



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE GUARULHOS
CURSO LOGÍSTICA AEROPORTUÁRIA

BIOFUSION
TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM ENERGIA LIMPA E
BIOFERTILIZANTES.

Autor: Kely Cristina de Andrade
Kely.andrade@fatec.sp.gov.br

Orientador: Prof. Andreza Santos Feitoza
Andreza.feitoza@fatec.sp.gov.br

GUARULHOS,
2025

RESUMO

O projeto BioFusion apresenta uma proposta inovadora e sustentável para o gerenciamento de resíduos orgânicos no Aeroporto Internacional de Guarulhos. Por meio da *biodigestão* e da compostagem, busca-se transformar resíduos em energia limpa e biofertilizantes, reduzindo custos operacionais e impactos ambientais. A metodologia empregada é baseada em pesquisa bibliográfica, análise de legislações, referenciais teóricos e estudo de caso no aeroporto. O desenvolvimento contempla uma revisão sobre sustentabilidade em aeroportos, problemas relacionados à gestão de resíduos, proposta de implementação da tecnologia BioFusion e os resultados esperados. Os principais benefícios incluem a diminuição do envio de resíduos a aterros sanitários, redução da emissão de gases de efeito estufa, aproveitamento energético e fortalecimento da imagem institucional do aeroporto como referência em inovação ambiental. Conclui-se que o BioFusion demonstra a viabilidade técnica, econômica e ambiental da integração de soluções circulares ao setor aeroportuário, podendo servir de modelo replicável para outros terminais aéreos.

Palavras-chave

Resíduos orgânicos; biodigestão; energia limpa; sustentabilidade; aeroportos.

ABSTRACT

The BioFusion project presents an innovative and sustainable proposal for the management of organic waste at Guarulhos International Airport. Through biodigestion and composting, the project aims to transform waste into clean energy and biofertilizers, reducing operational costs and environmental impacts. The methodology is based on bibliographic research, legislation analysis, theoretical frameworks, and a case study at the airport. The development includes a review of airport sustainability, waste management challenges, the implementation proposal of the BioFusion technology, and the expected results. The main benefits include the reduction of landfill disposal, mitigation of greenhouse gas emissions, energy recovery, and the strengthening of the airport's institutional image as a reference in environmental innovation. It is concluded that BioFusion demonstrates the technical, economic, and environmental feasibility of integrating circular solutions into the airport sector, serving as a replicable model for other air terminals.

Keywords

Organic waste; biodigestion; clean energy; sustainability; airports.

1.INTRODUÇÃO

o crescimento do setor aeroportuário aumentou significativamente a geração de resíduos orgânicos provenientes de catering, restaurantes e áreas de alimentação. Quando descartados inadequadamente, esses resíduos causam impactos ambientais, como emissão de gases de efeito estufa, contaminação do solo e da água, além de gerar custos elevados com destinação. O projeto BioFusion propõe transformar esse desafio em oportunidade, convertendo resíduos orgânicos em energia limpa e biofertilizantes por meio de compostagem e *biodigestão*, promovendo sustentabilidade, economia e inovação no Aeroporto Internacional de Guarulhos.

2.OBJETIVO

O objetivo do projeto BioFusion é apresentar uma solução inovadora, prática e sustentável para o gerenciamento de resíduos orgânicos no Aeroporto Internacional de Guarulhos, transformando-os em energia limpa e renovável. O projeto visa demonstrar que é possível conciliar eficiência operacional, redução de custos e responsabilidade socioambiental, aproveitando recursos que atualmente são descartados. Através da implementação de tecnologias de compostagem e *biodigestão*, como proposta, o BioFusion não apenas reduz o impacto ambiental dos resíduos orgânicos, como também gera uma fonte de energia para o aeroporto. Este projeto pretende convencer gestores, funcionários e stakeholders de que a adoção dessa solução promove uma verdadeira transformação no manejo de resíduos, fortalecendo a sustentabilidade, reduzindo desperdícios e servindo de modelo replicável para outros aeroportos, consolidando Guarulhos como referência em inovação ambiental no setor aeroportuário.

