

APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS E DATA ENVELOPMENT ANALYSIS PARA PROPOSIÇÃO DE LAYOUTS EFICIENTES EM AMBIENTES DE PRODUÇÃO

Duann Eugênio Noronha Dias Costa – duann_88@unifei.edu.br

Rafael de Carvalho Miranda – rafael.miranda@unifei.edu.br

Palavras-chave: Simulação a eventos discretos, Análise envoltória de dados, Projeto de layout.

1. INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais competitivo, ações como otimizar fluxos produtivos e a utilização de mão de obra ou reduzir desperdícios e custos de produção se tornam cada dia mais necessários para a sobrevivência de diversos negócios. Devido a isso, a definição do *layout* mais adequado para cada área e atividade é de extrema importância e pode aumentar a eficiência produtiva e financeira dos processos.

Uma das motivações da pesquisa surgiu devido a necessidade de uma fábrica do ramo de autopeças localizada no Sul de Minas Gerais, que usualmente recebia pedidos de produção de mais de 30.000 peças por lote e tem enfrentado um desafio com a redução de alguns lotes para 5.000 peças. Por este motivo, serão feitas diversas propostas para a montagem de uma nova linha de produção que visa atender lotes menores, mas será preciso definir qual apresenta o *layout* mais eficiente, considerando diversas informações de entrada e de saída.

Sendo assim, a pesquisa em desenvolvimento pretende resolver a seguinte questão problema: Como a aplicação da Análise Envoltória de Dados em cenários simulados pode apoiar a escolha do layout mais eficiente de uma linha de produção, integrando critérios técnicos e financeiros?

Dessa forma, o objetivo geral desse estudo é: Empregar a Análise Envoltória de Dados (DEA) como ferramenta de apoio à decisão para avaliar e selecionar o *layout* mais eficiente dentre múltiplos cenários de produção desenvolvidos por meio

de modelagem e simulação. Esse objetivo foi dividido em 4 objetivos específicos (OEs):

OE1: Propor *layouts* para uma linha de usinagem em uma fábrica de autopeças;

OE2: Utilizar Simulação a Eventos Discretos (SED) para gerar simulações de cada cenário proposto;

OE3: Obter os dados de entrada e saída de cada cenário modelado por simulação;

OE4: Utilizar a DEA para definição do melhor *layout* para a linha de usinagem sob a ótica técnica e financeira.

Outra motivação para o desenvolvimento deste estudo é a escassez de publicações que integrem o desenvolvimento de *layout*, a SED e a DEA em contextos similares ao aqui proposto. A busca realizada em bases de dados consolidadas, como *Scopus* e *WoS*, revelou que, à medida que esses temas são combinados, o número de publicações diminui significativamente, como evidenciado nas Tabelas 1 e 2, demonstrando o potencial e a necessidade de aprofundar pesquisas sobre essa integração e seus benefícios para a Engenharia de Produção.

Tabela 1 – Quantidade de artigos publicados por palavras-chave na base *SCOPUS*.

Palavra-chave	Quantidade de artigos
" <i>Layout design</i> "	50.756
" <i>Layout design</i> " e " <i>Discrete Event Simulation (DES)</i> "	124
" <i>Layout design</i> " e " <i>Discrete Event Simulation (DES)</i> " e " <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i> "	3

Fonte: *Scopus*.

Tabela 2 – Quantidade de artigos publicados por palavra-chave na base *WoS*.

Palavra-chave	Quantidade de artigos
" <i>Layout design</i> "	39.353
" <i>Layout design</i> " e " <i>Discrete Event Simulation (DES)</i> "	146

Fonte: Web of Science.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial teórico

A definição de *layouts* produtivos envolve desafios complexos, pois requer equilibrar custos de movimentação, balanceamento operacional e requisitos de segurança. Muitas abordagens tradicionais não consideram diversos aspectos, como demandas estocásticas e tempos de *setup* dependentes da sequência produtiva, o que reduz a aplicabilidade prática dos modelos (AZADEH *et al.*, 2014).

Para enfrentar essa complexidade, a simulação computacional tem se mostrado eficaz, permitindo avaliar previamente indicadores de desempenho como tempo médio no sistema e utilização de recursos, sem afetar o ambiente real. Esse recurso é particularmente valioso em setores com alta pressão por produtividade, onde erros de *layout* podem acarretar prejuízos significativos (SISLIOGLU *et al.*, 2018).

A integração entre simulação e DEA surge como estratégia relevante para comparar e selecionar alternativas de *layouts*, combinando múltiplos critérios de desempenho. Nesse contexto, a simulação gera dados detalhados que a DEA utiliza para ranquear a eficiência de cada configuração (PEREIRA *et al.*, 2021). Além disso, modelos híbridos que incorporam simulação e DEA em ambiente incerto, como o uso de métodos *fuzzy*, possibilitam avaliar *layouts* mesmo quando os dados operacionais apresentam incertezas, conferindo mais robustez às análises (AZADEH *et al.*, 2011; HOSSEINI *et al.*, 2019).

