

## ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM AEROPORTO INTERNACIONAL DE MINAS GERAIS NO TRATAMENTO E NA DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS

Alexsander José dos Santos<sup>1</sup>

Sandra Regina Monteiro Masaslikiene Roveda<sup>2</sup>

Sandro Doninni Mancini<sup>3</sup>

Henrique Ewbank<sup>4</sup>

José Arnaldo Frutuoso Roveda<sup>5</sup>

**Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos (sólidos e líquidos)**

### *Resumo*

Este estudo teve como objetivo analisar o desempenho de um aeroporto internacional de Minas Gerais no tratamento e na destinação final de resíduos sólidos. Para atingir esse objetivo, um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) foi desenvolvido e aplicado a um conjunto de dados do aeroporto estudado, abrangendo um período que o aeroporto estava sob gestão pública (2012) e outro sob gestão privada (2017/2018). O sistema a partir de quatro entradas produz como saída um Indicador de Tratamento e Destinação Final (ITDF) avaliado de 0 (pior desempenho) a 10 (melhor desempenho). Embora os resultados indiquem que o aeroporto possui um desempenho melhor no ITDF na gestão privada do que na pública, há aspectos a serem melhorados em função do desempenho ter sido classificado como regular. A destinação dos resíduos orgânicos, que são enviados para aterros sanitários, é o principal ponto a ser aperfeiçoado pelo aeroporto. Esses resíduos podem ser destinados de maneira mais adequada, isto é, serem enviados para a compostagem, o que auxilia a melhorar o desempenho no tratamento e destinação dos resíduos. O percentual de resíduos recicláveis enviados para cooperativas ainda não atingiu o patamar máximo, sendo assim mais um item a ser aperfeiçoado pelo aeroporto.

Palavras-chave: Aeroporto Brasileiro; Gerenciamento de resíduos; Lógica Fuzzy.

<sup>1</sup>Aluno de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP-Sorocaba, alexsander.jose@unesp.br.

<sup>2</sup> Prof. Dra. Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP-Sorocaba, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, sandra.regina@unesp.br.

<sup>3</sup> Prof. Dr. Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP-Sorocaba, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, sandro.d.mancini@unesp.br.

<sup>4</sup> Prof. Dr. Escola de Engenharia de Sorocaba (FACENS), henrique.ewbank@gmail.com.

<sup>5</sup> Prof. Dr. Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP-Sorocaba, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, jose.roveda@unesp.br.

## INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos é considerado um elemento vital da gestão ambiental de um aeroporto, além de ser uma questão tipicamente ambiental apesar de ter impactos sociais e econômicos (PITT e SMITH, 2003).

O tema do manejo de resíduos em aeroportos foi estudado na literatura nacional e internacional por diferentes autores. Carra, Da Conceição e Teixeira (2013) analisaram o desempenho do gerenciamento de resíduos no Aeroporto Internacional de Viracopos; Kunz, De Conto e Demori (2015) estudaram a geração de resíduos no Aeroporto de Caxias do Sul (RS) e Pitt e Smith (2003) avaliaram a eficiência do gerenciamento de resíduos em aeroportos do Reino Unido.

Em relação ao Brasil, há dificuldade para analisar o desempenho de um aeroporto no gerenciamento dos resíduos devido, principalmente, a dificuldade de desenvolver indicadores e de se obter um desempenho geral e da ausência de dados para comparar os aeroportos (CARRA; DA CONCEIÇÃO e TEIXEIRA, 2013). Levando em conta essa dificuldade e a pouca discussão do tema no país (CARRA; DA CONCEIÇÃO e TEIXEIRA, 2013), este estudo teve como objetivo analisar o desempenho de um aeroporto internacional de Minas Gerais no tratamento e na destinação final de resíduos sólidos e como ponto de partida o estudo de Santos *et al.* (2020).

## METODOLOGIA

Neste trabalho foi estudado o Aeroporto Internacional Tancredo Neves, localizado no estado de Minas Gerais e administrado pela empresa BHAIRPORT (GENTA, 2018). É a principal entrada aérea do estado em relação ao comércio internacional, movimentando mais de 10 milhões de passageiros por ano (GENTA, 2018; PASSOS *et al.*, 2013).

