

OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO

PRODUCTION OPTIMIZATION USING LINEAR PROGRAMMING: CASE STUDY IN AN ALUMINUM FENESTRATION INDUSTRY

Diego Galileu de Moraes¹
Cynara Vitalina Ferreira²
Adriano Maniçoba da Silva³

RESUMO

A gestão da produção sempre representou um desafio para as organizações, de maneira que, determinar a exata quantidade a se produzir de cada produto, passou a significar um dos fatores de vantagem competitiva para as empresas. O aumento da competitividade no mercado e o crescimento das organizações têm exposto as empresas a uma demanda por competências no atendimento de suas necessidades, incluindo o dimensionamento ideal da produção. A utilização de técnicas de pesquisa operacional, como a programação linear e a simulação, apoiadas por softwares cada vez mais avançados, vem se destacando para a otimização no planejamento da produção. Este estudo teve como objetivo analisar as quantidades ideais a se produzir de dois produtos mais vendidos de uma indústria de esquadrias de alumínio situada na cidade de Ribeirão Pires/SP. Foi realizado um estudo de caso com análise quantitativa onde, a partir de duas restrições, buscou-se determinar a quantidade ótima de produção de forma a maximizar o lucro. Como resultado, conseguiu-se determinar a quantidade de produção de forma a maximizar os lucros contatando assim a eficácia da programação linear para resolver problemas de maximização de lucro.

Palavras-chave: Produção. Pesquisa Operacional. Programação Linear.

ABSTRACT

Production management has always been a challenge for organizations, so determining the exact amount to produce from each product has become one of the factors of competitive advantage for companies. Increased market competitiveness and growth of organizations have exposed companies to a demand for competencies in meeting their needs, including the optimal design of production. The use of operational research techniques, such as linear programming and simulation, supported by increasingly advanced software, has been highlighted for optimization in production planning. The objective of this study was to analyze the ideal quantities to be produced of two best-selling products from an aluminum frame industry located in the city of Ribeirão Pires / SP. A case study was carried out with quantitative analysis where, from two constraints, we tried to determine the optimum amount of production in order to maximize profit. As a result, we have been able to determine the amount of output in order to maximize profits thereby contacting linear programming effectiveness to solve maximization problems.

Keywords: Production. Operational Research. Linear Programming.

¹Estudante do curso de Tecnologia em Logística - IFSP – Campus Suzano, professorsord@gmail.com.

²Estudante do curso de Tecnologia em Logística - IFSP – Campus Suzano, cynara.vitalina@hotmail.com.

³Doutor em Administração, Professor do IFSP – Campus Suzano, adrianoms@ifsp.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil caracteriza-se como o mercado responsável pelas confecções de obras como edifícios, casas, pontes, estradas, aeroportos etc. Responsável por grande parte do PIB brasileiro, trazendo consigo uma porção de fornecedores do mesmo setor. Desses fornecedores, destacam-se as esquadrias de alumínio, o qual é um produto primordial para a realização dos empreendimentos. Um dos parâmetros a se analisar antes da compra para determinada obra é o custo inicial e, dependendo da tipologia do projeto, as esquadrias de alumínio podem impactar significativamente nos custos e representam um papel de importante desempenho.

No Brasil, existe uma grande quantidade de normas técnicas a serem seguidas no processo fabril das esquadrias, as quais sofreram alterações recentemente, pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas); o que antes era fabricado de acordo com normas prescritivas, em fevereiro de 2018, segundo a norma, passou a ser aplicada por desempenho (NBR 10821-17).

Para que as indústrias do mercado de esquadrias se mantenham competitivas, é de suma importância que estas consigam gerir sua produção de forma eficiente seguindo os requisitos das normas, inibindo custos desnecessários e produzindo de maneira precisa, a fim de atender a demanda no nível do mercado, através de técnicas de produção flexíveis e objetivas.

Tendo em vista o cenário do mercado atual, onde as empresas buscam cada vez mais competitividade, nas indústrias há uma preocupação constante em tomar decisões assertivas em relação aos parâmetros quantitativos de produção, o qual devido a competitividade do mercado causa a necessidade de ser preciso em suas variáveis para que possa manter as operações competitivas.

