

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO E DA DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS EM AEROPORTOS: UM ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO DE NAVEGANTES(SC)

Alexsander José dos Santos¹

Sandra Regina Monteiro Masaslikiene Roveda²

Sandro Doninni Mancini³

Henrique Ewbank⁴

José Arnaldo Frutuoso Roveda⁵

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

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho do manejo de resíduos em um aeroporto brasileiro da Região Sul, tendo como ênfase as etapas de tratamento e destinação final dos resíduos aeroportuários. Para isso, foi utilizado um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) cuja saída é um Indicador de Tratamento e Destinação Final (ITDF) que analisa o desempenho de um aeroporto no manejo de resíduos com base na destinação dos resíduos. Os resultados obtidos a partir do sistema indicaram que o aeroporto estudado possui um desempenho regular no ITDF, com mediana de 5,00 em 2014 e 4,80 em 2016, sendo necessário o aperfeiçoamento nesta medida. Essencialmente, as análises mostram que o principal fator que tem contribuído para este desempenho deve-se a destinação dos resíduos orgânicos que são enviados atualmente para aterros sanitários, o que é ambientalmente inadequado. Uma maneira de melhorar a gestão neste aspecto é direcionar os resíduos orgânicos a fins mais adequados, no caso a compostagem.

Palavras-chave: Aeroportos; Manejo de resíduos; Modelagem Fuzzy.

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

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

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

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

⁵ 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 sólidos é um tema importante no setor aéreo, visto que se for realizado de maneira inadequada, pode acarretar em impactos negativos como a contaminação do solo e da água, disseminação de doenças e altos custos para reverter esses problemas (CARRA; DA CONCEIÇÃO; TEIXEIRA, 2013).

Destaca-se ainda que a questão dos resíduos tem menos destaque nos planos ambientais aeroportuários do que temas como ruído e emissões (PITT; BROWN; SMITH, 2002) e existem poucos estudos que tratam do assunto tanto no Brasil quanto no exterior (CARRA; DA CONCEIÇÃO; TEIXEIRA, 2013).

Embora seja um tema incipiente na literatura, é possível citar estudos sobre o gerenciamento de resíduos em aeroportos que abordam itens como a avaliação de desempenho deste último (CARRA; DA CONCEIÇÃO; TEIXEIRA, 2013; SANTOS *et al.*, 2020); geração, tratamento e destinação (PITT; BROWN; SMITH, 2002), entre outros aspectos.

Considerando a importância do manejo de resíduos em aeroportos e a existência de poucos estudos na literatura, sobretudo no Brasil, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho do manejo de resíduos de um aeroporto brasileiro da Região Sul, tendo como ênfase as etapas de tratamento e destinação final dos resíduos aeroportuários. Dá-se ainda continuidade ao que foi desenvolvido pelos autores do trabalho em Santos *et al.* (2020), que serviu de referência para realização do presente estudo, onde é apresentado um novo método de avaliação do manejo de resíduos em aeroportos.

METODOLOGIA

O objeto de estudo deste trabalho é o Aeroporto Internacional de Navegantes (SC) que está localizado no estado de Santa Catarina e tem grande apelo turístico, pois recebe turistas em temporadas de verão e em períodos de festas tradicionais nas cidades do entorno (INFRAERO, 2015; SANTOS; JÚNIOR; MOSER, 2018).

A avaliação do desempenho do Aeroporto Internacional de Navegantes no tratamento e destinação final de resíduos sólidos foi efetuada por intermédio da construção

e aplicação de um Sistema Baseado em Regras *Fuzzy* (SBRF), que possui as seguintes etapas (BARROS; BASSANEZI e LODWICK, 2017):

1. Fuzzificação: Nesta etapa, as entradas e saídas do sistema são modeladas por conjuntos *fuzzy* assim como os respectivos domínios utilizando termos linguísticos.

