

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

VITOR ANDRIOTTI NICOLA

**ESTUDO DO DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE
EMBALAGENS PELA UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE
DADOS (DEA)**

LONDRINA
2018

VITOR ANDRIOTTI NICOLA

**ESTUDO DO DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE
EMBALAGENS PELA UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE
DADOS (DEA)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção de aprovação na disciplina de TCC 2, do curso de Bacharelado em Engenharia de Produção da UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Ferreira

LONDRINA
2018

TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DO DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE EMBALAGENS PELA UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

POR

VITOR ANDRIOTTI NICOLA

Esta Monografia foi apresentada às 17 horas do dia 27 de Novembro de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores relacionados abaixo. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho: **APROVADO.**

Prof. Dr. Reginaldo Fidelis (UTFPR)
Banca Examinadora

Prof. Me. Bruno Samways dos Santos (UTFPR)
Banca Examinadora

Prof. Dr. Marco Antônio Ferreira (UTFPR)

Presidente da Banca Examinadora
Orientador

NICOLA, Vitor A. **ESTUDO DO DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE EMBALAGENS PELA UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**. 2018. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

RESUMO

A eficiência compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos. A análise de desempenho tornou-se de fundamental importância para todas as empresas, pois é um processo que vai julgar de forma sistemática e padronizada os valores, qualidade e excelência dos processos de uma companhia. O objetivo geral deste estudo foi analisar a eficiência no processo de impressão de uma empresa de embalagens e seu impacto no processo de decisão, por meio de analisar o desperdício de matéria prima (falhas operacionais); responder qual máquina foi a mais eficiente; analisar a literatura sobre os métodos de análise de eficiência e propor um método de análise de eficiência para esta empresa. O método utilizado na pesquisa foi o do Estudo de Caso, que validou a avaliação da eficiência através da ferramenta de Análise Envoltória de Dados (DEA) de forma descritiva, qualitativa e quantitativa. A empresa analisada foi uma multinacional de embalagens, situada em Londrina-PR que conta com um quadro de aproximadamente 1200 funcionários, o estudo será aplicado em um dos setores da empresa que representa a primeira etapa do processo produtivo de transformação de polímeros, o qual conta com cinco máquinas que imprimem filmes plásticos por processo de Rotogravura. Foi verificado que os maiores índices de eficiência são de setembro de 2017 a agosto de 2018, onde foram os da Impressora 12, Impressora 9 e Impressora 11. Entretanto, as máquinas com piores desempenhos foram a Impressora 10 seguida pela Impressora 15, que apresentaram uma discrepância muito grande comparadas as outras máquinas, com índice final 0,407, apenas em maio não ficando com pior índice entre as 5 impressoras. O estudo buscou justificativas para tais resultados nos indicadores da empresa e encontrou o Setup da empresa como influenciador significativo no desempenho da produção.

Palavras-chave: Eficiência; Processo de Impressão; Análise de Desempenho.

NICOLA, Vitor A. **STUDY OF THE PERFORMANCE OF THE PRODUCTION OF A PACKAGING COMPANY BY THE USE OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)**. 2018. 36 f. Completion of course work (Bachelor of Engineering of Production) - UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

ABSTRACT

Efficiency compares what has been produced, given the resources available, with what could have been produced with the same resources. The performance analysis has become of fundamental importance for all companies, as it is a process that will systematically and standardize the values, quality and excellence of a company's processes. The overall objective of this study was to analyze the efficiency of the printing process of a packaging company and its impact on the decision process, by analyzing the waste of raw material (operational failures); answer which machine was the most efficient; analyze the literature on methods of efficiency analysis and propose an efficiency analysis method for this company. The method used in the research was that of the Case Study, which validated the evaluation of the efficiency through the Data Envelopment Analysis (DEA) tool in a descriptive, qualitative and quantitative way. The company analyzed was a multinational of packaging, located in Londrina-PR that has a staff of approximately 1200 employees, the study will be applied in one of the sectors of the company that represents the first stage of the productive process of transformation of polymers, which counts with 5 machines that print plastic films by Rotogravure process. It was verified that the highest efficiency ratios are from September 2017 to August 2018, where Impressora 12, Impressora 9 and Impressora 11 were. However, the machines with the worst performances were Impressora 10 followed by Impressora 15, which presented a very large discrepancy compared to other machines, with final index 0.407, only in May not getting worse among the 5 printers. The study sought justifications for such results in the company's indicators and found the company's Setup as a significant influence on production performance.

Keywords: Efficiency; Printing process; Performance Analysis.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação de médias entre DMUs.....	28
Gráfico 2 - Número de Setups.....	29
Gráfico 3 - Refugo em relação lote médio.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Janelas analisadas	25
Tabela 2 - Impressora 10	26
Tabela 3 - Impressora 11	26
Tabela 4 - Impressora 12	27
Tabela 5 - Impressora 15	27
Tabela 6 - Impressora 9	27
Tabela 7 - Valores reais de cada variável por máquina	31
Tabela 8 - Projeção, com base na comparação durante os períodos de análise, para que as máquinas atingissem a eficiência	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	12
2.1 O PROCESSO DECISÓRIO	12
2.2 DEFINIÇÃO DE EFICIÊNCIA.....	14
2.3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	15
3 METODOLOGIA	23
3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA.....	23
3.2 UNIDADE DE ANÁLISE	23
3.3 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS.....	24
3.4 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 DESEMPENHO DAS IMPRESSORAS	26
4.2 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TAMNAHO DE LOTE NO DESEMPENHO DAS IMPRESSORAS	29
4.3 PROJEÇÃO DE EFICIÊNCIA.....	31
5 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Eficiência produtiva sempre foi um atributo muito valorizado na sociedade surgida após a revolução industrial, porém nas últimas décadas sua importância cresceu drasticamente, visto que nesse período se intensificou o processo conhecido como globalização, cuja principal característica é a abertura de mercado entre os países o que, gerou um enorme aumento da competitividade entre as empresas. (MARIANO, 2007)

Segundo Soares Mello et al. (2005) a eficiência compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos.

Devido a isso, Mariano (2007) diz que se tornou imprescindível para a sobrevivência de uma organização, que se opere com eficiência produtiva, pois caso ela opere com ineficiência, será grande o risco de ela fechar suas portas, porque estará usando muitos *inputs* para produzir poucos *outputs*, o que terá impacto direto nos custos, na competitividade e nos rendimentos dessa empresa. Assim, é de extrema importância para uma empresa conhecer, com máxima antecedência possível, o seu nível de eficiência em relação às suas concorrentes, visto que isso possibilitará, em caso de ineficiência, que a empresa reaja e possa reverter a situação antes de ser esmagada por suas concorrentes.

Diante desse cenário visto anteriormente pelo autor, a análise de desempenho tornou-se de fundamental importância para todas as empresas. É um processo que vai julgar de forma sistemática e padronizada os valores, qualidade e excelência dos processos de uma companhia, sempre relacionado a metas estabelecidas, para que sempre aconteça um processo de melhoria contínua. A empresa que tiver um foco na análise de desempenho poderá identificar lacunas existentes no seu dia a dia, reduzindo desperdícios, aproveitando melhor os seus funcionários e melhorando o clima organizacional da empresa.

A avaliação de desempenho na empresa tem seus aspectos positivos como citados anteriormente, entretanto também apresenta barreiras que dificultam a sua implementação. Uma delas é a cultura da empresa, uma evolução cultural em qualquer ambiente não é simples e demanda engajamento por parte de todos. A implementação da avaliação de desempenho vai apontar pontos falhos na empresa o

que vai gerar rejeição por parte dos colaboradores, essa dificuldade tem que ser quebrada com uma mudança de comportamento desde o mais alto nível hierárquico, mostrando a importância da análise de desempenho para melhorar os processos da empresa, e não para apontar culpados.