3.METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto BioFusion baseia-se em pesquisa bibliográfica, com levantamento de referências nacionais e internacionais sobre sustentabilidade, *biodigestão* e logística aeroportuária. Foram consultadas legislações como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e documentos técnicos da IATA e do IPCC. Além disso, utilizou-se a Pesquisa Operacional como ferramenta para simular cenários de reaproveitamento de resíduos, considerando custos, benefícios e viabilidade econômica. A análise dos problemas atuais do Aeroporto Internacional de Guarulhos serviu como estudo de caso para validar a proposta de implementação da tecnologia BioFusion.

4.REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento do projeto BioFusion se apoia em conceitos teóricos das áreas de sustentabilidade em aeroportos, pesquisa operacional, gestão financeira e reaproveitamento energético de resíduos, que fornecem as bases para análise e proposta de solução.

A gestão de resíduos sólidos é um dos maiores desafios enfrentados pelas sociedades contemporâneas, especialmente em áreas urbanas de alta densidade populacional, onde a produção diária de

resíduos cresce em ritmo acelerado. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010, representa um marco regulatório importante ao estabelecer diretrizes para a redução, reutilização, reciclagem e tratamento adequado dos resíduos, com foco na sustentabilidade e na responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e sociedade (BRASIL, 2010). Estudos apontam que a gestão sustentável desses materiais exige a incorporação de novas tecnologias e práticas inovadoras que promovam não apenas a destinação correta, mas também a valorização dos resíduos como recurso energético (BESEN et al., 2014; WORLD BANK, 2018).

Nesse contexto, a *biodigestão*, também chamada de digestão anaeróbia, surge como uma alternativa tecnológica capaz de transformar resíduos orgânicos em energia limpa e biofertilizantes. O processo consiste na decomposição da matéria orgânica pela ação de microrganismos em ambiente sem oxigênio, resultando na produção de *biogás*, composto principalmente por metano, e no digestato, um subproduto com potencial de uso agrícola (SILVA; FERREIRA, 2019; SBPMat, 2021). Pesquisas recentes demonstram que a *biodigestão* pode ser aplicada em diferentes contextos, desde pequenas comunidades rurais até grandes centros urbanos, apresentando benefícios ambientais e econômicos, como a redução da emissão de gases de efeito estufa e a diminuição dos custos com disposição final de resíduos (GUERI et al., 2021; SACHO et al., 2022).

A utilização da *biomassa* como fonte energética não é novidade, mas os avanços tecnológicos e a crescente preocupação com a mitigação das mudanças climáticas intensificaram os estudos sobre o tema. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas destaca a importância de soluções baseadas em *bioenergia* para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e alcançar as metas do Acordo de Paris (IPCC, 2022). De acordo com Marcucci et al. (2025), o potencial de produção de *biogás* no Brasil é elevado, especialmente no setor agroindustrial e no manejo de resíduos urbanos, o que reforça a viabilidade do país em adotar políticas integradas de *bioenergia*.

Além disso, a *biodigestão* dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, em especial o ODS 7, que trata de energia limpa e acessível, e o ODS 12, que aborda padrões sustentáveis de consumo e produção (ONU, 2015). A International Air Transport Association (IATA, 2022) também aponta a transição energética como uma prioridade para setores estratégicos como o transporte aéreo, ressaltando que a integração de energias renováveis é fundamental para a descarbonização das operações aeroportuárias. Estudos brasileiros reforçam a

viabilidade técnica e econômica do *biogás*. Souza, Rocha e Brianezi (2021), em análise sobre o aproveitamento energético de resíduos em aterros sanitários, demonstraram que a produção de *biogás* não apenas gera energia renovável, mas também contribui para a gestão ambientalmente correta dos resíduos. Do mesmo modo, pesquisas conduzidas por Rocha e Varesche (2023) ressaltam o potencial da *codigestão* de diferentes tipos de resíduos para ampliar a eficiência do processo, enquanto Leite et al. (2022) enfatizam a importância da bioestabilização anaeróbica como estratégia para reduzir impactos ambientais.