Para analisar o tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos do aeroporto estudado foi elaborado um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) com base em Santos *et al.* (2020). Esse sistema possui quatro entradas e tem como saída um Indicador de Tratamento e Destinação Final (ITDF) que é avaliado de 0 (pior desempenho) a 10 (melhor desempenho) a partir de uma nota final de desempenho. A Tabela 1 apresenta a descrição

das variáveis de entrada e saída do SBRF proposto.

Tabela 1: Descrição das variáveis de entrada e de saída do modelo desenvolvido

Variável	Definição	Categorias de Classificação*	Domínio	Unidade
Taxa de resíduos enviados para o aterro	Refere-se ao volume de resíduos enviado para aterros, dividido pelo volume de resíduos gerados.	Baixa[0 0 25 50] Média[25 50 75] Alta[50 75 100 100]	0-100	%
Resíduos enviados para cooperativas	Mede o nível de destinação adequada dos resíduos recicláveis.	Baixa [0 0 10 20] Média [10 20 30] Alta [20 30 65 65]	0-65	%
Resíduos enviados para compostagem	Mensura o grau de destinação adequada de resíduos compostáveis	Inadequado [0 0 15 30] Parc.Adequado [15 30 45] Adequado [30 45 60 60]	0-60	%
Distância de Transporte Externo	Mede o deslocamento (km/viagem) de destinação final	Curta [0 0 30 60] Média [30 60 90] Longa [60 90 120 120]	0-120	Km
Indicador de Tratamento e Destinação Final (ITDF)	Avalia o desempenho de um aeroporto nas etapas de tratamento e destinação final dos resíduos	Péssimo [0 0 1 3] Ruim[1 3 5] Regular [ 3 5 7] Bom [5 7 9] Excelente [7 9 10 10]	0-10	-

\* Três valores: funções de pertinência triangulares; Quatro valores: funções de pertinência trapezoidais

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2020)

O Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) desenvolvido foi composto de quatro etapas, a saber (BARROS; BASSANEZI e LODWICK, 2017): fuzzificação, onde as entradas e as saídas do modelo foram descritas utilizando termos linguísticos; base de regras, em que as entradas e saídas são relacionadas adotando uma estrutura “se-então” e proposições fuzzy; etapa de inferência fuzzy, que gera uma saída fuzzy a partir da tradução das proposições fuzzy com o método de Mamdani, que se baseia na regra de composição “max-min”; etapa de defuzzificação que produz uma saída crisp(valor real) por intermédio da conversão da saída fuzzy aplicando o método do centroide que é muito similar a média aritmética.

Para gerar os resultados do ITDF foram coletados dados mensais de resíduos sólidos do aeroporto estudado presentes no estudo de que são relativos ao ano de 2012, que foram estimados com base na geração per capita por passageiro e também ao período de

junho/2017 a maio/2018. Os dados de 2012 tiveram como fonte Passos *et al.* (2013) e os do período de 2017/2018 o estudo de Genta (2018). Os dados coletados permitem comparar o desempenho da gestão pública (2012) com a gestão privada (2017/2018) no manejo de resíduos.

Por fim, os resultados obtidos foram analisados quantitativamente, onde se buscou compreender os motivos para o desempenho do aeroporto no ITDF e a implementação do SBRF proposto e a obtenção dos resultados foram realizadas com o apoio do software R (RCORETEAM, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados do ITDF para o Aeroporto Internacional Tancredo Neves (MG).

