Sem apoio gerencial, iniciativas dependentes de poucos profissionais podem desaparecer com mudanças de equipe. O desenho de comitês interdisciplinares, a publicação interna de resultados e a inserção de objetivos ambientais em processos de qualidade podem consolidar a continuidade das ações, desde que esses instrumentos não se limitem à produção de relatórios.

A segurança psicológica e a cultura não punitiva de aprendizagem também importam: erros de segregação devem alimentar correções de processo, sem ocultar situações que representem exposição grave. A combinação entre fiscalização, apoio e aprendizado é mais

consistente com melhoria contínua do que campanhas exclusivamente moralizantes. Sustentabilidade não é atributo individual isolado, mas resultado de infraestrutura, governança, decisões clínicas e condições concretas de trabalho.

3.9 Auditorias de resíduos, indicadores e avaliação de desempenho

O diagnóstico da geração permite escolher prioridades fundamentadas. Slutzman et al. (2023), ao revisar auditorias de resíduos em saúde, descrevem sua utilidade para reconhecer composição, padrões de descarte e oportunidades de aperfeiçoamento, embora a comparabilidade entre estudos dependa de métodos consistentes. Auditorias de ponto de geração, observação dos recipientes e análise de compras podem revelar oportunidades não perceptíveis em dados agregados de coleta externa.

A simples pesagem total dos RSS, porém, tem significado limitado. Unidades com maior volume de procedimentos naturalmente geram mais materiais; mudanças nas rotinas de assistência podem alterar os quantitativos; e a melhora da segregação pode deslocar massa entre grupos sem reduzir a geração total. Por isso, propõe-se acompanhar indicadores como massa por grupo de risco, quantidade por leito-dia ou por procedimento quando comparável, fração de segregação inadequada, descarte de estoques vencidos e custo de tratamento por classe.

A avaliação pode acrescentar consumo de energia e água normalizado por atividade, taxa de cumprimento de capacitação, número de não conformidades, acidentes com perfurocortantes e proporção de contratos com documentação ambiental atualizada. Nenhum indicador isolado representa sustentabilidade integral; o conjunto deve respeitar confidencialidade de dados e ser interpretado com atenção à qualidade do registro. Para estabelecimentos pequenos, poucos indicadores bem mantidos são preferíveis a sistemas complexos abandonados.

As auditorias também precisam prever devolutiva. Compartilhar resultados com equipes, discutir as causas de erro e alterar recipientes ou fluxos transforma a mensuração em melhoria efetiva. Conti et al. (2024) reforçam a importância de intervenções combinadas, enquanto Slutzman et al. (2023) sugerem a relevância de métodos de auditoria transparentes. A conexão entre medição, decisão e nova medição possibilita identificar se o efeito persiste após a mobilização inicial.

Para avaliações ambientais mais abrangentes, estudos de análise do ciclo de vida e de custo do ciclo de vida podem comparar alternativas por critérios múltiplos. Entretanto, resultados dependem de premissas como matriz energética, distância de transporte, número de

usos, perdas e eficiência de esterilização. Gestores devem exigir transparência dessas premissas, particularmente quando decisões envolvem tecnologias caras ou riscos ocupacionais.

3.10 Desafios de implementação em hospitais, clínicas e unidades de menor porte

A heterogeneidade dos estabelecimentos constitui uma barreira estruturante. Grandes hospitais podem dispor de comissões, equipes de engenharia e contratos especializados, mas operam sistemas de resíduos altamente complexos e setores com fluxos distintos. Clínicas, consultórios, laboratórios e serviços de atenção primária frequentemente contam com menos profissionais dedicados à gestão ambiental, podendo depender de soluções municipais ou regionais para coleta e destinação. A natureza das dificuldades não é idêntica, embora a obrigação de gerenciar adequadamente os resíduos permaneça (BRASIL, 2018).

Entre as barreiras financeiras estão investimentos iniciais, custo de treinamento, aquisição de coletores, reorganização dos espaços, contratação de tecnologias e insuficiência de dados de retorno econômico. O argumento de que a sustentabilidade necessariamente encarece a assistência não é sustentado como regra geral; por outro lado, tampouco se pode prometer economia em qualquer intervenção. McGushin et al. (2026) identificaram economias em muitos estudos que avaliaram custos, mas ressaltaram a diversidade de intervenções e contextos.