Neste contexto, o papel do PCP (Planejamento, controle e programação de produção), torna-se significativo. De forma geral, o problema de dimensionamento de produção, consiste em determinar o que e o quanto produzir, ajustando a capacidade produtiva as variáveis de demanda (TOSO; MORABITO, 2005).

Grande parte das decisões de PCP são constantemente tratadas de forma distinta, tanto na teoria, quanto na prática. Certas peculiaridades do processo fabril do ramo em questão, desafiam a tomada de decisão do PCP. Para tanto, torna-se necessário a utilização de equações matemáticas baseadas em dados reais, para decidir a quantidade ideal a se produzir de cada item do portfólio da empresa, a fim de obter o melhor resultado, visando a maximização da produção, ou do faturamento, por exemplo.

O presente trabalho teve como objetivo utilizar a programação linear para otimizar o planejamento da produção, no intuito de auxiliar a tomada de decisão, com a finalidade de maximizar o lucro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicia-se o referencial teórico pelo planejamento e controle da produção.

2.1 Planejamento e controle da produção

O Planejamento e Controle da Produção é a ciência administrativa, cuja finalidade é realizar o planejamento, o qual direciona a produção e é utilizado como parâmetro para o seu controle. Essas atividades são coordenadas pelo planejamento e controle de produção (VEGGIAN; SILVA, 2015)

Segundo Tubino (2017), o planejamento e controle da produção é um campo de suporte à produção, que se compõe em três níveis: tático, estratégico e operacional. Sendo assim, o PCP contribui de forma integrada, na elaboração de projetos e processos de maneira contínua.

Lopes e Lima (2008) complementam que o planejamento e controle da produção (PCP) está, portanto, presente para responder de forma mais ágil e precisa as mudanças internas e externas à organização, do mesmo modo em que melhora a gestão dos recursos envolvidos no processo fabril e nos objetivos organizacionais (confiabilidade, flexibilidade, custo, qualidade, rapidez). Portanto, a abordagem do planejamento e controle de produção tem como foco a otimização dos processos do fluxos de informações, materiais e pessoas.

De acordo com Mesquita e Castro (2008), esta abordagem do PCP é capaz de ser avaliada através do alcance dos objetivos propostos, tais como redução do tempo de produção, custos de estoques (produtos acabados, materiais em processos e matéria-prima) e de produção (possíveis eventualidades - ociosidade, horas extras etc.), atender aos prazos e rapidez e flexibilidade de repostas, perante a variação de demanda.

2.2 Pesquisa operacional

No presente estudo, será utilizada a Pesquisa Operacional (PO), que é um ramo interdisciplinar da matemática aplicada e faz uso de modelos matemáticos, estatísticos de algoritmos para tomada de decisão. Hillier e Liberman (2013) alegam que a pesquisa operacional é uma ciência que se baseia em modelos que possibilitam programar e ordenar as operações de determinada organização. A PO resolve problemas considerando as restrições e variáveis de um problema real, no intuito de encontrar a solução que atinja determinada meta ou o resultado mínimo ou máximo.

Segundo Arenales et al. (2009), a pesquisa operacional está relacionada aos meios científicos em que o objeto de aprendizagem é detectado e sua natureza e funcionamento são examinados no intuito de que as decisões a serem tomadas sejam pautadas neste entendimento adquirido.

De acordo com Mello e Mello (2003), a pesquisa operacional surgiu no decorrer da II Guerra Mundial, quando os Aliados se depararam com desafios logísticos de tática e estratégia militar, de alta complexidade e de grandes dimensões. Criaram-se grupos multidisciplinares de cientistas, incluindo matemáticos, físicos e engenheiros, além de cientistas oriundos das ciências sociais com o intuito de ajudar os comandos operacionais na resolução desses desafios. Aplicando métodos científicos, foram criando modelos matemáticos para resolver os problemas apresentados. Apoiados em dados e fatos, permitiu-se perceber os problemas em questão, ensaiando e avaliando os resultados hipotéticos, para estratégias e/ou decisões alternativas, formalizando então a primeira atividade da pesquisa operacional.