O panorama internacional apresentado pelo Banco Mundial (2018) e pelo relatório What a Waste 2.0 confirma que a valorização de resíduos por meio da *biodigestão* deve ser considerada não apenas como solução ambiental, mas como uma oportunidade estratégica para a geração de energia renovável e para o fortalecimento de uma economia circular. Assim, o projeto BioFusion se insere nesse cenário como proposta inovadora, apoiada em bases científicas e alinhada às metas globais de sustentabilidade, utilizando a Pesquisa Operacional para otimizar o aproveitamento dos resíduos e maximizar a eficiência do processo de transformação em energia limpa.

4.1 Sustentabilidade em Aeroportos

A sustentabilidade em ambientes aeroportuários envolve práticas de redução de impactos ambientais, gestão de resíduos, eficiência energética e responsabilidade social. Segundo Gonçalves & Oliveira (2020), a logística sustentável é fundamental para equilibrar as demandas operacionais dos aeroportos com a preservação ambiental e o cumprimento das práticas ESG (Environmental, Social and Governance). Além disso, relatórios da ANAC destacam a importância da gestão adequada dos resíduos sólidos para reduzir custos e melhorar a imagem institucional dos aeroportos.

4.2 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO) fornece ferramentas matemáticas para otimização de processos complexos. Hillier & Lieberman (2013) destacam a aplicação da programação linear como forma de apoiar decisões logísticas, permitindo a escolha do destino mais eficiente para os resíduos (reciclagem, *biodigestão* ou aterro), com base em critérios de custo e aproveitamento energético. Silva & Pereira (2018) reforçam que a modelagem matemática é essencial para simular cenários e apoiar decisões em projetos de destinação de resíduos sólidos. Moreira & Carvalho (2021) acrescentam que o uso de técnicas de otimização em logística sustentável permite maior eficiência na alocação de recursos e redução de impactos ambientais, o que é crucial em aeroportos de grande porte. Dessa forma, a PO se torna uma ferramenta indispensável para estruturar o fluxo de resíduos, mensurar trade-offs (equilíbrio entre vantagem e desvantagens) entre custos e benefícios e apoiar decisões que integrem viabilidade operacional e sustentabilidade.

4.3 Gestão Financeira

A análise financeira é indispensável para avaliar a viabilidade de implantação de tecnologias de *biodigestão*. Gitman (2010) apresenta os conceitos de payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) como principais indicadores para determinar se um investimento gera retorno positivo no longo prazo. Assaf Neto (2015) complementa que a avaliação de projetos deve considerar não apenas a rentabilidade, mas também os riscos financeiros envolvidos, permitindo verificar se o modelo proposto é sustentável economicamente. Lemos & Ferreira (2019) mostram que a adoção de biodigestores pode reduzir em até 20% os custos com energia elétrica em aeroportos, dependendo do volume de resíduos tratados. Assim, a gestão financeira integrada à pesquisa operacional possibilita identificar o ponto de equilíbrio entre custos de implantação, manutenção e benefícios econômicos, garantindo segurança e sustentabilidade econômica do projeto.

4.4 Energia a partir de Resíduos

Os biodigestores se apresentam como uma alternativa viável de reaproveitamento energético. Santos & Souza (2019) explicam que o processo de *biodigestão* anaeróbica converte resíduos orgânicos em biogás, que pode ser utilizado para geração de energia elétrica ou térmica, reduzindo a dependência de fontes não renováveis. O processo ocorre em quatro fases principais: hidrólise, em que moléculas complexas são quebradas em compostos menores; acidogênese, fase em que microrganismos transformam matéria orgânica em ácidos graxos voláteis, álcool, gás carbônico e hidrogênio; acetogênese, é a etapa do processo de digestão anaeróbia em que os produtos da acidogênese são convertidos principalmente em ácido acético, além de hidrogênio e dióxido de carbono; e metanogênese, etapa em que o metano (CH_4) é produzido, representando a fração energética do *biogás*. Lima & Prado (2020) ressaltam que fatores como pH, temperatura e umidade influenciam diretamente a eficiência do *biodigestor*, sendo necessário controle rigoroso para maximizar a produção. Além do *biogás*, o processo gera biofertilizante que pode ser aproveitado em áreas verdes do aeroporto, promovendo economia circular. A ABNT NBR 10004:2004 fornece a classificação de resíduos sólidos e orienta quanto à sua destinação correta, garantindo segurança e conformidade legal na gestão.