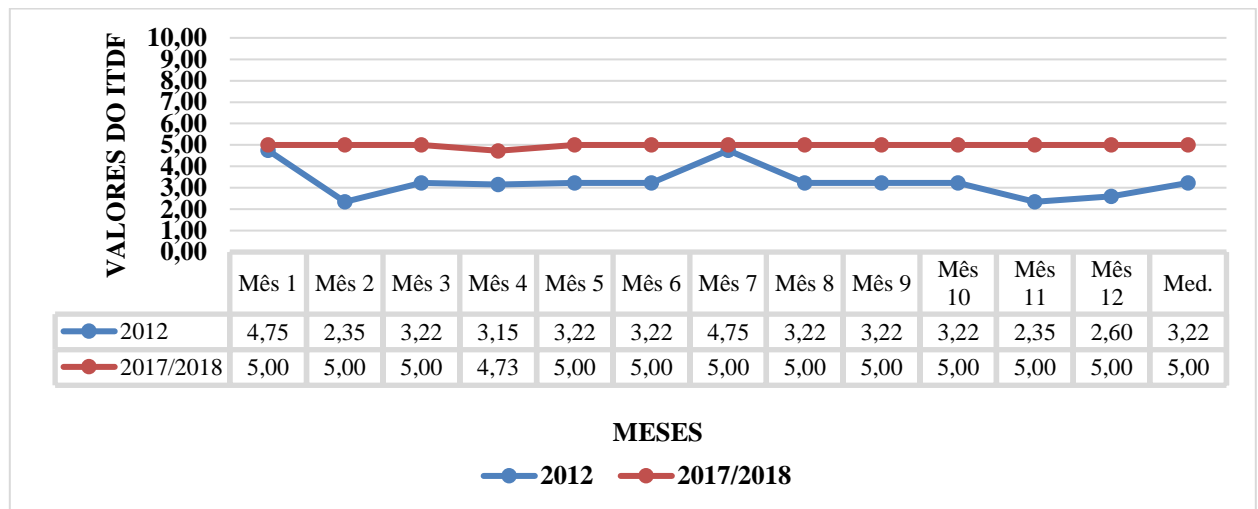


Figura 1: Resultados do desempenho do Aeroporto Internacional Tancredo Neves no ITDF. Fonte: Autores do Trabalho

Os resultados da Figura 1 demonstram que o aeroporto estudado possui um desempenho melhor no ITDF sob gestão privada (BH AIRPORT) em relação a gestão pública (INFRAERO), com base na mediana. Isso se deve, principalmente, por uma maior quantidade de resíduos recicláveis enviados para cooperativas (cerca de 30% em média) e pela redução da taxa de resíduos enviados para aterro (passou de em torno de 90% para 80%) em 2017/2018 em comparação a 2012 (GENTA, 2018; PASSOS *et al.*, 2013).

Apesar de ter um melhor desempenho, os valores do ITDF indicam que o

desempenho mais atual do aeroporto, sob gestão privada, não é satisfatório, visto que é considerado como regular e existem pontos a serem aperfeiçoados. O principal aspecto a ser melhorado é a destinação dos resíduos orgânicos, que segundo análise qualitativa presente em Passos *et al.* (2013) representam 40% do total gerado e são enviados para aterros sanitários, o que não é ambientalmente correto. Os resíduos orgânicos podem ser destinados para um fim mais adequado, no caso a compostagem como corroborado por Genta (2018), o que melhora o ITDF.

## CONCLUSÕES

Com base nas medianas do ITDF nos dois anos analisados, respectivamente, 3,22 para o primeiro ano e 5,00 para o segundo, conclui-se que o Aeroporto Internacional Tancredo Neves (MG) possui um melhor desempenho no tratamento e destinação final de resíduos sólidos sob gestão privada (2017/2018) e existem aspectos a serem aperfeiçoados, essencialmente, na destinação dos resíduos orgânicos.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, L. C. de; BASSANEZI, R. C.; LODWICK, W. A.. **A First Course in Fuzzy Logic, Fuzzy Dynamical Systems, and Biomathematics**. 1. ed. [S. l.]: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017. p.299.
- CARRA, T. A.; DA CONCEIÇÃO, F. T.; TEIXEIRA, B. B. Indicadores para a gestão de resíduos sólidos em aeroportos e sua aplicação no Aeroporto Internacional de Viracopos, Campinas, São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 131–138, 2013.
- GENTA, A. F. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos e levantamento das emissões de gases de efeito estufa gerados no Aeroporto Internacional Tancredo Neves**. 2018. - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- KUNZ, J. G.; DE CONTO, S. M.; DEMORI, M. K. A geração de resíduos sólidos aeroportuários e suas interfaces com o turismo: o caso do Aeroporto Hugo Cantergiani, Caxias do Sul-RS, Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 9, n. 1, p. 59, 2015.
- PASSOS, R. G. *et al.* Gerenciamento de Resíduos em Aeroporto Internacional de Grande Circulação: Aspectos Quantitativos, Contribuição Per Capita e Projeções Futuras. *In*: 2013, Goiânia - GO. **27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Goiânia - GO: ABES, 2013. p. 1–8.
- PITT, M.; SMITH, A. Waste management efficiency at UK airports. **Journal of Air Transport Management**, v. 9, n. 2, p. 103–111, 2003.
- RCORETEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
- SANTOS, A. J. dos *et al.* A fuzzy assessment method to airport waste management: A case study of Congonhas Airport, Brazil. **Journal of Air Transport Management**, v. 87, p. 101838, 2020.