O setor de embalagens no Brasil vem crescendo a cada ano, segundo a ABRE – Associação Brasileira de Embalagem o setor apresentou crescimento de 1,96% na produção física de embalagem no ano de 2017 em relação a 2016 e prevê para o ano de 2018 um crescimento maior baseado na recuperação dos indicadores de consumo, comércio, serviços e industrial.

Um dos setores com maior participação no mercado de embalagens é o de Material Plástico. Segundo pesquisa da ABRE, sob chancela do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE/FGV), as embalagens de materiais plásticos representam 38,85% da produção em 2017. O alto volume da produção dessa classe se deve ao fato de ela trazer praticidade ao consumidor, menor custo para as empresas atribuírem aos seus produtos e também por ser um material na maior parte das vezes reciclados. Atrás do Material Plástico vem as embalagens metálicas com 18,15% da produção, muito próximo do Papelão Ondulado com 17,36%, um pouco mais atrás a Cartolina e Papel-Cartão com 11,57%, Papel com 5,16% e os demais Vidro, Madeira e Têxtil com menos de 5% cada.

O presente trabalho será realizado em uma empresa multinacional do setor de embalagens, da região de Londrina/PR. A empresa tem sua sede nos Estados Unidos e possui unidades em todo o globo, no Brasil constitui sua maior operação na região Sudeste (São Paulo e Paraná), porém tem realizado aquisições ampliando para as regiões Centro-Oeste e Nordeste.

É caracterizada como empresa fornecedora, e tem seus negócios diversificados em diversos segmentos do mercado, como alimentos, bebidas, higiene pessoal, cuidados para casa, rações de *pets*. Possui atualmente no total 17500 funcionários em todo o mundo, e na unidade analisada há aproximadamente 1200 funcionários, maior unidade de operação do Brasil, no qual são distribuídos por três fábricas dentro de seu complexo, sendo Flexografia, Rotogravura e Rígidos. Também possui fábricas internas que são fornecedoras das matérias-primas necessárias para a produção das embalagens, como fábrica de cilindros, fábrica de tintas e fábrica fornecedora de filmes plásticos.

Os processos de fabricação Flexografia e Rotogravura são semelhantes, porém na Flexografia utiliza-se de cilindros emborrachados e com chapa em relevo (clichê) e na Rotogravura utiliza-se de cilindros gravados por diamante em baixo relevo, a transferência de tinta é direta para o substrato e no outro processo é indireta. O excesso de tinta é retirado com a faca raspadora e ocorre a transferência dos pontos gravados da imagem no substrato, após a transferência de todas as sequências de tintas obtém-se por sobreposição a imagem final da embalagem. Na maioria dos produtos ocorre a laminação em linha, ou seja, a junção de 2 ou mais substratos através de adesivos, dessa forma é adicionada outras propriedades do substrato para composição da embalagem. E a sequência do processo é o corte e embalagem.

O estudo foi baseado no setor de Rotogravura, composto por 5 máquinas semelhantes, cada qual produz algumas linhas de produtos, na qual não necessariamente apenas uma máquina é exclusiva para um produto, mas todas elas têm SKU's ("*Stock Keeping Unit*" - Unidade de Controle de Estoque) de polímeros impressos e flexíveis, com gramaturas diferentes e adesivos e químicos variados. Foram analisadas as eficiências das máquinas considerando as variáveis de produção.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência no processo de impressão de uma empresa de embalagens e seu impacto no processo de decisão.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar o desperdício de matéria prima no processo produtivo por falhas operacionais e/ou técnicas comparando com o volume de produção, para identificar as máquinas com melhores e piores eficiências.
- Responder qual máquina é a mais eficiente na primeira etapa do processo produtivo de uma empresa de embalagem.

- Analisar a literatura sobre métodos de análise de eficiência, buscando o melhor método para o objetivo proposto.
- Propor um método para análise de eficiência de máquinas utilizadas no processo produtivo de empresas de embalagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EFICIÊNCIA E O PROCESSO DECISÓRIO

A informação na empresa é um elemento precioso e fator de competitividade para quem sabe manter a sua precisão dentro de uma empresa. A gestão organizacional não se restringe apenas a informação. Segundo Angeloni (1999, p. 6) “Compreender os pressupostos e princípios da gestão organizacional do conhecimento e da informação requer uma diferenciação entre dado, informação e conhecimento”. Os dados precisam ser interpretados para virarem informações, através da aplicação das informações gera-se o conhecimento.

De acordo com Berg (1998, p. 81 apud Angeloni, 1999) a informação: “É um processo que envolve criar, colher, assimilar e aproveitar o conhecimento, de modo a gerar uma empresa mais inteligente e competitiva”. A criação referida por Berg é a escolha dos indicadores do objeto de análise, o colher é a coleta de dados sobre o objeto, o processo de assimilar é a transformação de dados em informação citado anteriormente por Angeloni (1999), por fim a aplicação dessas informações geram conhecimento que se tornarão competitividade para a empresa.

O processo da informação citado anteriormente no ponto de vista de Rozenfeld (2000) é uma estrutura que projeta e mensura cuidadosamente seus processos e faz com que todos os funcionários entendam e se responsabilizem por eles, possibilitando o desenvolvimento de um sentimento de “propriedade do processo”.

Segundo Falconi (1998), o gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia pode ser definido como “as ações e verificações diárias conduzidas para que cada pessoa possa assumir as responsabilidades no cumprimento das obrigações conferidas a cada indivíduo e a cada organização”.

Citado anteriormente por Falconi (1998), a estrutura organizacional para que todos assumam as suas responsabilidades, segundo León e García (2011), reflete o esquema formal de relacionamentos, comunicação, processos de decisão, procedimentos e sistema, que permitem a uma organização desenvolver suas funções e atingir seus objetivos.

Grande parte das práticas atuais de gestão se referem a como as organizações devem responder ao contexto de mudança que se instalou no dia a dia. As repostas, geralmente a partir de um planejamento estratégico, indicam a necessidade de alterações nas estruturas, nos processos de trabalho e nas tecnologias existentes, visando atender, ou antecipar, as mudanças do contexto.

O objetivo é permitir a gestão visual dos processos, garantir os resultados conforme as expectativas dos seus clientes, evitar ações emergenciais, solucionar problemas na fonte, melhorar a comunicação entre colaboradores, clientes e fornecedores, criar um processo sustentável e focar na melhoria contínua.

Segundo Falconi (1998), o gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia acontece através da definição de indicadores que por sua vez possuem metas de condições ideais de trabalho. Através dessas metas começa a existir um parâmetro para análise do desempenho de produção.

Hacker e Brotherton (1998, p.18 apud Fischmann e Zilber, 2015) complementam, ressaltando que um efetivo sistema de indicadores deve propiciar capacitação aos administradores de uma organização para determinar se as atividades programadas ocorrem de fato, na direção do atendimento dos objetivos da empresa.

Fischmann e Zilber (2015) dizem que a maioria das organizações procura usar algum tipo de planejamento estratégico, dentro do qual se definem objetivos e metas a serem atingidos. As estratégias definidas para tanto, porém, encontram barreiras e dificuldades na fase de implementação. Essas dificuldades exigem um controle do processo mesmo que com sistemas para garantir a eficiência e eficácia das medidas, tornando um guia para a alta direção gerarem mudanças em áreas que não atinjam os seus objetivos.