5. PROBLEMAS ENCONTRADOS

Nos aeroportos, os resíduos orgânicos representam uma das maiores parcelas do total gerado, principalmente em áreas de restaurantes, lanchonetes e aeronaves. Grande parte desse material ainda é destinada a aterros sanitários, o que gera custos elevados de transporte e disposição final, além de emissão de gases de efeito estufa. A ausência

de infraestrutura específica para tratamento desses resíduos compromete o aproveitamento energético e a possibilidade de geração de *biogás*. Outro problema identificado é a falta de padronização e integração nos processos de coleta e segregação, o que reduz a eficiência operacional e aumenta o desperdício de materiais potencialmente reaproveitáveis.

5.1 Acúmulo e Destino de Resíduos Orgânicos No Aeroporto Internacional de Guarulhos

Milhares de toneladas de resíduos orgânicos são geradas diariamente em restaurantes, cafés, catering e áreas de alimentação. Grande parte desses resíduos ainda não recebe o tratamento adequado, sendo misturada com lixo comum ou destinada a aterros, o que aumenta o impacto ambiental e os custos operacionais. Esse acúmulo representa um desperdício de recursos valiosos que poderiam ser transformados em energia limpa ou adubo orgânico. Além disso, a falta de um sistema eficiente de coleta e separação gera problemas de higiene, odores e riscos à saúde, prejudicando a qualidade do ambiente de trabalho e a experiência dos passageiros. O cenário evidencia a necessidade urgente de soluções inovadoras e sustentáveis, como o BioFusion, que transformam o problema dos resíduos em oportunidade de geração de energia e preservação ambiental.

5.2 Baixa Eficiência Energética e Sustentabilidade

Apesar de haver iniciativas de sustentabilidade, a eficiência energética relacionada ao uso de resíduos ainda é limitada. O desperdício de matéria-prima potencialmente útil representa uma oportunidade perdida de gerar energia limpa e reduzir emissões de carbono.

6.Proposta de Melhoria

A proposta de melhoria apresentada pelo BioFusion nasce da necessidade de repensar o destino dos resíduos orgânicos gerados diariamente no Aeroporto Internacional de Guarulhos e transformá-los em fonte de energia renovável. A iniciativa busca unir inovação, tecnologia e sustentabilidade em um mesmo processo, mostrando que é possível alinhar eficiência operacional à preservação ambiental. O projeto propõe um sistema estruturado em duas frentes principais: a compostagem associada à produção de energia limpa e a implementação da tecnologia BioFusion dentro do ambiente aeroportuário.

6.1 Processo de Compostagem e Produção de Energia

O primeiro eixo da proposta envolve a compostagem controlada dos resíduos orgânicos coletados nos terminais, restaurantes e áreas de operação. Esse processo, quando realizado de forma tecnológica e monitorada, gera *biogás* e composto orgânico de alta qualidade. O *biogás* pode ser convertido em energia elétrica ou térmica, atendendo parte da demanda interna do aeroporto e reduzindo a dependência de fontes energéticas tradicionais. Já o composto pode ser utilizado em áreas verdes do próprio aeroporto ou direcionado a programas de responsabilidade social, beneficiando comunidades locais e reforçando a imagem positiva do aeroporto perante a sociedade. Trata-se de uma solução que integra economia circular, inovação e compromisso ambiental em um mesmo sistema.