Os obstáculos organizacionais incluem fragmentação de responsabilidade, ausência de liderança, carga de trabalho, baixa adesão de setores clínicos, comunicação deficiente com prestadores terceirizados e conflito entre metas de produtividade e qualidade ambiental. Conti et al. (2024) mostram que a qualificação precisa ser adaptada aos profissionais e acompanhada de mecanismos de retenção do aprendizado. Mudanças apenas informativas são frágeis quando a estrutura institucional perpetua escolhas inadequadas.

A indisponibilidade de dados confiáveis configura outro entrave. Sem caracterização inicial dos resíduos, não há base segura para escolher prioridades nem demonstrar benefícios. Estimativas globais da OMS não substituem medições locais; cada serviço precisa identificar composição, riscos e rotas efetivas. Da mesma forma, publicações realizadas em países com elevada oferta tecnológica não autorizam inferir desempenho igual em municípios com logística restrita (WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND, 2026).

Por fim, existem dificuldades regulatórias e éticas. A prevenção de infecções, o uso racional de materiais e a recuperação de recursos devem ser articulados sem expor pacientes,

trabalhadores ou catadores a materiais perigosos. O planejamento ambiental deve respeitar restrições de reprocessamento e classificação, licenciamento, proteção de dados e condições dignas de trabalho nas cadeias externas. Sustentabilidade que reduz resíduos à custa de ampliar riscos humanos constitui contradição com o próprio propósito dos serviços de saúde.

4 DISCUSSÃO

A literatura examinada converge em um primeiro ponto: o gerenciamento de RSS é indispensável à sustentabilidade, mas não esgota a agenda ambiental do setor. A RDC n. 222/2018 e a Resolução Conama n. 358/2005 definem obrigações sanitárias e ambientais essenciais; Lenzen et al. (2020) e MacNeill, McGain e Sherman (2021) ampliam o enfoque para os impactos sistêmicos da assistência. A consequência é conceitual e gerencial: compliance é patamar mínimo, enquanto sustentabilidade envolve também redesenho de decisões clínicas e de suprimento.

Há convergência igualmente quanto à prioridade de evitar a geração. A PNRS dispõe uma hierarquia de ações preventivas (BRASIL, 2010), e McGushin et al. (2026) descrevem benefícios de intervenções voltadas à redução, reutilização e recuperação de recursos. MacNeill et al. (2020), entretanto, tornam explícito que a mudança para a circularidade depende de fabricantes, padrões regulatórios e compradores. A solução, portanto, não é simplesmente substituir sacos ou instalar recipientes seletivos, mas modificar incentivos e contratos, testando a segurança e o desempenho das alternativas.

A aparente tensão entre precaução sanitária e redução de resíduos exige análise cuidadosa. Parte da literatura enfatiza oportunidades de minimizar itens descartáveis; a regulamentação brasileira exige classificação, manejo e precauções específicas segundo o risco (BRASIL, 2018). Essas posições não são necessariamente antagônicas: podem convergir quando as mudanças são precedidas de validação técnica. Divergem, porém, quando propostas de reutilização ou reciclagem são apresentadas sem esclarecer limites sanitários. O princípio orientador deve ser a prevenção de danos ao longo de todo o processo assistencial.

Um segundo diálogo importante relaciona qualificação profissional e modificação do ambiente de trabalho. Conti et al. (2024) encontraram evidências favoráveis às intervenções educacionais multicomponentes; Slutzman et al. (2023) salientam a relevância das auditorias para conhecer os resíduos produzidos. Em conjunto, os estudos sugerem um ciclo de melhoria: medir fluxos, ajustar infraestrutura, capacitar equipes, acompanhar comportamentos e reavaliar. Essa integração é mais robusta do que campanhas pontuais que atribuem todo erro à falta de consciência individual.