Com o fim da guerra e o êxito nos resultados obtidos, os cientistas transferiram a nova metodologia para abordar problemas em empresas, com desafios divisionais de grande complexidade advindos do grande crescimento econômico que se seguiu. Devido à evolução da informática neste período, criou-se condições de concretização algorítmica e velocidade de

processamento adaptados à realidade dos profissionais da análise operacional, permitindo relacionar diretamente os sistemas de informação com os decisores (BELFIORE; FÁVERO, 2013).

2.3 Programação linear

Para Gonçalves e Koprowinski (1995), a Programação Linear, caracteriza-se como uma técnica de planejamento, a qual tem se constituído como uma das mais robustas em quase todos os setores das atividades humana. Seus efeitos são os mais procurados entre as organizações: aumento dos lucros e diminuição dos custos. Em algumas empresas ela está, inclusive, inserida em suas rotinas de planejamento diário dos processos de operação.

O modelo de Programação Linear é aplicado como uma forma de apoio na resolução de problemas que abrangem atribuições dos recursos escassos, com a intenção de alcançar um certo objetivo. Este problema, cuja programação linear concebe uma solução, pode ser resumido em: maximizar ou minimizar alguma variável dependente, que é função linear de diversas variáveis independentes, sujeita a muitas restrições (CORRAR; GARCIA, 2001).

A programação linear é a técnica da otimização de funções lineares sujeito a recursos escassos (SCALABRIN et al., 2006). Esta técnica surgiu em 1946 e tem sido utilizada em inúmeras áreas. Certas aplicações tornaram-se clássicas, dentre elas estão: Carteira de ações (investimentos); transportes; alocações de recursos em fabricas; formulação de alimentos, blindagem de ligas metálicas e petróleo, escritórios, fazendas, corte de barras e chapas, designação de pessoas e tarefas (composição de tabelas de horários).

Desta maneira é possível observar que a programação linear é uma das técnicas da PO, a qual tem sido uma das mais utilizadas quando trata-se de problemas de otimização. De forma eficiente, os problemas de programação linear visam distribuir os recursos escassos para atingir determinados objetivos. Esse objetivo é referido por meio de uma função linear, nomeada “função objetivo”. É prescrito que se definam também os recursos utilizados e as atividades que em suas proporções consomem estes recursos. Esses dados são representados em forma de equações e/ou inequações, onde nomeamos por “restrições do modelo”.

Souza e Clemente (1991) afirmam que o método da programação linear deve considerar as seguintes etapas para a solução de um problema: Definir o problema - para tanto, é necessário identificar o objetivo desejado e as variáveis de decisão, ou seja, os fatores pelos quais estão ligados a esse objetivo, e também, quais as restrições e relações a que estes fatores estão sujeitos. O objetivo, em geral, é maximizar ou minimizar um item, analisando-se se os recursos disponíveis são limitados, isto é, possuem condições restringidas.

2.3.1 Programação linear aplicada à otimização da produção

Toso e Morabito (2005), propõem um modelo de programação linear para representar decisões envolvidas e as solucionando em ferramentas de apoio (softwares), aplicando diversas estratégias para reduzir os tempos computacionais no dimensionamento e sequenciamento de produção em um estudo de caso em uma fábrica de rações. Os autores também citam que experimentos limitados elaborados com dados reais revelam que este método de abordagem é apto para gerar melhores resultados em comparação aos utilizados pela empresa. Desta forma o modelo parece ser apropriado para apoiar nas decisões de dimensionamento e sequenciamento de lotes na indústria de rações para nutrição animal.

Para apoiar as decisões do planejamento e controle de produção, Luche e Morabito (2005) propõem modelos de otimização de programação do processo fabril na indústria de grãos

eletro-fundidos, afim de contribuir no aumento da produtividade e melhorar o nível de serviço, aplicando modelos de programação linear para auxiliar nas decisões as quais competem ao setor.