6.2 Implementação de Tecnologia BioFusion no Aeroporto

O segundo eixo da proposta está na aplicação prática da tecnologia BioFusion, que consiste em um modelo avançado de *biodigestão* e aproveitamento energético. Essa tecnologia não apenas potencializa o aproveitamento dos resíduos orgânicos, mas também garante maior controle sobre os processos, evitando desperdícios e aumentando a eficiência energética. Sua implementação dentro do aeroporto cria um sistema de gestão inteligente de resíduos, capaz de monitorar em tempo real os volumes processados, a energia gerada e os impactos ambientais evitados. Com isso, o aeroporto se posiciona como pioneiro na utilização de tecnologia de ponta para transformar resíduos em soluções sustentáveis, gerando benefícios operacionais e fortalecendo seu papel como referência internacional em inovação ambiental.

7.RESULTADOS ALCANÇADOS

A implantação do BioFusion no aeroporto de Guarulhos tem o potencial de gerar impactos significativos tanto do ponto de vista ambiental quanto operacional.

Ambientalmente, estima-se que o aproveitamento da *biomassa* possa reduzir o volume de resíduos enviados a aterros sanitários, contribuindo para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e promovendo práticas mais sustentáveis na gestão de resíduos. Operacionalmente, a utilização da *biomassa* como fonte de energia limpa poderia gerar economia nos custos energéticos, otimizar o uso de recursos e diminuir a dependência de fontes externas de energia.

Além disso, a adoção de soluções inovadoras, como o BioFusion, pode fortalecer a imagem do aeroporto como referência em sustentabilidade e responsabilidade socioambiental, tanto nacional quanto internacionalmente, servindo de modelo para outros centros logísticos que buscam integrar inovação e sustentabilidade

8.CONSIDERAÇÕES FINAIS

O BioFusion é uma proposta inovadora que transforma resíduos orgânicos em energia limpa, integrando sustentabilidade, tecnologia e eficiência operacional na logística aeroportuária. Espera-se que sua implementação reduza significativamente o volume de resíduos enviados a aterros, contribua para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa e gere economia nos custos energéticos. Além disso, a iniciativa projeta o Aeroporto Internacional de Guarulhos como referência em inovação e responsabilidade socioambiental, servindo de modelo para outros aeroportos e grandes centros logísticos que buscam soluções criativas e sustentáveis, reforçando seu papel estratégico na transformação do setor.

9.REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação — Referências — Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BESSEN, Gina Rizpah et al. Gestão sustentável de resíduos sólidos: desafios e perspectivas. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 389-405, 2014.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.

GUARULHOS INTERNACIONAL AIRPORT. Relatório de Sustentabilidade GRU Airport 2023. Guarulhos: GRU Airport, 2023. Disponível em: <https://www.gru.com.br>. Acesso em: 30 ago. 2025.

GUERIN, Matheus Vitor Diniz et al. Digestão anaeróbia de resíduos alimentares utilizando ensaios BMP. Biofix Scientific Journal, v. 3, n. 1, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/55831>. Acesso em: 12 set. 2025.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). Sustainability and Environment Report. Montreal: IATA, 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

MARCUCCI, Sílvia M. P. et al. Biogas Overview: Global and Brazilian Perspectives with Emphasis on Paraná State. Sustainability, v. 17, n. 1, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/321>. Acesso em: 12 set. 2025.

ROCHA, Danilo Henrique Donato; VARESCI, Maria Bernadete Amancio. Valorização da co-digestão anaeróbia de resíduos sólidos e águas residuárias do processamento de citros: perspectivas para obtenção de biocombustíveis e compostos de interesse biotecnológico. São Paulo: USP, 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003157158>. Acesso em: 12 set. 2025.

SILVA, João Carlos da; FERREIRA, Ana Paula. Biogás e Sustentabilidade: o uso da biomassa como fonte energética no Brasil. Revista Brasileira de Energia, Brasília, v. 25, n. 3, p. 45-62, 2019.

SOUZA, T. L. de C.; ROCHA, A. L. M.; BRIANEZI, D. Energy potential and economic feasibility of biogas: case study of a landfill in Minas Gerais, Brazil. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 56, n. 4, p. 643-653, 2021. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/935. Acesso em: 12 set. 2025.

WORLD BANK. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018.