De modo geral, essa combinação metodológica fortalece decisões sobre projetos de *layout*, apoiando a busca por configurações que conciliem produtividade e eficiência no uso de recursos (AZADEH *et al.*, 2013; AZADEH *et al.*, 2014). Assim, a integração entre simulação e DEA pode se consolidar como prática recomendada para ambientes industriais cada vez mais dinâmicos e competitivos.

2.2 Metodologia

A pesquisa terá natureza aplicada (BICKMAN; ROG, 2009), pois seus resultados se destinam a solução de problemas reais de forma imediata. O objetivo do estudo é de caráter normativo, já que busca desenvolver políticas, estratégias e ações capazes de aprimorar os resultados existentes na literatura, identificando soluções ótimas para um problema ou comparando abordagens distintas que tratem um problema específico (BICKMAN; ROG, 2009). Por fim, o trabalho terá uma abordagem quantitativa e utilizará o método de modelagem e simulação (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Especificamente em relação aos métodos utilizados, inicialmente serão propostos *layouts* para uma nova linha de produção. Em seguida, será realizada a simulação computacional dos *layouts* propostos por meio do software FlexSim. A partir dos dados de entrada empregados no modelo, dos dados de saída gerados pela simulação e de informações adicionais associadas aos *layouts* (como os investimentos necessários para sua implementação), serão definidas as variáveis de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*) a serem consideradas na avaliação da eficiência de cada proposta. Com base nesses dados, a DEA será aplicada para identificar o *layout* com o melhor desempenho relativo em termos de eficiência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo em desenvolvimento apresenta como principal resultado esperado a definição do *layout* mais eficiente, quando comparados diversos *layouts* propostos que serão modelados e simulados, utilizando como ferramenta para tomada de decisão a DEA.

Porém, para atingir o resultado principal do trabalho em desenvolvimento, outros resultados deverão ser alcançados ao decorrer do tempo. São eles:

R1: Propostas de *layouts* para uma linha de usinagem de uma fábrica de autopeças;

R2: Modelagem e simulação de cada cenário proposto, utilizando SED;

R3: Banco de dados com os dados de entrada e de saída para cada cenário modelado por simulação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como mencionado anteriormente, ainda são escassos os estudos que utilizam DEA como ferramenta de apoio à decisão na definição do *layout* mais eficiente entre alternativas obtidas por modelagem e simulação. Dessa forma, o trabalho proposto se torna atrativo para a Engenharia de Produção como forma de propor um processo de definição de *layouts* eficientes de forma quantitativa e inovadora.

Outro ponto relevante, é que em um mundo cada vez mais dinâmico e focado em eficiência, a indústria e demais setores devem acompanhar esse dinamismo e procurar atuar de forma mais assertiva tecnicamente e financeiramente ao definir o *layout* de suas linhas de produção. O presente trabalho vem de encontro a essa realidade, utilizando a SED como ferramenta para oferecer os subsídios necessários para que a DEA seja utilizada como ferramenta para tomada de decisão na definição do *layout* mais eficiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS

- AZADEH, A.; MOTEVALI HAGHIGHI, S.; ASADZADEH, S.M. A novel algorithm for layout optimization of injection process with random demands and sequence dependent setup times. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 33, n. 3, p. 287–302, 2014.
- AZADEH, A.; MOGHADDAM, M.; ASADZADEH, S.M.; NEGAHBAN, A. An integrated fuzzy simulation–fuzzy data envelopment analysis algorithm for job-shop layout optimization: The case of injection process with ambiguous data. **European Journal of Operational Research**, v. 214, n. 3, p. 768–779, 2011.
- AZADEH, A.; SHEIKHALISHAHI, M.; KOUSHAN, M. An integrated fuzzy DEA–fuzzy simulation approach for optimization of operator allocation with learning effects in multi products CMS. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 14–15, p. 9922–9933, 2013.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Modelling and Simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.241-264, 2002.

BICKMAN, L.; ROG, D. **The SAGE Handbook of Applied Social Research Methods**. 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publications, Inc., 2009.

HOSSEINI, Z.; NAVAZI, F.; SIADAT, A.; MEMARI, P.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. A tailored fuzzy simulation integrated with a fuzzy DEA method for a resilient facility layout problem: A case study of a refrigerator injection process. **IFAC PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 541–546, 2019.

PEREIRA, M. A.; FERREIRA, D. C.; FIGUEIRA, J. R.; MARQUES, R. C. Measuring the efficiency of the Portuguese public hospitals: A value modelled network data envelopment analysis with simulation. **Expert Systems with Applications**, v. 181, p. 115169, 2021.

SISLIOGLU, M.; CELIK, M.; OZKAYNAK, S. A simulation model proposal to improve the productivity of container terminal operations through investment alternatives. **Maritime Policy & Management**, v. 45, n. 8, p. 1043–1063, 2018.