Luche e Morabito (2005), afirmam que com a aplicação da programação linear no processo, os modelos são capazes de gerar melhores resultados, em relação ao utilizado. Considerando as decisões envolvidas, devido aos tempos computacionais relativamente baixos, utilizando as ferramentas da programação linear é possível que sejam feitas diversas simulações com diferentes cenários, fornecendo assim mais flexibilidade e eficácia para os tomadores de decisão.

Munhoz e Morabito (2001) apresentam um modelo baseado em programação linear com o intuito de auxiliar na tomada de decisão no processo de mistura e distribuição de sucos de laranja, afim de otimizar os recursos disponíveis.

Os modelos apresentados no artigo baseados em programação linear, reagem de forma satisfatória para representar o problema em estudo obtendo-se um instrumento eficiente para a análise de custos e o planejamento dessas atividades (MUNHOZ; MORABITO, 2001).

Peleias et al. (2009) aplicam uma pesquisa estrutural e exploratória, onde discorreram sobre um estudo com a finalidade de constatar que a pesquisa operacional, através da programação linear, também pode ser utilizada em processos decisórios em relação aos honorários e ao mix operacional em um escritório de perícias. Os resultados alcançados podem ajudar a aperfeiçoar o mix de operações.

Dassan et al. (2016) utilizaram a otimização multiobjetivo para programar a produção de uma pequena empresa de placas eletrônicas. Os resultados apontaram lucro maior na proposição resultante do modelo em relação ao histórico de decisão da empresa. Foi necessária a otimização multiobjetivo devido aos restritivos de quantidade e produção mínima.

Pio et al. (2018) propuseram um modelo de otimização da produção com uso da programação linear numa operação de sistema puxado. O modelo aplicado a uma fábrica de móveis de aço apresentou ganho relevante no lucro resultante da otimização sugerida.

3 MÉTODO

O presente estudo tem caráter exploratório e quantitativo, a qual para Gil (2002), a pesquisa exploratória tem por finalidade proporcionar maior aproximação com o problema.

Para o presente artigo, foi utilizado como objeto de estudo uma empresa fabricante de esquadrias de alumínio, situada na cidade de Ribeirão Pires, estado de São Paulo, que denominaremos neste estudo como empresa ALPHA.

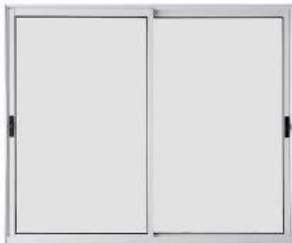
A empresa ALPHA atua no mercado há 42 anos, conta atualmente com um parque industrial de 6 mil m² e capacidade de transformar 42 toneladas/mês de alumínio em esquadrias de diversas tipologias e dimensões. Apesar de também atuar com o segmento de esquadrias customizadas, onde os clientes (construtoras) podem determinar as dimensões ideias para aquele empreendimento, além de personalização de acessórios e escolha de cores diversas para as esquadrias, tem como Core Business do seu portfólio, portas e janelas de alumínio com medidas padronizadas, tendo como principais clientes/revendedores, os "Home Centers" e lojas de materiais para construção.

A empresa ALPHA é umas das três maiores indústrias produtoras de esquadrias de alumínio padronizadas do mercado atualmente. Com o desenvolvimento do mercado e o aumento da concorrência, a empresa vem buscando e testando novas formas de aperfeiçoar seus métodos, buscando mais eficiência e flexibilidade de produção, seguindo as necessidades do mercado.

As Figuras 1 e 2 apresentam as fotos e os dados dos produtos mais vendidos da empresa. Os valores de lucratividade apresentados foram fornecidos pelo setor de custos da empresa, bem como os valores de margem de contribuição, já que, apuram-se lucros apenas quando os custos fixos estão pagos.

As quantidades de alumínio e vidro foram fornecidas pelo setor de projetos, responsável pelo desenvolvimento e acompanhamento técnico dos produtos.