Os objetivos da empresa começaram a ficar cada vez mais difíceis de serem alcançados devido ao aumento da competitividade do mercado, isso graças a tecnologia que veio pressionando um concorrente ao outro. Percebeu-se então que as metodologias usadas até então para tomadas de decisão e análise de desempenho não eram suficientes e confiáveis para decisões mais estratégicas, pois baseavam-se apenas em indicadores financeiros. Segundo Cardoza e Carpinetti (apud Neely, 1998) no atual cenário empresarial os novos modelos de avaliação de desempenho são necessários para: verificar e comunicar a posição no mercado.

Segundo Macedo et al. (2007), ao ajudar o administrador a estar preparado para as mudanças competitivas, o processo de mensuração de desempenho o auxilia a gerenciar as ameaças e oportunidades do ambiente e as forças e fraquezas da própria empresa.

Ohno (apud Cardoza e Carpinetti, 1997), um dos maiores problemas das fábricas é que os setores criam visões diferentes sobre a companhia como um todo. Esse tipo de ideologia dificulta a percepção das restrições que cada setor tem para atingir os objetivos e tomadas de decisões assertivas.

2.2 DEFINIÇÃO DE EFICIÊNCIA

Uma informação extremamente importante para as tomadas de decisões assertivas é a eficiência. A combinação ótima dos insumos e métodos necessários (inputs) no processo produtivo de modo que gerem o máximo de produto (output) é o que se conceitua como eficiência. Isto significa que a eficiência é a capacidade de fazer certo as coisas, de minimizar a relação insumos – produtos. Visa assegurar a otimização da utilização dos recursos e, portanto, relaciona-se com os meios e não com os fins (PEÑA, 2008).

Existem dois tipos de eficiência: técnica e econômica. Um sistema que é eficiente na visão técnica é quando não existe outro processo que alcance o mesmo volume de produção, porém com insumos inferiores aos necessários ao sistema similar. Na visão econômica a máxima eficiência ocorre quando não existe outro sistema de produção com rendimento igual ou superior ao volume de produção, a maior lucro ou menor custo (ABREU et al., 2006)

Segundo Peña (2008), a eficiência econômica é uma extensão da eficiência técnica, uma vez que envolve, além dos aspectos físicos, os monetários. A produção para ser economicamente eficiente requer a máxima eficiência técnica. Porém uma organização tecnicamente eficiente pode ser ineficiente em termos econômicos, se ela não usa a melhor combinação dos insumos que minimiza os custos.

Ainda segundo o autor, no caso simples, em que o processo de produção possui apenas um insumo e apenas um produto, a eficiência pode ser definida por:

$$\text{Eficiência} = \text{Produto/Insumo}$$

É muito comum confundir eficiência com o conceito de produtividades, isso porque a produtividade é um indicador da eficiência em um sistema produtivo. Mariano (2007) explica que a grande diferença entre eficiência e produtividade é que a produtividade é um índice que agrega 3 diferentes unidades de medida e que pode assumir qualquer valor real, enquanto a eficiência é sempre um valor adimensional entre 0 e 1. Por exemplo, uma empresa que produz 5 cadeiras em duas horas, terá uma produtividade de 2,5 cadeiras por hora. Essa não será sua eficiência, mas quanto maior for sua produtividade mais eficiente essa empresa será.

Analisar com precisão a eficiência segundo Fraser e Cordina (1999) requer que consideremos simultaneamente todos os *inputs* e *outputs*. Isto é, é necessário adotar uma abordagem sistêmica para a análise de eficiência. Uma análise utilizada na ciência e que considera todas entradas e saídas ao mesmo tempo é a Análise Envoltória de Dados (DEA).

2.3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Uma ferramenta técnica utilizada para gera informações importantes na tomada de decisão é a Análise Envoltória de Dados (DEA). No ambiente de indústria por exemplo, ela é capaz de medir não a máquina com maior resultado, mas sim aquela que tem maior eficiência.

Para Peña (2008), um método de produção é eficiente do ponto de vista tecnológico, quando se emprega o menor nível de insumos possível para produzir um nível dado de produção, ou quando se obtém o maior nível de produção possível com um dado nível de insumo. Ainda segundo o autor, um método produtivo é mais eficiente do ponto de vista econômico que outro, quando o primeiro consegue uma quantidade de produto igual ao do segundo com menor custo, ou quando com o mesmo custo se obtém um nível de produção maior.

Macedo (2005) cita que, os modelos utilizados, desenvolvidos a partir do DEA, são capazes de conjugar em um único índice vários indicadores de natureza diferentes para a análise do desempenho organizacional. Percebe-se então, que a modelagem possui as características de trabalhar diversas variáveis sem a necessidade de convertê-las para um padrão comum de unidade e de apoiar o

processo decisório com uma técnica de natureza multicritério e, portanto, mais capaz de modelar a complexidade do mundo real.

De acordo com Gomes e Mangabeira (2004) a abordagem por Análise Envoltória de Dados (DEA), que utiliza programação linear para estimar a fronteira eficiente (linear por partes), é capaz de incorporar diversos inputs (entradas, recursos, insumos ou fatores de produção) e outputs (saídas ou produtos) para o cálculo da eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por DMU's (*Decision Making Units*).

Segundo Charnes e Cooper (1985), estas unidades podem ser classificadas em eficientes ou ineficientes. As unidades eficientes são localizadas em cima da fronteira e as ineficientes localizam-se abaixo. Vale a pena destacar que o conceito de eficiência para este método é um pouco restrito, pois analisa a eficiência para um determinado setor, referente à amostra.

Segundo Fraser e Cordina (1999) DEA envolve o uso de programação linear para construir uma fronteira de eficiência relativa por partes. Esta eficiência pode ser medida em termos do uso de *inputs* ou da produção de *outputs*. No primeiro caso tem-se o quanto de *outputs* marginais pode ser produzido com o atual nível de *inputs*. Já no segundo tem-se uma análise do quanto se pode reduzir os *inputs*, mantendo-se o nível de *outputs*.

Arzubi e Berbel (2002) defendem que uma vantagem adicional do DEA é a possibilidade de poder comparar cada empresa ineficiente com aquela empresa eficiente com um mix similar de saídas e insumos, que atua como referência. Isso fornecerá informações úteis para orientar as decisões das empresas que objetivam melhorar. Nesse sentido também conseguimos comparar processos internos da empresa que também produzem *SKU's* com um mix de inputs e outputs bem parecidos, como por exemplo em uma indústria têxtil com máquinas que produzem peças do mesmo tecido mas de formatos diferentes, é possível que uma máquina produza mais peças que a outra e aparente ser mais eficiente, porém o DEA pode provar o contrário.

Macedo (2005) ressalta que os modelos DEA possibilitam a comparação, em um sentido multidimensional, da capacidade com que cada unidade organizacional transforma seus insumos em produtos e ainda, informa alterações que devem ser

realizadas no nível de utilização de insumos e de produção, para tornar unidades ineficientes em eficientes.

De acordo com Shafiq e Rehman (2000), os resultados da DEA são muito mais fáceis de interpretar e utilizar para investigar caminhos para melhorias na eficiência de uso de tecnologia e recursos em fazendas. O autor ainda conclui que a medição da eficiência é alcançada sem ter que fazer qualquer pré-suposição sobre a forma funcional e também evita os erros estatísticos associados a especificação.

Gomes e Mangabeira (2004) concluíram em seu estudo que o emprego do modelo DEA à avaliação dos agricultores de Holambra mostrou-se bastante interessante, em especial no que se refere à determinação de diretrizes aos agricultores ineficientes para o alcance da eficiência (redução dos recursos e/ou aumento da produção).

