

Inovação e Sustentabilidade na Gestão de Resíduos: O Impacto das Lixeiras Inteligentes em Laboratórios Universitários

Fabiana Silva Gomes¹
Élida Maria da Silva²
André Magno de Figueiredo Argolo³
Stone de Sá⁴
Murilo Marques Costa⁵
Laís Tavares dos Santos⁶
Guilherme Vieira Santos⁷
José Luís Rodrigues Martins⁸

RESUMO

A crescente geração de resíduos infectantes em ambientes universitários exige soluções inovadoras para garantir a biossegurança e a sustentabilidade. Este estudo relata a implementação de lixeiras inteligentes com sensores de abertura automática nos laboratórios da Universidade Evangélica de Goiás – Campus Ceres, analisando seus impactos na gestão de resíduos. O objetivo foi avaliar os benefícios dessa tecnologia, incluindo a redução do contato direto com superfícies contaminadas, a automação do controle de resíduos e a adoção de práticas mais sustentáveis. A metodologia envolveu a instalação das lixeiras em fevereiro de 2025 e o monitoramento contínuo da sua utilização. Os resultados preliminares indicam melhorias na segurança e eficiência do descarte, além da conformidade com normas sanitárias. No entanto, a análise ainda está em andamento, e os custos elevados representam um desafio para a expansão do projeto. A decisão institucional de ampliar gradualmente essa tecnologia para laboratórios estratégicos reforça o compromisso com a modernização da gestão de resíduos. Conclui-se que a continuidade da coleta de dados será essencial para mensurar os impactos a longo prazo e embasar decisões futuras sobre a ampliação do projeto na instituição.

PALAVRAS-CHAVE:

Lixeira Inteligente. Inovação. Sustentabilidade. Gestão de resíduos. Biossegurança.

INTRODUÇÃO

Segundo Kumar (2023), o volume de resíduos tem aumentado devido ao crescimento populacional, à urbanização e ao desenvolvimento econômico. Diante deste cenário, estratégias eficazes de gestão de resíduos são essenciais para garantir um ambiente sustentável para as gerações futuras. Atualmente, estão sendo empregadas diversas soluções tecnológicas na gestão de resíduos urbanos, com destaque para o desenvolvimento de contentores de lixo inteligentes, tema amplamente explorado por vários pesquisadores.

¹Mestranda. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Farmacologia e Terapêutica da Universidade Evangélica de Goiás- UniEVANGÉLICA. E-mail: fabiana.gomes@unievangelica.edu.br.

²Mestranda. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Farmacologia e Terapêutica da Universidade Evangélica de Goiás- UniEVANGÉLICA. E-mail: elida.silva@unievangelica.edu.br.

³Especialização. Auxiliar Técnico de Laboratório da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA. E-mail: andre.argolo@unievangelica.edu.br.

⁴Doutor. Curso de Farmácia da Universidade Evangélica de Goiás- UniEVANGÉLICA. E-mail: pedradesa@gmail.com.

⁵Mestre. Curso de Administração da Universidade Evangélica de Goiás- UniEVANGÉLICA. E-mail: murilo.costa@unievangelica.edu.br.

⁶Especialista. Curso de Fisioterapia da Universidade Evangélica de Goiás- UniEVANGÉLICA. E-mail: lais.santos@docente.unievangelica.edu.br.

⁷Doutor. Curso de Direito da Universidade Evangélica de Goiás- UniEVANGÉLICA. E-mail: guilherme.vieira@unievangelica.edu.br

⁸Doutor. Curso de Farmácia da Universidade Evangélica de Goiás- UniEVANGÉLICA. E-mail: jose.martins@docente.edu.br.

Conforme postulado por Kulkarni et al. (2024), a utilização de lixeiras inteligentes para a separação de resíduos infectantes tem-se revelado uma solução inovadora para hospitais, clínicas e laboratórios. Estas tecnologias contribuem significativamente para a segurança, a rastreabilidade e a eficiência no que se refere ao descarte de resíduos contaminantes (Roy et al., 2022). Uma das principais vantagens destes recipientes é a presença de mecanismos de abertura automática sem contato, que minimizam a exposição dos profissionais a agentes contaminantes.