Figura 1 – Foto e descrição do Produto 1



Produto 1 (JC2F)

Lucro R\$ 60,00
Alumínio 12 Kg
Vidro 1 m²

Fonte: Os autores

Figura 2 – Foto e descrição do Produto 2



Produto 2 (JC3FVZ)

Lucro R\$ 80,00
Alumínio 19 Kg
Vidro 0,5 m²

Fonte: Os autores do estudo

A partir dos dados fornecidos pela empresa, pode-se fazer a modelagem linear, tendo como variáveis de decisão os produtos 1 e 2, a função objetivo é a maximização dos lucros dos respectivos produtos e as restrições são o alumínio e o vidro.

Detalham-se as equações utilizadas para a modelagem nas Fórmulas 1, 2 e 3.

Variáveis de decisão (1)

$x_1 = \text{JC1F (Produto 1)}$

$x_2 = \text{JC3FVZ (Produto 2)}$

Função Objetivo (2)

$$\text{Maximizar } 60x_1 + 80x_2$$

Restrições (3)

$$12x_1 + 19x_2 \leq 42 \text{ ton.}$$

$$x_1 + 0,5x_2 \leq 2000 \text{ m}^2$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A solução ótima para maximização dos lucros seria a produção de 3500 peças do Produto 1 (JC3FVZ), gerando um lucro total de R\$ 210.000,00, devido ao seu valor de lucro ser maior. Porém, é um produto que demanda mais tempo na sua produção e neste estudo não foi considerado este fator.

Observando que a empresa necessita da produção dos produtos 1 e 2, para atender suas demandas comerciais, pode-se entender que a quantidade ideal a se produzir seria a representada pelo ponto B do gráfico (Figura 3), ou seja, 1308 peças do Produto 1 e 1385 peças do Produto 2, gerando um lucro total de R\$ 189.200,00.

Essas seriam as quantidades ideais para a maximização dos lucros, atendendo a necessidade de produção simultânea dos dois itens.

SOLUÇÃO

$$x_1 = 1308$$

$$x_2 = 1385$$

$$F.O. = R\$ 189.295$$

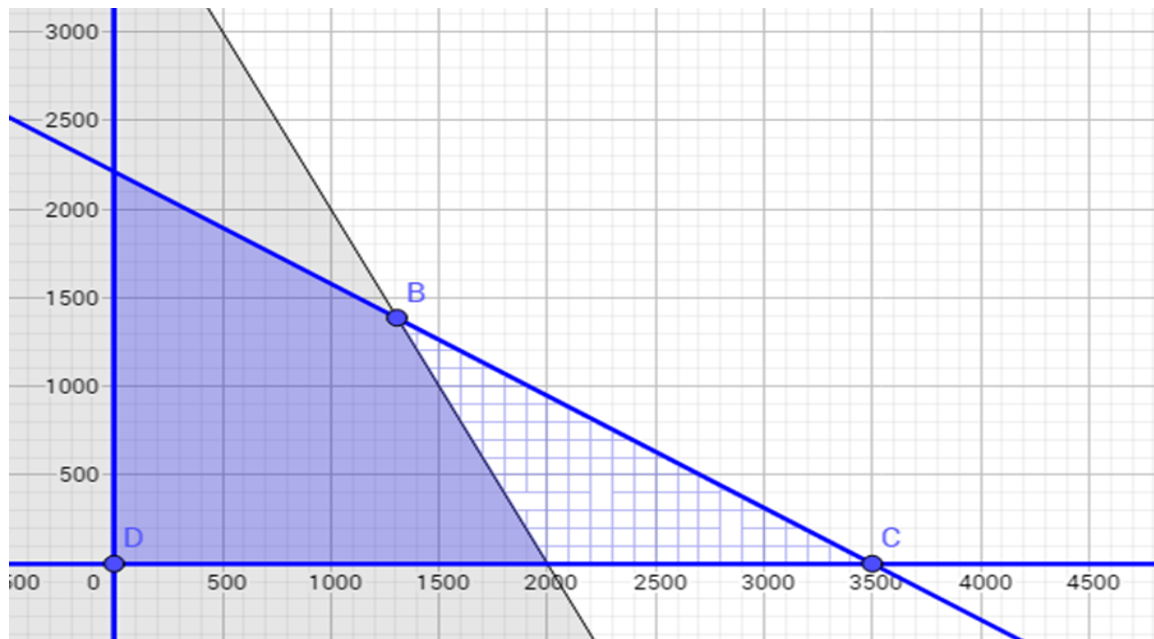
4.1 Solução pelo método gráfico

A solução gráfica só é utilizada com problemas que contenham até duas variáveis de decisão, como o caso do presente estudo. Em casos com mais variáveis se faz necessário o uso do método Simplex de forma manual ou de software de processamento automático como o Solver.