Existem duas técnicas muito utilizadas para medição dos níveis de eficiências de unidades produtivas homogêneas, são elas os métodos paramétricos e não paramétricos.

O método paramétrico é o mais comum. Utiliza regressão múltipla e requer a ligação entre uma variável e outra de forma antecipada. Segundo Peña (2008):

Com dados de unidades produtivas, estima-se uma função produção com os insumos como variáveis independentes e uma ponderação de produtos ou indicadores de desempenho como variável dependente. Assim, a função de regressão é uma predição probabilística. Por exemplo, dado um nível de insumo (número de professores ou metros quadrados das instalações físicas) qual desempenho (número de diplomados e publicações) se pode esperar?

Ainda segundo o autor, o método não paramétrico determina a curva da eficiência através de uma otimização obtida por uma programação matemática. Não sendo necessário apresentar relação entre insumos e produtos. Entretanto essa técnica é determinística, ou seja, muito susceptível às observações extremas e aos erros de medidas.

O modelo CCR criado por Charnes et al. (1978) possibilita uma avaliação precisa da eficiência global e identifica os fatores de ineficiência e projeta o tamanho do montante (KASSAI, 2000).

O modelo CCR abaixo visa minimizar o consumo de insumos de forma a produzir no mínimo o nível de produção dado:

Minimizar:

$$h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \quad (1.1)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ij} = 1 \quad (1.2)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (1.3)$$

Onde:

$y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$

$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$

Ainda segundo a autora, o modelo BCC desenvolvido por Banker et al. (1984), diferencia a ineficiência técnica e de escala, calculando a eficiência técnica pura, e identificando se existem ganhos de escala crescente, decrescente e constantes, para futuro aprimoramento.

O modelo BCC abaixo visa maximizar a produção utilizando apenas o consumo de insumos observados:

Maximizar:

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - u_k \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (2.1)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k \leq 0 \quad (2.2)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (2.3)$$

$y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$

$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$

Cooper, Seiford e Tone (2007) apresentam outras variações do modelo DEA; dentre elas, as mais usadas são o modelo DEA baseado em folgas (*Slack Based Measure – SBM*) e a mensuração da eficiência intertemporal por meio do modelo DEA “Análise de Janelas” (*Window Analysis*).

A estimação da eficiência de uma DMU por meio do DEA-SBM é realizada pelo problema fracionado de programação linear em λ , s^- e s^+ (COOPER et al., 2007).

$$\min_{\gamma, s^-, s^+} \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{X_{io}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{ro}}} \quad (3)$$

Sujeito a:

$$x_o = X\lambda + s^- \quad (3.1)$$

$$y_o = Y\lambda + s^+ \quad (3.2)$$

$$\gamma \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \quad (3.3)$$

Onde x_{io} , y_{ro} , λ , ρ , s_i^- e s_r^+ são entradas, saídas, pesos das entradas e saídas, vetores de folga, slack entrada e slack de saída, respectivamente. Esse modelo assume que $X \geq 0$. Se $x_{io}=0$, então exclui-se o s^-x_{io} . Se $y_{ro} \leq 0$, então tem-se um número positivo muito pequeno, de tal modo que s^+y_{ro} assume um papel de penalidade.

O valor $\rho \in [0,1]$ da função objetivo 3 satisfaz as condições (i) e (ii), pois o numerador e o denominador são medidos na mesma unidade para cada expressão da função e o valor da função objetivo decresce após acréscimos em s^- e s^+ ; os outros termos são constantes.

O modelo DEA-SBM definido por meio das estruturas input-oriented (SBM-I) é dado por (COOPER et al., 2007).

$$\rho_i^* = \min_{\gamma, s^-} \left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{io}} \right) \quad (4)$$

Sujeito a:

$$x_o = X\lambda + s^- \quad (4.1)$$

$$y_o = Y\lambda \quad (4.2)$$

$$\gamma \geq 0, s^- \geq 0 \quad (4.3)$$

O modelo DEA-SBM definido por meio das estruturas *output-oriented* (SBM-O) é dado por:

$$\rho_i^* = \min_{\gamma, s^+} \frac{1}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{x_{ro}}} \quad (5)$$

Sujeito a:

$$x_o = X\lambda \quad (5.1)$$

$$y_o = Y\lambda - s^+ \quad (5.2)$$

$$\gamma \geq 0, s^+ \geq 0 \quad (5.3)$$

A mensuração da eficiência intertemporal de DMUs por meio da metodologia DEA vem sendo objeto de estudo nas últimas décadas. Uma abordagem é a análise por janelas (*window analysis*), ou DEA-*window* ou DEA-W (KLOPP, 1985). O método DEA-*window* é um método estruturado que associa, em uma única aplicação, os dados de um conjunto de DMUs distribuídos em diversos períodos de tempo, por meio de múltiplas aplicações do DEA, considerando-se as diferentes combinações de período (*windows*).

A *window analysis* consiste na separação dos períodos de tempo analisados em diferentes grupos (*windows*). Assim, o primeiro passo é determinar o tamanho de cada janela e a quantidade de janelas a serem construídas.

Seja n a quantidade de DMUs, k a quantidade de períodos, p o comprimento de cada janela e w o número de janelas, tem-se (COOPER et al., 2007):

$$p \begin{cases} \frac{k}{2}, \text{ se } k \text{ for par} \\ \frac{k+1}{2}, \text{ se } k \text{ for ímpar} \end{cases} \quad (6)$$

$$w = k - p + 1 \quad (6.1)$$

Um exemplo hipotético: sejam 7 DMUs, analisadas durante os 12 meses do ano de 2016. O comprimento de cada janela será $p=6$ e o número de janelas será $w = 7$. Dessa forma, serão analisadas as janelas de: (1) janeiro a junho, (2) fevereiro a 59 julho, (3) março a agosto, (4) abril a setembro, (5) maio a outubro, (6) junho a novembro, (7) julho a dezembro.

Após a construção de todas as janelas, o modelo DEA deve ser aplicado a cada uma das janelas, considerando cada DMU de cada período (que pertence àquela janela) como “diferente”. Nessa abordagem, o resultado final de eficiência de cada DMU deve ser a média das eficiências obtidas em todos os períodos de tempo e em todas as janelas, e o desvio padrão de cada DMU também pode ser calculado para testar a estabilidade da sua eficiência no tempo.

Neste estudo, utilizou-se o modelo não radial análise envoltória de dados baseado em Folgas (DEA *slacks-based measure* – DEA-SBM) (TONE, 2001) para a determinação dos índices de desempenho das cooperativas de reciclagem, por ir ao encontro da definição de eficiência técnica de Koopmans (1951), o que não necessariamente ocorre em modelos radiais (RUGGIERO, 2000). O modelo DEA-SBM trabalha diretamente com os slacks (excessos de entradas ou déficits de saídas) e não com a suposição de proporcionalidade entre entradas e saídas (COOPER et al., 2007).

Para executar o Modelo, utilizam-se softwares como Frontier Analyst, Excel Solver, DEAxI Tool do Excel® e OSDEA.

3 METODOLOGIA

O método utilizado na pesquisa foi o do Estudo de Caso que validará a avaliação da eficiência através da ferramenta de Análise Envoltória de Dados (DEA).

3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

Com relação à tipologia da pesquisa, este trabalho se classifica como uma pesquisa descritiva com relação aos fins e estudo de caso com avaliação qualitativa e quantitativa.