A interpretação dos benefícios econômicos requer prudência. Os resultados sintetizados por McGushin et al. (2026) indicam oportunidades concretas de economia associadas à redução de resíduos e emissões. Contudo, estudos variam em método, horizonte temporal, custo incluído e local de aplicação; intervenções que economizam materiais em um hospital podem demandar investimento inicial ou logística indisponível em outro. Ganhos ambientais também não são adequadamente representados por custos diretos de coleta, uma vez que danos ambientais, manutenção e aquisição podem permanecer fora da conta.

Os relatórios globais da OMS e do UNICEF evidenciam outra distinção. Enquanto artigos sobre circularidade analisam materiais, reprocessamento e compras sofisticadas, muitas unidades ainda não alcançam condições básicas de água, saneamento, limpeza e gerenciamento de resíduos (WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND, 2026). A comparação exige hierarquizar necessidades. Em locais com déficit de infraestrutura, recipientes corretos, água segura e destinação adequada podem produzir ganhos mais urgentes de saúde pública do que tecnologias digitais ou metas de circularidade complexas.

Da perspectiva metodológica, os achados disponíveis apresentam limitações relevantes. Revisões sistemáticas reúnem contextos distintos, e vários estudos de intervenção utilizam resultados operacionais de curto prazo. Efeitos sobre conhecimento podem ser mais fáceis de medir do que mudanças persistentes na geração de resíduos, nas emissões ou na saúde ocupacional. A disponibilidade de pesquisas de alta renda também pode criar viés de implementação, especialmente quando as soluções dependem de fabricantes, infraestrutura de esterilização e mercados de reciclagem estruturados (MACNEILL et al., 2020; CONTI et al., 2024).

Outra lacuna é a escassez de comparações que tratem simultaneamente risco sanitário, custo total e impacto ambiental. Estudos focalizados apenas no peso descartado podem superestimar vantagens de materiais leves; estudos econômicos podem ignorar externalidades; pesquisas educacionais podem não verificar manutenção dos efeitos. A incorporação de avaliação de ciclo de vida, custos completos e indicadores de segurança ocupacional, com métodos explicitados, permitiria estimar benefícios e compromissos de forma mais confiável.

No cenário brasileiro, pesquisas futuras são particularmente pertinentes em municípios de pequeno e médio porte, unidades de atenção primária, serviços privados ambulatoriais e instituições de ensino com atividades assistenciais. A articulação entre exigências da Anvisa, infraestrutura municipal, logística contratada e práticas dos trabalhadores merece atenção. Também são relevantes estudos que comparem modelos de governança e analisem barreiras

de aquisição sustentável em diferentes arranjos de financiamento, sem reduzir a avaliação à existência formal de um PGRSS.

Em síntese, emergem três condições interdependentes para a implementação: capacidade técnica para classificar e manejar adequadamente resíduos; capacidade organizacional para transformar compras e práticas; e capacidade avaliativa para demonstrar impactos e corrigir decisões. A ausência de qualquer uma delas enfraquece o resultado. A sustentabilidade deve ser entendida como processo contínuo de governança e melhoria, não como certificação eventual ou coleção de ações isoladas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão permite responder à pergunta norteadora indicando que as práticas mais recorrentes na literatura incluem prevenção da geração, revisão de insumos e kits, segregação na origem, acondicionamento e logística compatíveis com o risco, tratamento e destinação adequados, auditorias de resíduos, educação permanente, eficiência de recursos, compras sustentáveis e estratégias de circularidade legalmente viáveis. Seus benefícios potenciais abrangem menor exposição ocupacional e ambiental, diminuição do desperdício, redução de emissões e melhor uso de recursos financeiros; a intensidade desses efeitos depende do contexto e da forma como as intervenções são avaliadas.

Os principais fatores que condicionam a implementação são o apoio da gestão, a infraestrutura disponível, a formação contínua das equipes, a qualidade do PGRSS, a existência de prestadores e mercados adequados, a integração entre segurança assistencial e planejamento ambiental e a disponibilidade de indicadores confiáveis. A atuação combinada nesses fatores parece mais promissora do que soluções exclusivamente tecnológicas ou educativas.

A análise também demonstra que o cumprimento da legislação é indispensável, porém insuficiente para caracterizar a sustentabilidade de um serviço. A responsabilidade ambiental inicia antes da geração do resíduo e continua após sua saída da instituição. Medidas de redução, reprocessamento e reciclagem só são justificáveis quando compatíveis com normas sanitárias e evidências de segurança, evitando transferir riscos a trabalhadores, pacientes e comunidades.