Conforme pode-se observar no gráfico apresentado na Figura 3, no ponto “D” (0, 0), o lucro obtido é nulo, pois não fabrica-se nenhum produto.

No ponto “A” (0, 2210), o lucro obtido será de \$176.800, sendo o menor de todos. No ponto “C” (3500, 0), o lucro obtido será de \$210.000, sendo o maior lucro, mas para isso teria que fabricar apenas o Produto 2. No ponto “B” (1308, 1384), o lucro obtido será de \$189.200, podendo, neste caso, ser apontado como o ponto ideal, já que maximiza os lucros considerando a produção dos dois produtos.

Figura 3 - Gráfico da Solução



Fonte: os autores

4.2 Análise de sensibilidade

O Solver, pacote computacional do Excel, oferece algumas análises pós otimização e uma delas é a análise de sensibilidade, que visa entre outras coisas demonstrar a amplitude de aumento ou diminuição das variáveis e restrições sem prejudicar o valor da função objetivo. A Tabela 1 apresenta a planilha gerada pelo Solver que mostra os indicadores de sensibilidade.

Tomando a variável x_1 , verifica-se que o coeficiente pode variar entre $60 + 100$ e $60 - \infty$ sem que haja alteração da solução ótima.

Com relação às restrições, se tivéssemos 2001 m^2 de vidro, teríamos mais 160 unidades de lucro, e se tivéssemos 2002 m^2 de vidro, teríamos mais 2×160 unidades de lucro, etc.

Esta relação acréscimo de recurso / acréscimo de lucro mantém-se enquanto o vértice ótimo não se alterar, isto é, dentro dos valores dados pelo aumento e diminuição permissíveis. Note-se que no caso do Alumínio, este valor é zero e quer dizer que se não gastar todo o recurso disponível não será comprando mais que aumentará o lucro.

Tabela 1 – Indicadores de sensibilidade do modelo

Células Variáveis						
		Final	Reduzido	Objetivo	Permitido	Permitido
Célula	Nome	Valor	Custo	Coeficiente	Aumentar	Reduzir
\$B\$4	Variável Ideal X1	1308	-100	60	100	1E+30
\$C\$4	Variável Ideal X2	1384	0	80	1E+30	50
Restrições						
		Final	Sombra	Restrição	Permitido	Permitido
Célula	Nome	Valor	Preço	Lateral R.H.	Aumentar	Reduzir
\$D\$10	VIDRO	2000	160	2000	22,5	692
\$D\$9	ALUMÍNIO	41460	0	42000	1E+30	540

Fonte: os autores

4.3 Discussão

Este estudo parte do princípio que ter processos produtivos otimizados e uma visão global sobre as variáveis e restrições de um sistema é de suma importância competitiva e, segundo Tubino (2006), o planejamento e controle da produção é o responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de forma a atender da melhor maneira possível aos planos estabelecidos em níveis estratégico, tático e operacional. O planejamento e controle da produção não deve se preocupar somente com as quantidades e sim com todo o processo produtivo e o planejamento que a empresa efetuou.

Esta pesquisa foi baseada na premissa de uma visão integral sobre os processos e com foco na procura de um plano de produção de menor custo. Decidiu-se trabalhar com a Pesquisa Operacional, mais especificamente a Programação Linear para determinar as quantidades ideais a se produzir de cada item de forma a minimizar os custos, pois conforme afirmam Martins e Laugeni (2005), um dos métodos mais utilizados é a programação linear, em que a função objetivo a ser minimizada é o custo global do plano, mas também pode ser utilizada buscando o lucro máximo no mix de produção analisado.