3.2 UNIDADE DE ANÁLISE

Será analisado uma empresa multinacional de embalagem situado em Londrina-PR que conta com um quadro de aproximadamente 1200 funcionários, a empresa conta com uma quantidade muito grande de produtos em seu portfólio entre eles grandes marcas do mercado brasileiro nos setores de higiene pessoal, alimentício, cuidado para casa e ração de pets. O estudo será aplicado em um dos setores da empresa que representa a primeira etapa do processo produtivo de transformação de polímeros, o qual conta com 5 máquinas que imprimem filmes plásticos por processo de Rotogravura. Entre os insumos presentes no processo produtivo estão o filme plástico, tinta, adesivo e solvente. O filme desenrola da bobina passando pela máquina através de cilindros de passagem até chegar nos cilindros de aplicações de tintas e químicos. Após aplicação e secagem nas estufas é enrolado no formato de bobinas novamente para seguir as próximas etapas do processo produtivo. Em alguns casos vai para mais uma laminação, caso já tenha laminado em linha com a impressão e não necessite de mais um substrato o material passa por um processo de cura, onde ocorre a secagem dos químicos e após esse período, que em média leva 48 horas, está liberado para seguir para a etapa de corte e embalagem para enviar ao cliente.

3.3 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

A coleta de dados foi feita através de relatórios fornecidos pelo sistema da empresa e planilhas complementares que cruzam dados fornecidos do sistema para obter indicadores específicos. Através desses dados fornecidos pela empresa, os inputs e outputs do processo foram aplicados na ferramenta DEA, através do programa OSDEA, para se calcular a eficiência de cada máquina e buscar a maximização da produção minimizando as entradas escolhidas Refugo e Horas disponíveis. O período analisado foi de setembro de 2017 agosto de 2018, representando 12 meses de estudo.

3.4 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Como descrito anteriormente, esse estudo propõe estudar os índices de desempenhos de impressoras de uma multinacional de embalagens através do método DEA – SBM utiliza as variáveis de entrada e saída como inputs e outputs, respectivamente.

A decisão das variáveis para determinar o índice de eficiência foi baseada nos indicadores que a empresa utiliza para medir os resultados da empresa e controlar o dia a dia. Entre os disponíveis para realizarmos o estudo pegamos os 3 mais importantes segundo a ótica da empresa, e também aqueles que impactam na participação de lucros por parte dos funcionários.

Uma das escolhas das variáveis do processo como *Input* foi o Refugo (quantidade descartada de material em Kg) que segundo Lacerda et al. (2007) em outras palavras, pode-se dizer que a eliminação sistemática e contínua das perdas nos Sistemas Produtivos acarreta: i) uma redução dos custos globais da operação e ii) aumento das Receitas através da melhoria da qualidade. A consequência é o aumento do desempenho econômico-financeiro das Empresas.

Outra variável escolhida como *Input* foram as Horas Disponíveis (Total de horas que a operação trabalha subtraído das paradas programadas, como manutenção preventiva, paradas de segurança, etc.). Cardoso (2013) define disponibilidade como a quantidade de tempo que os equipamentos estão disponíveis para serem utilizados.

Ainda segundo o autor, performance representa o quanto uma máquina produz, no estudo chamado de Volume de Produção (Metros lineares produzidos) como *Outputs* do processo.

O estudo utilizou modelo DEA - SBM tipo todas as orientações ao invés de usar orientação para *inputs* ou para *outputs*. O motivo dessa escolha foi a necessidade da empresa de minimizar as entradas e maximizar as saídas, diferentemente do modelo orientado para apenas um dos grupos de variáveis que apenas maximiza ou minimiza o seu grupo.

Foram escolhidas 5 DMUs, analisadas durante os 12 meses de Setembro de 2017 a Agosto de 2018. O comprimento de cada janela será $p=6$ e o número de janelas será $w = 7$. Dessa forma, serão analisadas as janelas conforme a tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Janelas analisadas

	Início	Fim
Janela 1	Setembro	Fevereiro
Janela 2	Outubro	Março
Janela 3	Novembro	Abril
Janela 4	Dezembro	Maio
Janela 5	Janeiro	Junho
Janela 6	Fevereiro	Julho
Janela 7	Março	Agosto

Fonte: Autoria Própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESEMPENHO DAS IMPRESSORAS

Os índices de desempenho mensais obtidos pelo DEA-W em cada janela estão representados nas Tabelas de 2 a 6, e no Gráfico 1 abaixo.

Tabela 2 - Impressora 10

Ano	2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Mês	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.
Janela 1	0,704	0,66	0,793	0,926	0,847	0,708						
Janela 2		0,66	0,793	0,926	0,847	0,708	0,728					
Janela 3			0,793	0,926	0,847	0,708	0,728	0,839				
Janela 4				0,926	0,847	0,708	0,728	0,839	0,746			
Janela 5					0,835	0,696	0,714	1	0,734	0,655		
Janela 6						0,683	0,699	1	0,721	0,645	0,751	
Janela 7							0,699	1	0,721	0,645	0,751	0,61
MÉDIA	0,704	0,660	0,793	0,926	0,845	0,702	0,716	0,936	0,731	0,648	0,751	0,610

Fonte: Autoria Própria.

A Impressora 10 teve uma diminuição na eficiência de 0,70 par 0,60 em 12 meses. Em abril atingiu o seu índice máximo de eficiência com 1. A sua queda de índice ocorreu a partir do mês de junho de 2018.

Tabela 3 - Impressora 11

Ano	2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Mês	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.
Janela 1	0,601	0,547	0,626	0,718	0,766	0,662						
Janela 2		0,547	0,626	0,718	0,766	0,662	0,643					
Janela 3			0,626	0,718	0,766	0,662	0,643	0,727				
Janela 4				0,718	0,766	0,662	0,643	0,727	0,483			
Janela 5					0,749	0,647	0,628	0,71	0,474	0,592		
Janela 6						0,632	0,613	0,694	0,464	0,579	0,546	
Janela 7							0,613	0,694	0,464	0,579	0,546	0,628
MÉDIA	0,601	0,547	0,626	0,718	0,762	0,655	0,630	0,710	0,471	0,584	0,546	0,628

Fonte: Autoria Própria.

A Impressora 11 passou por uma variação no índice de desempenho, mas manteve a média final de 0,62 muito próxima da inicial de 0,60 em setembro de 2017.

Tabela 4 - Impressora 12

Ano	2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Mês	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.
Janela 1	0,746	0,675	0,794	1	1	0,611						
Janela 2		0,675	0,794	1	1	0,611	0,864					
Janela 3			0,794	1	0,977	0,611	0,864	1				
Janela 4				1	0,977	0,611	0,864	1	0,984			
Janela 5					0,956	0,603	0,845	0,958	0,962	1		
Janela 6						0,594	0,827	0,936	0,941	1	1	
Janela 7							0,827	0,936	0,941	1	1	0,938
MÉDIA	0,746	0,675	0,794	1,000	0,982	0,607	0,848	0,966	0,957	1,000	1,000	0,938

Fonte: Autoria Própria.

A Impressora 12 apresentou uma melhora no seu índice de desempenho, começou em setembro de 2017 com 0,74 e terminou com 0,93 em agosto de 2018. Apresentou uma queda apenas em fevereiro de 2018 chegando a 0,61.

Tabela 5 - Impressora 15

Ano	2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Mês	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.
Janela 1	0,525	0,501	0,427	0,588	0,538	0,404						
Janela 2		0,501	0,427	0,588	0,538	0,404	0,447					
Janela 3			0,427	0,588	0,538	0,404	0,447	0,438				
Janela 4				0,588	0,538	0,404	0,447	0,438	0,5			
Janela 5					0,53	0,397	0,439	0,432	0,492	0,577		
Janela 6						0,391	0,43	0,425	0,483	0,566	0,464	
Janela 7							0,43	0,425	0,483	0,566	0,464	0,407
MÉDIA	0,525	0,501	0,427	0,588	0,536	0,400	0,440	0,432	0,490	0,569	0,464	0,407

Fonte: Autoria Própria.