Além disso, estes sistemas podem ser integrados em programas de gestão hospitalar, garantindo que os resíduos infectantes recebam o tratamento adequado, como a autoclavagem ou incineração, em conformidade com as normas sanitárias (Abuga; Raghava, 2021). Desta forma, a adoção de contentores de lixo inteligentes não só melhora a eficiência operacional, como também promove a segurança dos profissionais de saúde e a preservação ambiental.

Além do setor da saúde, as lixeiras inteligentes equipadas com tecnologias de Internet das Coisas (IoT), têm vindo a ser cada vez mais utilizadas em universidades para melhorar a separação de resíduos infecciosos, promovendo um ambiente mais limpo e seguro (Kulkarni et al., 2024).

A gestão eficiente de resíduos sólidos em universidades é essencial para a sustentabilidade ambiental e a biossegurança. Entre os diferentes tipos de resíduos produzidos nesses ambientes, os resíduos infectantes, provenientes de laboratórios, clínicas e atividades de pesquisa, exigem uma separação rigorosa para evitar riscos para a saúde pública e para o meio ambiente (Zoumpoulis et al., 2024). No entanto, a separação inadequada desses resíduos continua a ser um problema recorrente, frequentemente associado à falta de consciencialização, formação insuficiente e infraestruturas inadequadas. Nesse contexto, o uso de lixeiras inteligentes surge como uma solução inovadora para otimizar a separação e o descarte correto de resíduos infectantes.

O presente estudo emerge da necessidade de otimizar a gestão de resíduos infectantes em instituições de ensino superior. A implementação de contentores de resíduos inteligentes não só mitiga os problemas associados ao descarte inadequado, como também promove a cultura de responsabilidade ambiental e impulsiona a inovação tecnológica. A implementação desta solução permite, igualmente, satisfazer os requisitos de sustentabilidade e segurança definidos por entidades reguladoras, promovendo uma gestão mais eficiente e segura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os benefícios adicionais desta tecnologia, incluindo a automação do controle da geração de resíduos, a redução de custos operacionais e o fomento de práticas sustentáveis entre os elementos da comunidade académica.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Universidade Evangélica de Goiás, mais concretamente nos laboratórios de Análises Clínicas e de Esterilização, situados no Campus Ceres. A implementação das lixeiras inteligentes ocorreu em fevereiro de 2025, e a análise dos impactos desta tecnologia encontra-se em andamento.

O público-alvo do estudo inclui docentes, discentes e técnicos de laboratório, que utilizam o sistema de descarte de resíduos no cotidiano acadêmico.

A investigação foi estruturada em duas fases principais:

- **Implementação da tecnologia** – Procedeu-se à instalação de contentores de lixo inteligentes com sensores de abertura automática, substituindo os modelos convencionais acionados por pedal. Essas lixeiras funcionam por meio de pilhas AA, o que facilita sua operação sem necessidade de conexão elétrica. Durante o período de observação, foram realizadas orientações informais sobre a utilização do novo equipamento. As lixeiras inteligentes operam por indução, pressão manual e/ou acionamento por chute. A indução infravermelha permite que a tampa se abra e se feche automaticamente após cinco segundos. Para acionar o mecanismo, recomenda-se posicionar a mão sobre a área de detecção, a uma distância de 10 cm a 20 cm.
- **Monitoramento e coleta de dados** - Atualmente, encontra-se em curso o monitoramento e a coleta de dados, que incluem a observação direta da utilização das lixeiras inteligentes nos laboratórios e a análise preliminar da eficiência com base na frequência de descarte e na redução do contato direto com resíduos.

RELATO DE EXPERIÊNCIA E RESULTADOS

A implementação de contentores de resíduos inteligentes equipados com sensores de abertura nos laboratórios, permite observar melhorias no manejo dos resíduos de serviço de saúde. Anteriormente à substituição, os laboratórios utilizavam contentores convencionais, acionados por pedal, que exigiam contato mecânico para abertura e fechamento.

Inicialmente, procedeu-se à aquisição de dois contentores de resíduos inteligentes, com vista a avaliar os impactos e a eficácia da tecnologia antes da sua substituição total, conforme demonstrado na fotografia 1. Observou-se uma mudança positiva na prática de descarte de resíduos,

uma vez que a utilização dos contentores com sensor minimizou a necessidade de contato direto, reduzindo o risco de contaminação cruzada e promovendo maior segurança para os utilizadores. No entanto, como a implementação ainda está em andamento, é cedo para constatar que os resultados obtidos sejam consideráveis.