2. Base de regras: Engloba as proposições *fuzzy*, que associam as entradas e saídas do sistema, descritas assim:

$$\begin{aligned} &\text{Se } x_1 \text{ é } A_1 \text{ e } x_2 \text{ é } A_2 \text{ e } \dots \text{ e } x_n \text{ é } A_n \\ &\text{Então } u_1 \text{ é } B_1 \text{ e } u_2 \text{ é } B_2 \text{ e } \dots \text{ e } u_m \text{ é } B_m \end{aligned} \quad (1)$$

3. Inferência *fuzzy*: Consiste na tradução das proposições *fuzzy* em relações *fuzzy* que modelam a base de regras por meio de técnicas de lógica *fuzzy*. Foi adotado neste estudo o método de inferência de MAMDANI e ASSILIAN (1975) que é baseado na regra de composição “max-mín”.

4. Defuzzificação: A saída do sistema é gerada a partir da conversão da saída *fuzzy* obtida na etapa anterior em uma saída *crisp* (valor real). Para isso, utilizou-se o método do centróide, que é calculado do seguinte modo:

$$\text{Centróide} = \frac{\sum_{i=0}^n u_i \varphi_B(u_i)}{\sum_{i=0}^n \varphi_B(u_i)} \quad (2)$$

Onde $\varphi_B(u_i)$ indica o grau de pertinência do valor u_i no conjunto *fuzzy* B .

O SBRF utilizado têm quatro entradas a saber: taxa de destinação de resíduos a aterros (em %); destinação de resíduos á cooperativas (em %); destinação de resíduos á compostagem (em %) e distância de transporte externo (em km). Têm como saída um Indicador de Tratamento e Destinação Final (ITDF) que avalia o desempenho de um aeroporto nas etapas de tratamento e destinação final, que possui valores que variam de 0 (pior desempenho) a 10 (melhor desempenho). Os domínios, os termos linguísticos utilizados e a descrição das entradas e saídas do sistema proposto estão presentes em Santos *et al.* (2020).

A coleta de dados neste estudo foi realizada consultando dados mensais de resíduos do Aeroporto Internacional de Navegantes (SC) de 2014 (estimados) e 2016, totalizando 24 meses, que teve como fontes, respectivamente, INFRAERO (2015) e Santos; Júnior e Moser (2018). Esse período abrange a atualização do Plano de Gerenciamento de Resíduos

Sólidos (PGRS) do aeroporto ocorrida em 2015.

Os resultados obtidos do sistema proposto foram analisados quantitativamente buscando ainda compreender as ações efetuadas ou não que justificam o desempenho do aeroporto no ITDF. Por fim, a implementação do SBRF proposto e a obtenção dos resultados do estudo foram realizadas utilizando o software livre R(RCORETEAM, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados do ITDF para o Aeroporto Internacional de Navegantes (SC). Conforme as medianas dos dois anos analisados, isto é, de 2014 (5,00) e 2016 (4,80) o desempenho do aeroporto estudado é regular, o que denota que há pontos a serem aperfeiçoados no tratamento e destinação dos resíduos gerados. Esse desempenho é explicado pela alta taxa de destinação de resíduos a aterros (em torno de 90%) e pelo não envio dos resíduos para a compostagem, que são destinados a aterros sanitários (INFRAERO, 2015; SANTOS; JÚNIOR e MOSER, 2018), o que influenciou nos resultados obtidos.