A DMU Impressora 15 manteve a média do seu índice com uma leve queda, entretanto a inicial de 0,52 era muito baixa comparado as outras. No final do período analisado a impressora apresentou um índice muito baixo de 0,40.

Tabela 6 - Impressora 9

Ano	2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Mês	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.
Janela 1	0,623	0,686	0,76	1	0,898	0,597						
Janela 2		0,686	0,76	1	0,898	0,597	0,637					
Janela 3			0,76	1	0,898	0,597	0,637	0,822				
Janela 4				1	0,898	0,597	0,637	0,822	0,715			
Janela 5					0,88	0,59	0,627	0,809	0,701	0,783		
Janela 6						0,581	0,616	0,795	0,687	0,766	0,639	

(continua)

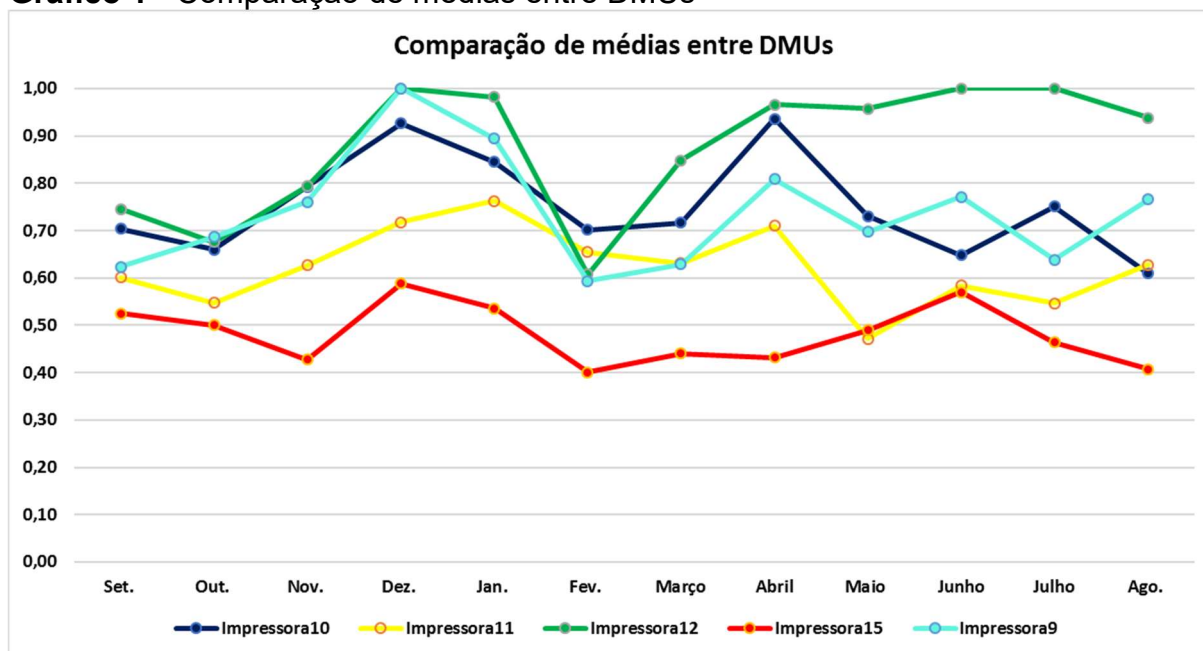
(continuação)

Ano	2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Mês	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.
Janela 7							0,616	0,795	0,687	0,766	0,639	0,766
MÉDIA	0,623	0,686	0,76	1	0,894	0,593	0,628	0,808	0,697	0,772	0,639	0,766

Fonte: Autoria Própria.

A Impressora 9 apresentou bons índices durante o período analisado, inclusive chegando a barreira de eficiência com 1 de índice. Entretanto voltou a ter uma queda no índice, mas fechou o período com uma melhora sendo 0,76.

Gráfico 1 - Comparação de médias entre DMUs



Fonte: Autoria Própria.

Nas tabelas 2 a 6, as máquinas apresentaram uma variação simultânea, praticamente todos os meses se uma melhorava o índice as outras também seguiam o mesmo caminho, e o contrário também é procedente. Aquelas com melhor e pior desempenho obtiveram índice de 0,594 a 1 e 0,390 a 0,588 respectivamente. As impressoras que apresentaram maiores variações foram a Impressora 12, durante o período analisado se manteve entre as mais eficientes, mas em fevereiro houve uma queda muito grande comparado as outras, e a Impressora 10, teve grande variabilidade na sua eficiência chegando a ser a mais eficiente em 2 momentos,

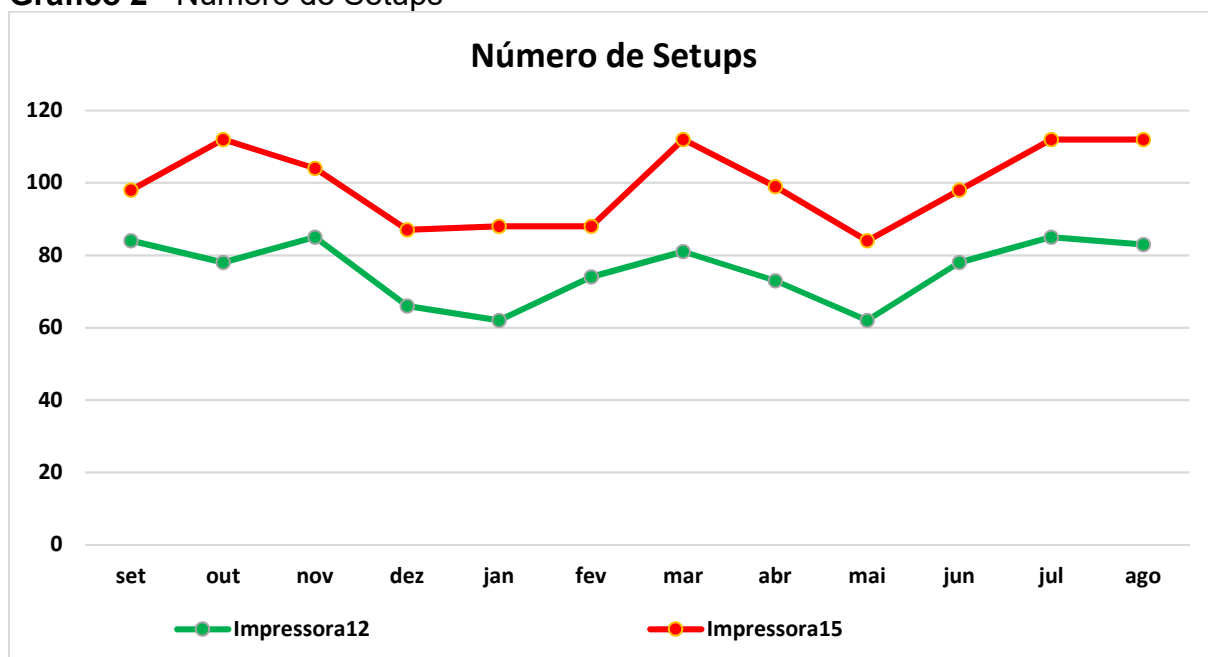
Fevereiro e Abril, porém acabou no final do período apresentando uma queda grande na média da eficiência.

Os maiores índices de eficiência de Setembro de 2017 a Agosto de 2018 foram da Impressora 12, Impressora 9 e Impressora 11. Entretanto, as máquinas com piores desempenhos foram a Impressora 10 seguida pela Impressora 15, que apresentou uma discrepância muito grande comparado as outras máquinas com índice final 0,407, apenas em Maio não ficando com pior índice entre as 5 impressoras.

