

De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



A PESQUISA OPERACIONAL APLICADA A OTIMIZAÇÃO DE RUÍDO EM UMA FÁBRICA DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

DÉBORAH APARECIDA SOUZA DOS REIS – deborah.reis@uemg.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS - UEMG – ITUIUTABA

JORGE VON ATZINGEN DOS REIS – jorgereis@ufu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNCIA - UFU - FACES

MARCUS ANTONIO VIANA DUARTE – mvduarte@ufu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNCIA - UFU - FEMEC

ÁREA: 3. PESQUISA OPERACIONAL

SUBÁREA: 3.1 - MODELAGEM, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

PALAVRAS-CHAVES: MODELAGEM; PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE;
SIMULAÇÃO; OTIMIZAÇÃO; SOLUÇÃO ACÚSTICA.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa operacional se apresenta como uma importante ferramenta para resolver problemas de otimização. O objetivo desta pesquisa é desenvolver soluções acústicas para minimizar a exposição ao ruído ocupacional. Para tal, aplicou-se o PCV (Problema do Caixeiro Viajante) à otimização de roteamento de funcionários, de forma a minimizar o tempo de exposição ao ruído. O som é parte da vida cotidiana das pessoas e pode ser definido como flutuações de pressão em um meio compressível, conforme Gerges (2000). No entanto, existem sons que são desagradáveis, conhecidos como ruído. Sabe-se da literatura que a exposição contínua a níveis de ruído elevados pode ocasionar problemas de saúde, como hipertensão arterial, estresse, aumento da tensão muscular, incapacidade de concentração, distúrbios auditivos temporários ou permanentes. Assim, uma detecção prévia deste tipo de ocorrência pode evitar a PAIRO (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional).

Moro *et al.* (2018) apresentam um estudo no qual otimizaram a rota de distribuição de materiais de construção utilizando o Problema do Caixeiro Viajante. Para tal, os autores utilizaram as heurísticas do vizinho mais próximo e subcircuito inverso no software SCILAB®, versão 5.2.2. As heurísticas do vizinho mais próximo e do subcircuito possibilitaram, respectivamente, uma redução percentual de 8,53% e de 15,96% comparada à rota atual. Outra aplicação da pesquisa operacional pode ser observada no trabalho de Rocco e Morabito (2012). Eles desenvolveram um modelo de programação linear inteira mista com o objetivo de otimizar a tomada de decisões das operações de produção de vapor.

A norma regulamentadora NR-15 apresenta os limites de exposição ao ruído para trabalhadores e as causas da PAIRO, que são a exposição prolongada a ruídos acima de 85 dB por um período de 8 horas por dia. Como medida preventiva, a NR-15 prevê o uso de proteção auditiva coletiva e/ou individual, redução da jornada de trabalho, pausas regulares, mudança de função e uso de equipamentos menos ruidosos. A NR-7 estabelece os exames obrigatórios audiométricos.

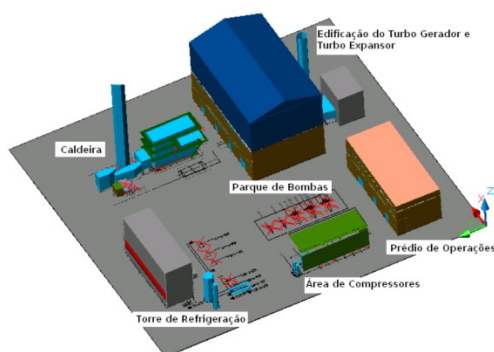
2. MÉTODO

Como estudo de caso, utilizou-se os dados de uma unidade industrial de geração e distribuição de vapor, cuja função é a geração de energia, acionando turbos geradores e alimentando turbo bombas e turbo compressores e preaquecimento de produtos conforme Oliveira Filho (2011). Na fábrica, existe uma caldeira de grande porte com três plataformas de

acesso contendo seis queimadores, dois pirômetros, um turbo ventilador de tiragem forçada para admissão de ar, três compressores, o corpo da caldeira, um desaerador com duas descargas para a atmosfera, uma torre de resfriamento de água composta por duas quedas de água e cinco motos bombas.

Há um edifício com três pavimentos, uma área coberta e sala de operações. As cruzes em vermelho indicam as fontes de ruído na Figura 1.

FIGURA 1 – Mapa da planta industrial.



Fonte: Oliveira Filho (2011).

O Problema do Caixeiro Viajante (PCV) pode ser definido como um veículo que deve visitar todas as cidades e retornando à origem, passando uma única vez em cada cidade e minimizando a distância percorrida (Costa, 2011). Dessa forma, o modelo matemático do PCV é descrito pela Equação 1. A variável r_{ij} representa a dose de ruído entre os pontos i e j .

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

A Equação 1 representa a função objetivo a ser minimizada, na qual x_{ij} são os valores de NPS, níveis de pressão sonora, estimados a partir dos níveis de potência sonora, NWS, medidos na planta industrial para cada equipamento considerado no modelo.

A dosimetria é um ramo da ciência acústica que objetiva identificar e qualificar a magnitude do risco físico ruído como potencial causa de doença. Utilizou-se os valores de cada ponto que faz parte da rota do funcionário para o cálculo da dose. A dose é uma ponderação entre o tempo de exposição e o tempo permitido de exposição para aquele nível de ruído sem ocasionar danos segundo Multee (2019). Procedeu-se o cálculo da dosimetria entre os postos e também considerou-se a exposição devido à permanência em cada posto.

3. RESULTADOS

Foram utilizados os níveis de pressão sonora no ambiente de trabalho e o tempo despendido pelo trabalhador em cada uma das atividades realizadas durante a jornada de

trabalho. Na Tabela 1 é possível observar os resultados obtidos para a modelagem do problema como um PCV com a condição de um funcionário para a realização da jornada.

TABELA 1 – Resultados da Modelagem do PCV.

Quantidade de iterações	275
Rota Funcionário	1 → 6 → 7 → 8 → 10 → 9 → 4 → 3 → 2 → 5
Dose Funcionário	0,179869
Tempo de processamento	0,06 s
Tolerância	1,00e-04

Fonte: Autoria Própria (2019).

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados apresentados na Tabela 1, pode-se concluir que a modelagem do problema como um PCV para a dosimetria apresentou bons resultados, pois a rota encontrada possibilitou uma dose de exposição inferior a unidade, o que é considerado adequado para evitar a PAIRO conforme Gerges (2000).

REFERÊNCIAS

COSTA, P. P. **Teoria de Grafos e Suas Aplicações**. 77 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática Universitária) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2011.

GERGES, S. N. Y. **Ruído Fundamentos e Controle**. Florianópolis: NR, 2000.

Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2014.

Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 07 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1996.

MORO, M. F.; WEISE, A. D.; REIS, C. C. C.; FLORES, S. A. **Operations research techniques applied in route optimization of a network of building materials stores**. Revista Produção em Foco, n.3, p.539-552, 2018.

MULTEE, P. **Dosimetria de Ruído**. 2019. Disponível em:
<<http://www.multee.com.br/servicos-de-engenharia/seguranca-do-trabalho/agentes-fisicos/dosimetria-de-ruído/>>. Acesso em 06 Mar. 2019.

OLIVEIRA FILHO, R. H. **Uma Metodologia para a Avaliação Virtual da Dose de Exposição ao Ruído no Ambiente de Trabalho**. 186 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

ROCCO, C. D.; MORABITO, R. **An optimization model for the operations of steam production in industrial boilers**. Revista Gestão e Produção, n.2, p.273-286, 2012.