Fotografia 1 – Lixeira Inteligente com Sensor



Fonte: Autores (2025).

Adicionalmente, a funcionalidade de abertura automática das lixeiras proporcionou uma maior facilidade e eficiência no descarte, contribuindo para um fluxo de trabalho mais eficiente dentro dos laboratórios, em conformidade com o código QR Code apresentado na figura 1, é possível observar o funcionamento do contentor de resíduos.

Figura 1 – QR Code para acesso ao vídeo demonstrativo do uso da Lixeira Inteligente



Fonte: Autores (2025).

Entre as vantagens observadas, salientam-se a diminuição do contato direto com superfícies possivelmente contaminadas, com a consequente prevenção da disseminação de microrganismos, para além do aprimoramento da biossegurança e da otimização do tempo durante a manipulação de materiais nos laboratórios. Contudo, um aspecto negativo a considerar é o custo elevado das lixeiras inteligentes em comparação com as convencionais de pedal, o que pode representar um desafio financeiro para a expansão do projeto.

Em consonância com as melhorias já observadas, a gestão da instituição deliberou sobre a ampliação da utilização das lixeiras inteligentes para os laboratórios de Farmacologia, Microscopia I e II, Parasitologia, Anatomia, Centro Cirúrgico, Sala de Lavagem, Enfermaria e Química I no campus Ceres. Essa expansão visa substituir as lixeiras convencionais nesses ambientes específicos, padronizando a gestão de resíduos e reforçando as boas práticas de biossegurança. A substituição parcial contribuirá para uma gestão mais eficiente dos resíduos e um aprimoramento contínuo das condições sanitárias da universidade, desde que sejam equacionados os custos envolvidos na aquisição dos novos equipamentos.

Outra vantagem das lixeiras com sensores é a sua durabilidade. O sistema eletrônico apresenta uma robustez maior em comparação ao mecanismo de pedal, que está sujeito ao desgaste resultante da utilização contínua e da necessidade de manutenção frequente (Guna; Horvat e Podjed, 2022). As lixeiras inteligentes, além de não possuírem componentes móveis suscetíveis a desgaste, estão equipadas com sistemas que emitem alertas sonoros quando o recipiente se encontra cheio, simplificando a manutenção e a gestão de resíduos (Absolky *et al.*, 2023). Também apresentam maior facilidade de limpeza, uma vez que não requerem o contato físico com as peças do

equipamento, e possuem um design geralmente mais resistente à acumulação de sujeira e à ação de produtos químicos, características relevantes em ambientes laboratoriais (Abdullah *et al.*, 2022).

A facilidade de limpeza e manutenção é uma das vantagens das lixeiras inteligentes. A integração destas com sistemas de monitorização de resíduos permite aos laboratórios acompanharem em tempo real a quantidade de lixo gerado (Huh; Choi e Seo, 2021). Esta funcionalidade é importante para a adoção de práticas mais sustentáveis. A implementação de contentores de resíduos inteligentes reflete igualmente uma modernização do ambiente de trabalho, alinhando-se às tendências de automação e inovação, o que pode ser um fator diferenciador importante em termos de segurança e eficiência (Karthik *et al.*, 2023).

Em última análise, a Resolução RDC n.º 222/2018, no seu artigo 17.º, reforça a exigência de sistemas de abertura sem contato manual para garantir a segurança no manuseamento de resíduos perigosos. As lixeiras com sensores não apenas atendem a esta exigência, mas também oferecem vantagens adicionais, tais como uma maior durabilidade e uma fácil manutenção, adequando-se às melhores práticas de segurança e eficiência. Consequentemente, a substituição das lixeiras com pedal por lixeiras inteligentes com sensores não só permite a conformidade normativa, mas também promove uma melhoria significativa na gestão de resíduos em ambientes laboratoriais e unidades de saúde.