Entre as limitações deste artigo estão a natureza narrativa da revisão, a ausência de protocolo de busca exaustiva e de avaliação formal de qualidade de todos os estudos, o uso de fontes de diferentes contextos regulatórios e a impossibilidade de quantificar efeitos globais atribuíveis às práticas examinadas. Como consequência, a síntese deve orientar formulação de

hipóteses e decisões contextualizadas, sem substituir revisões sistemáticas específicas ou diagnósticos locais.

Recomendam-se estudos longitudinais, avaliações brasileiras multicêntricas e comparações entre hospitais, clínicas e atenção primária que incorporem custo total, segurança ocupacional, massa de resíduos por grupo, impactos do ciclo de vida e sustentabilidade da mudança organizacional. Investigações sobre compras, logística reversa, reprocessamento permitido e rastreabilidade digital podem aperfeiçoar a agenda. O avanço dependerá de aproximar conhecimento científico, regulação, financiamento e práticas cotidianas, mantendo a proteção da saúde como critério inegociável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 358**, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, DF: CONAMA, 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf. Acesso em: 11 nov. 2026.

BRASIL. **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?ano=2010&ato=e3dgXUq1keVpWT0f1&data=02%2F08%2F2010&numero=12305&tipo=LEI. Acesso em: 11 nov. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n. 222**, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Brasília, DF: Anvisa, 2018. Disponível em: https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&cod_menu=9434&cod_modulo=310&link=S&numeroAto=00000222&orgao=RDC%2FDC%2FANVISA%2FMS&seqAto=000&tipo=RDC&valorAno=2018. Acesso em: 11 nov. 2026.

CONTI, Alessio et al. **The effectiveness of educational interventions in improving waste management knowledge, attitudes, and practices among healthcare workers**: a systematic review and meta-analysis. Sustainability, v. 16, n. 9, art. 3513, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/su16093513. Acesso em: 11 nov. 2026.

HEALTH CARE WITHOUT HARM; ARUP. **Health care's climate footprint: how the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. [S. l.]:** Health Care Without Harm, 2019. Disponível em: https://global.noharm.org/resources/health-care-climate-footprint-report. Acesso em: 11 nov. 2026.

LENZEN, Manfred et al. **The environmental footprint of health care: a global assessment**. The Lancet Planetary Health, v. 4, n. 7, p. e271–e279, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30121-2. Acesso em: 11 nov. 2026.

MACNEILL, Andrea J. et al. **Transforming the medical device industry**: road map to a circular economy. Health Affairs, 2020. DOI: https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.01118. Acesso em: 11 nov. 2026.

MACNEILL, Andrea J.; MCGAIN, Forbes; SHERMAN, Jodi D. **Planetary health care**: a framework for sustainable health systems. The Lancet Planetary Health, v. 5, n. 2, p. e66–e68, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00005-X. Acesso em: 11 nov. 2026.

MCGUSHIN, Alice et al. **Interventions to reduce greenhouse gas emissions from health-system solid waste**: a systematic review. The Lancet Planetary Health, v. 10, n. 2, art. 101418, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lanplh.2025.101418. Acesso em: 11 nov. 2026.

SLUTZMAN, Jonathan E. et al. **Waste audits in healthcare**: a systematic review and description of best practices. Waste Management & Research, 2023. DOI: https://doi.org/10.1177/0734242X221101531. Acesso em: 11 nov. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Operational framework for building climate resilient and low carbon health systems. Geneva**: WHO, 2023. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240081888. Acesso em: 11 nov. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health-care waste. **Geneva**: WHO, 24 oct. 2024. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste. Acesso em: 11 nov. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Progress on water, sanitation, hygiene, environmental cleaning and waste management in health care facilities 2015–2025**. Geneva: WHO; UNICEF, 2026. Disponível em: https://www.who.int/publications/m/item/progress-on-water--sanitation--hygiene--environmental-cleaning-and-waste-management-in-health-care-facilities-2015-2025. Acesso em: 11 nov. 2026.