4.2 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TAMNAHO DE LOTE NO DESEMPENHO DAS IMPRESSORAS

No Gráfico 2 podemos notar que a quantidade de *setups* que a impressora faz é inversamente proporcional a eficiência da máquina, a comparação é feita entre a melhor e a pior máquina do Gráfico 1, Impressora 12 e Impressora 15 respectivamente. Ou seja, a melhor maneira de aumentar a eficiência das impressoras é utilizando o planejamento de controle de produção, diminuindo o número de *setups*, programando lotes da mesma família de produtos em sequência, e de tamanhos grandes para evitar o excesso de trocas na máquina.

Gráfico 2 - Número de Setups



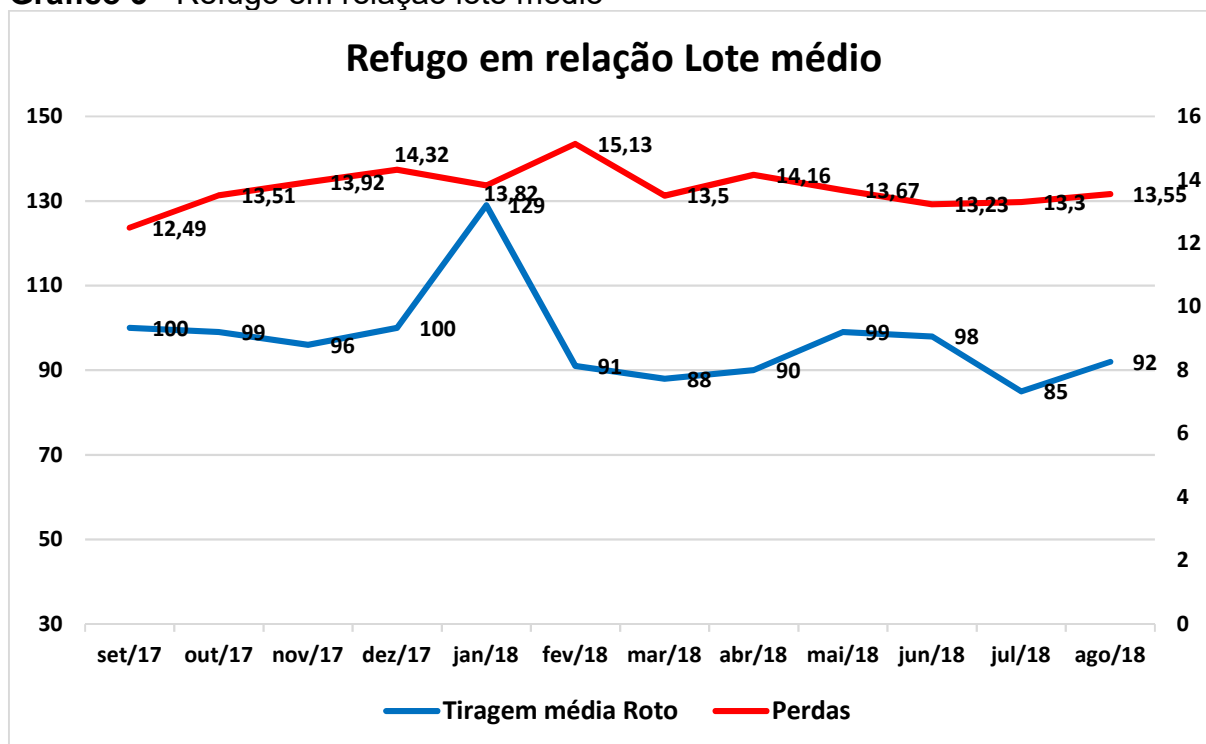
Fonte: Autoria Própria.

O Gráfico 3 traz uma comparação da % de Refugo que a empresa teve em comparação ao que ela produziu, um indicador usado na companhia para resultados, com ao tamanho do lote de produção. Anteriormente no Gráfico 2 chegou-se à conclusão que quanto maior o número de Setups, a tendência é a eficiência cair, o que justifica a performance da Impressora 12 e da Impressora 15.

Aprofundando nessa análise do Setup, foi feita uma comparação entre o tamanho do lote produção com a quantidade de refugo que é gerado, ou seja, a tiragem média no Gráfico 3 é a média que cada ordem de produção teve de Volume (Input do nosso estudo) no período do estudo e a % de material desperdiçado. Chegamos à conclusão que o tamanho do lote de produção interfere na % de refugo das impressoras. No período de 1 ano a média da tiragem média caiu cerca de 10% e o Refugo subiu 1% (representam cerca de 20 toneladas de material). O *Setup* nas impressoras envolve a troca de filme plástico, químicos e aditivos e também a mudança no caminho que o filme percorre entre os rolos da máquina. Esse processo acaba gerando uma quantidade de material ruim, chamado de aparas ou refugo, gerado pelo acerto de todos componentes do processo antes de iniciar a produção, acertar a tonalidade da cor na embalagem, o registro (as imagens tem que ficar perfeitamente sobrepostas para formarem o desenho final da embalagem), as propriedades técnicas (tensão, força de selagem etc.).

Dessa forma, relacionamos o Gráfico 2 com o Gráfico 3, o número de Setup tende a piora a eficiência da máquina, mas o setup não é um Input do nosso estudo, mas o gráfico 3 mostra que a quantidade de trocas de serviços realizadas aumenta a quantidade de refugo das impressoras, ou seja, piora um input do nosso processo, corroborando a nossa análise de que um sequenciamento de produção com maior grau de prioridade para os tamanhos do lote de produção vai ajudar a melhorar a eficiência da máquinas.

Gráfico 3 - Refugo em relação lote médio



Fonte: Autoria Própria.

4.3 PROJEÇÃO DE EFICIÊNCIA

O *software OSDEA* utilizado no estudo também faz o cálculo da projeção de qual o Volume de produção (*Output*) ideal assim como os *inputs* (Refugo e Horas disponíveis) para que aquelas máquinas que não foram eficientes alcançassem a eficiência, como nas Tabelas 7 e 8 abaixo, referente ao mês de Agosto de 2018 analisado no estudo, na primeira os valores reais de cada variável por máquina e na segunda à projeção, com base na comparação durante os períodos de análise, para que as máquinas atingissem a eficiência.

Tabela 7 - Valores reais de cada variável por máquina

DMU - Máquinas	Volume de Produção	Refugo	Horas Disponíveis
Impressora 10_agosto/2018	5.656.786,84	12.291,00	608,28
Impressora 11_agosto/2018	5.776.157,84	12.550,37	621,11
Impressora 12_agosto/2018	5.491.974,78	11.932,90	590,55
Impressora 15_agosto/2018	5.534.988,62	12.026,36	595,18
Impressora 9_agosto/2018	5.690.414,57	12.364,07	611,89

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 8 - Projeção, com base na comparação durante os períodos de análise, para que as máquinas atingissem a eficiência

DMU - Máquina	Volume de Produção	Refugo	Horas Disponíveis
Impressora 10_agosto/2018	3.965.495,00	16.630,00	608,276
Impressora 11_agosto/2018	3.695.300,00	13.044,50	621,112
Impressora 12_agosto/2018	5.313.201,00	11.932,90	629,027
Impressora 15_agosto/2018	2.647.173,00	17.082,10	595,179
Impressora 9_agosto/2018	4.371.929,00	12.448,30	611,892

Fonte: Aatoria Própria.