Esta inovação, implementada nos laboratórios da Universidade Evangélica de Goiás – Campus Ceres, contribui para a formação holística dos estudantes do século XXI, conforme demonstrado no estudo de Roy *et al.* (2022), integrando sustentabilidade, tecnologia e responsabilidade social no ambiente acadêmico. A adoção desta inovação reforça a consciência ambiental e a importância da gestão responsável de resíduos, preparando os alunos para os desafios globais (Mousavi; Hosseinzadeh; Golzary, 2023).

O projeto promove também a interdisciplinaridade, ao ligar áreas como a biotecnologia, a saúde pública e a engenharia, e estimula o uso de novas tecnologias, essencial para o mercado de trabalho atual. A experiência em questão, possibilita o desenvolvimento de competências práticas e reflexivas, promovendo o aprimoramento do pensamento crítico, da capacidade de tomada de decisão, baseada em evidências e da resolução de problemas. Consequentemente, a iniciativa não só melhora a biossegurança nos laboratórios, como também fortalece a cidadania e a responsabilidade social, formando profissionais mais capacitados e conscientes do impacto das suas ações no meio ambiente e na sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação das lixeiras inteligentes nos laboratórios da Universidade Evangélica de Goiás – Campus Ceres já demonstra avanços no manejo dos resíduos de serviços de saúde, especialmente no que diz respeito à biossegurança e à otimização dos processos laboratoriais. A redução do contato direto com superfícies potencialmente contaminadas e a facilitação no descarte são pontos positivos observados.

Entretanto, por se tratar de uma tecnologia recentemente adotada, o monitoramento ainda está em andamento, sendo necessário um período maior para avaliar de forma mais aprofundada os impactos dessa mudança. Apesar dos benefícios evidentes, o custo elevado das lixeiras inteligentes representa um desafio para a ampliação do projeto, exigindo uma análise criteriosa quanto à viabilidade financeira de sua adoção em larga escala.

A expansão gradual para laboratórios estratégicos evidencia o compromisso da instituição com a modernização da gestão de resíduos e com o cumprimento das normativas sanitárias vigentes. Além disso, a integração desses dispositivos a sistemas de monitoramento de resíduos reforça a adoção de práticas mais sustentáveis e alinhadas às tendências de inovação.

Assim, a continuidade do estudo e da coleta de dados se faz necessária para mensurar com maior precisão os impactos a longo prazo da utilização das lixeiras inteligentes. A partir dessas análises, será possível fundamentar decisões futuras sobre a ampliação do projeto e a implementação de novas estratégias para a otimização da gestão de resíduos na instituição.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, N. *et al.* IoT-Based Waste Management System in Formal and Informal Public Areas in Mecca. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 19, n. 20, p. 13066, 2022.
- ABUGA, D.; RAGHAVA, N. S. Real-time smart garbage bin mechanism for solid waste management in smart cities. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 75, p. 103347, 2021.
- ALSOBKY, A. *et al.* A smart framework for municipal solid waste collection management: A case study in Greater Cairo Region. **Ain Shams Engineering Journal**, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 102183, 2023.
- GUNA, J.; HORVAT, K. P.; PODJED, D. People-Centred Development of a Smart Waste Bin. **Sensors**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 1288, 2022.
- HUH, J.-H.; CHOI, J.-H.; SEO, K. Smart Trash Bin Model Design and Future for Smart City. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 4810, 2021.
- KARTHIK, M. *et al.* An efficient waste management technique with IoT based smart garbage system. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], v. 80, p. 3140–3143, 2023.
- KULKARNI, R. *et al.* Smart Trash Bin Using Machine Learning and Internet of Things. **International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)**, [s. l.], v. 6, 2024.
- KUMAR, P.; KUMAR, A. Time dependent performance analysis of a Smart Trash bin using state-based Markov model and Reliability approach. **Cleaner Logistics and Supply Chain**, [s. l.], v. 9, p. 100122, 2023.

MOUSAVI, S.; HOSSEINZADEH, A.; GOLZARY, A. Challenges, recent development, and opportunities of smart waste collection: A review. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 886, p. 163925, 2023.

ROY, A. *et al.* IoT-based smart bin allocation and vehicle routing in solid waste management: A case study in South Korea. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 171, p. 108457, 2022.

ZOUMPOULIS, P. *et al.* Smart bins for enhanced resource recovery and sustainable urban waste practices in smart cities: A systematic literature review. **Cities**, [s. l.], v. 152, p. 105150, 2024.