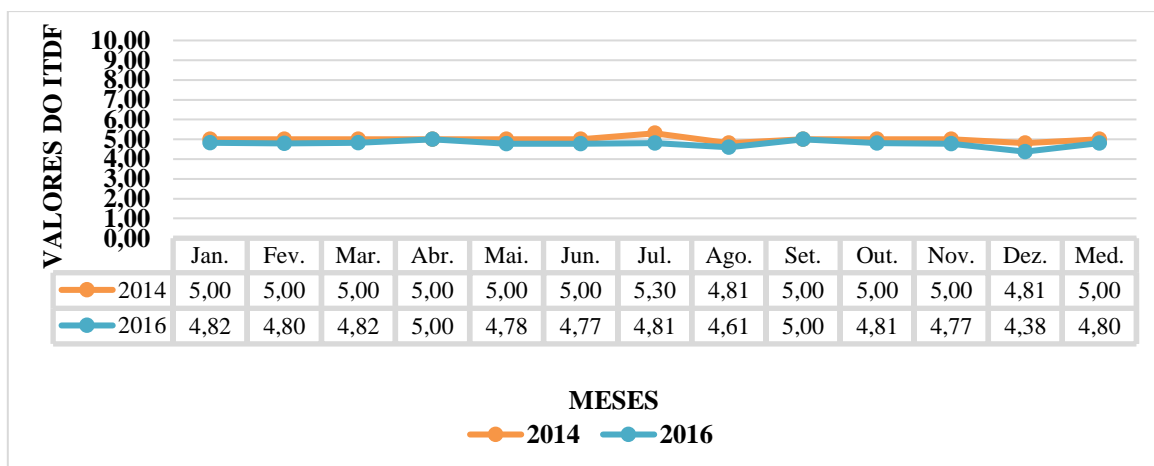


Figura 1: Resultados do desempenho do Aeroporto Internacional de Navegantes (SC) no ITDF.

Fonte: Autores do Trabalho

Destaca-se que com base no levantamento qualitativo e quantitativo dos resíduos realizado pelo aeroporto (INFRAERO, 2015) os resíduos recicláveis representam cerca de 35% e os orgânicos 37% do total gerado, o que indica que há a possibilidade de destina-los adequadamente para, respectivamente, cooperativas e compostagem. Considerando esses

números, o aeroporto pode melhorar a destinação dos seus resíduos, principalmente, dos orgânicos que podem ser enviados para um destino correto (compostagem) ao invés de serem destinados para aterros, o que irá melhorar o desempenho do aeroporto no ITDF.

É possível ainda aperfeiçoar a separação dos resíduos orgânicos, que ficam em alguns casos misturados com os resíduos comuns, o que possibilitará realizar uma destinação mais correta desse tipo de resíduo.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, com destaque para os valores das medianas de 2014 (5,00) e 2016 (4,80) do ITDF, conclui-se que o desempenho do Aeroporto Internacional de Navegantes (SC) no tratamento e destinação final pode ser aperfeiçoado. A destinação dos resíduos orgânicos deve ter uma destinação mais correta, no caso a compostagem, o que irá também diminuir o envio de resíduos para aterros. Conseqüentemente, esta ação deverá melhorar o desempenho do aeroporto no manejo de resíduos obtendo, assim, um desempenho ambiental mais adequado.

REFERÊNCIAS

- BARROS, L. C. de; BASSANEZI, R. C.; LODWICK, W. A.. **A First Course in Fuzzy Logic, Fuzzy Dynamical Systems, and Biomathematics**. 1. ed: 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 Sanitaria e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 131–138, 2013.
- INFRAERO. **Plano de Gerenciamento de Resíduos do Aeroporto Internacional de Navegantes(SC)**. Navegantes, Brasil, 2015.
- MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. **International Journal of Man-Machine Studies**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 1–13, 1975.
- PITT, Michael; BROWN, A.; SMITH, Andrew. Waste management at airport. **Facilities**, v. 20, n. 5/6, p. 198–207, 2002.
- 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.
- SANTOS, Henrique Frank dos; JÚNIOR, José Carlos Aravéchia; MOSER, Marília Campos. Gerenciamento de resíduos sólidos em aeroportos de médio porte: estudo de caso no Aeroporto Internacional Ministro Victor Konder, Navegantes, Santa Catarina. In: **Aspectos Ambientais em Aeroportos (Ano 2017/2018)**. 1. ed. Brasília, Brasil: INFRAERO, 2018. p. 7–22. *E-book*.