Comparando os dados reais com a projeção de eficiência obtida no estudo, notamos que as máquinas conseguem produzir mais com um refugo bem menor de acordo com as horas disponíveis que elas apresentam hoje. Apenas a Impressora 12, unidade responsável pela maior eficiência aproveitada tem um volume de produção bom junto com um refugo, e através de seu histórico é capaz de atingir esses números em um menor tempo, ao invés de 630 horas no mês ela pode utilizar 590 horas.

A Impressora 10 precisaria aumentar sua produção de 3.695.300 metros lineares para 5.656.786 no período de agosto de 2018, e também reduzir seu refugo de 16.630 Kg para 12.291 Kg, assim atingiria a sua eficiência máxima, segundo o método DEA.

A Impressora 11 precisaria aumentar sua produção de 3.956.495 metros lineares para 5.776.157 no período de agosto de 2018, e também reduzir seu refugo de 16.630 Kg para 12.291 Kg.

A Impressora 15, pior máquina em eficiência entre as impressoras, tem que dobrar o seu volume de produção para 5.534.988 metros lineares e reduzir 30% do seu refugo, 12.026 Kg, para atingir a barreira de eficiência.

Por último a Impressora 9 necessita apenas aumentar seu volume de produção de 4.371.929 para 5.690.414 metros lineares, mantendo praticamente constantes as variáveis de Refugo e Horas disponíveis.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho foi realizado em uma indústria multinacional do setor de embalagens, que apresenta um processo produtivo com alto valor de matéria prima e refugo inerente ao seu processo produtivo, justificando, portanto, o uso do modelo matemático Análise Envoltória de Dados (DEA) – SBM o qual trabalha diretamente com os slacks (excessos de entradas ou déficits de saídas) e não com a suposição de proporcionalidade entre entradas e saídas (COOPER et al., 2007). O método proposto se mostrou válido para analisar a eficiência, trazendo ótimos resultados para tomadas de decisão. Foram utilizadas todas as orientações, pois é de necessidade da empresa para atingir um alto nível de eficiência, produzir o máximo volume de produção com baixo desperdício de matéria prima, assim a margem do produto será maior, visto que a concorrência no ramo de embalagens existe e o preço de venda é em sua maioria definido pelo cliente, sendo que no local do nosso estudo o cliente é também uma indústria, o que caracteriza um negócio *Business to business* (B2B).

Os índices de desempenho mostraram no estudo que as máquinas começaram com um nível parecido no período de análise de 12 meses, e apresentaram uma dispersão, principalmente na Impressora 15, a DMU com o pior índice disparado entre as suas semelhantes. O estudo buscou justificativas para tais resultados nos indicadores da empresa e encontrou o Setup da empresa como influenciador significativo no desempenho da produção.

O número de trocas de serviço (*Setups*) embora não foram escolhidos com variáveis do estudo tinham uma das variáveis do estudo aumentada diretamente com o seu crescimento. Ou seja, a programação das ordens de serviço da produção impacta no desempenho do processo produtivo, mais especificamente nas impressoras. A mudança de família de produtos, ou o sequenciamento de lotes pequenos de produção gera um aumento no número de *Setups* e pelo nosso estudo, uma piora no Refugo, causando uma queda no índice de desempenho das máquinas.

A empresa recentemente tomou decisões de trocas de funcionamento dos turnos, a maioria das máquinas paravam de domingo nos 3 turnos, e a empresa devido a análise da necessidade de entrega de produção implementou o revezamento de folgas entre os operadores de forma que a máquina nunca pare e opere no domingo. Essa decisão em nosso estudo representaria um aumento de horas disponíveis,

variável que com o DEA – BSM com todas orientações mostrou-se não ser a primeira a ter medidas tomadas como a da empresa. É possível aumentar a eficiência das máquinas com base no seu histórico pelo nosso estudo.

Através desse estudo a decisão da empresa de aumentar as horas disponíveis poderiam ser tomadas de outra maneira, diminuindo os custos e aumentando a eficiência das máquinas pelas projeções que o método apresentou. Segundo Macedo et al. (2007), ao ajudar o administrador a estar preparado para as mudanças competitivas, o processo de mensuração de desempenho o auxilia a gerenciar as ameaças e oportunidades do ambiente e as forças e fraquezas da própria empresa.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Urbano Gomes Pinto et al. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. Análise de eficiência. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.3, p.1242-1250, 2006 (supl.).
- ANGELONI, M. **Gestão estratégica da informação e o processo decisório: uma preparação para a Gestão do Conhecimento**. Florianópolis: ENEGEP, 1999.
- ARZUBI, A; BERBEL, J. **Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires**. Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim. Vol. 17 (1-2), 2002.
- CARDOZA, Edwin; CARPINETTI, Luiz C. Ribeiro. Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto. **Revista de Produção**, 1997.
- CARDOSO, C. (2013). O que é o índice OEE e para que serve? Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/o-que-e-o-indice-oee-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 15 nov. de 2018.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W. **Preface to topics in Data Envelopment Analysis**. Annals of Operations Research, v. 2, p. 59-94, 1985.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. W.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**. Springer, 2ª edição, New York, USA: 2007.
- FALCONI, V. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial. IDG, 1998.
- FISCHMANN, Adalberto A.; ZILBER, Moisés Ary. **Utilização de indicadores de desempenho como instrumento de suporte à gestão estratégica**. ANPAD, 2015.
- FRASER, I.; CORDINA, D. **An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia**. ELSEVIER 1999.
- GOMES, Eliane Gonçalves; MANGABEIRA, João Alfredo de Carvalho. **Uso de Análise Envoltória de Dados em Agricultura: o caso de Holambra**. ENGEVISTA, 2004.
- KASSAI, Silvia. **Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis**. FEA-USP, São Paulo, 2002.
- KLOPP, G. **The Analysis of the efficiency of production system with multiple inputs and outputs**. University of Illinois at Chicago/Industrial and Systems Engineering College, 1985.
- LACERDA, D. P.; et al. **ALINHAMENTO ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, CUSTO E INDICADORES DE DESEMPENHO: UM ESTUDO DE CASO**. Programa

de Pós-Graduação em Engenharia (Pesquisa Operacional e Gerência de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. v. 7, n. 2, ago. 2007.

LEÓN, I.; GARCÍA, J. The influence of organizational structure on organizational learning. **International Journal of Manpower**. Yorkshire, v. 32, n. 5-6, p. 537-566, 2011.

MACEDO, M. A. S. **Eficiência Produtiva de Unidades Agrárias: o uso de Análise Envoltória de Dados na avaliação do desempenho de conversão de insumos em produtos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5, 2005, Campinas.

_____.; et al. **Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira**. Custos e Agronegócios UFRPE, 2007.

MARIANO, Enzo B. **Conceitos Básicos de Análise de Eficiência produtiva**. XIV SIMPEP, 2007.

PEÑA, C. R. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **Revista de Administração Contemporânea**, v. 12, n. 1, p. 83-106, 2008.

ROZENFELD, Henrique; Rogerio, VALLE, Rogério; BALDAM, Roquemar. **Gerenciamento de Processos de Negócio Bpm - Uma Referência Implantação Prática**. 1.ed. Rio de Janeiro

RUGGIERO, J. Measuring technical efficiency. **European Journal of Operational Research**, v. 121, n. 1, p. 138-150, 2000.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. In: **Anais XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO)**. Gramado, RS, 2005.

SHAFIQ, Muhammad; REHMAN, Tahir. **The extent of resource use inefficiencies in cotton production in Pakistan's Punjab: an application of Data Envelopment Analysis**. AGECON, 1999.

TONE, K. A slack-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operation Reseach**, v. 130, n. 3, p. 498-509, 2001.