Desenvolveu-se o presente estudo utilizando programação linear e considerou-se apenas dois produtos e duas restrições para a análise, porém, Barbosa (2014), diz que os bons modelos serão o mais próximos da realidade e de fácil experimentação. Conseguir uma solução ótima, ou seja, a melhor de todas, é a ideia fundamental na solução de um problema, mas isso exige a solução de um sistema de equações e inequações baseados em variáveis e números mais próximos dos reais.

Dentre os meios que foram utilizados podemos destacar o Solver por seu baixo custo e aplicabilidade, já que é um suplemento que acompanha o Microsoft Excel e tem por finalidade ser utilizado como ferramenta para efetuar os cálculos de programação linear. Este suplemento irá demonstrar nos cálculos qual quantidade ideal a se produzir de cada produto, com o intuito de aumentar a rentabilidade da empresa, respeitando as restrições do sistema, assim como também observado por Rocha Neto et al. (2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A programação linear não tem como objetivo o equipamento utilizado, nem a predisposição dos participantes, tão pouco as propriedades físicas do produto, mas a combinação de todos os fatores em simultaneamente, considerados como um processo econômico. O foco principal da programação linear é a elaboração de uma estratégia que busca a potencialização de resultados sobre operações futuras, através da construção de modelos matemáticos da situação, aplicada a mecanismos transformadores de valores nos quais atuam equipamentos, homens, e os meios. A contribuição deste artigo evidencia que a prática da Programação Linear, é uma importante ferramenta gerencial para a escolha das melhores decisões.

Na elaboração do modelo matemático, deve-se coletar todos os dados necessários para se construir uma representação mais realista possível da situação, considerando todos os fatores que podem influenciar na questão. Esse levantamento de dados deve ser suficientemente minucioso para captar os elementos essenciais que fornecerão resultados compatíveis com a realidade do problema.

O estudo conseguiu atingir seu objetivo de otimizar a produção da indústria analisada. Considera-se como limitações a simplificação do modelo. Sugere-se assim, para pesquisas futuras o desenvolvimento de modelos que considerem mais fatores no processo produtivo.

Outra sugestão de pesquisas futuras, é a aplicação de outras técnicas como a simulação, para analisar o processo produtivo e verificar outras possibilidades de maximização e/ou minimização.

6 REFERÊNCIAS

- ARENALES, Marcos et al. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 10.821: **Caixilhos para edificações**. Rio de Janeiro. ABNT, 2017.
- BARBOSA, Geraldo Magela. Utilização da programação linear na otimização de resultados de produção na empresa. In: **REVISTA INTEGRAÇÃO, ANO XX, Nº 66, 49-58, 2014.**
- BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Elsevier Brasil, 2013
- CORRAR, Luis João; GARCIA, Editinete André da Rocha. Programação linear: uma aplicação à contabilidade de custos no processo de tomada de decisão. In: **Congresso Internacional de Custos, León. 2001.**
- DASSAN, E. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. M. ; KAWAMOTO JUNIOR, L. T. ; RODRIGUES, E. F. . Otimização Multiobjetivo em uma Linha de Produção de Placas Eletrônicas de uma Pequena Empresa. **Espacios (Caracas)**, v. 37, p. 5, 2016.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002
- GONÇALVES, A.; KOPROWINSKI, S. O. Pequena Empresa no Brasil. **São Paulo: Imprensa Oficial do Estado**, Editora da Universidade de São Paulo, 1995.
- HILLIER, F. S., LIBERMAN, G. J. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 9ª Ed. - Porto Alegre, RS: Mc Graw-Hill, 2013.
- LOPES, Renata Almendra; LIMA, JFG. Planejamento e controle da produção: um estudo de caso no setor de artigos esportivos de uma indústria manufatureira. **XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Rio de Janeiro, 2008.
- LUCHE, J. R.; MORABITO, Reinaldo. Otimização na programação da produção de grãos eletrofundidos: Um estudo de caso. **Gestão & Produção**, v. 12, n. 1, p. 135-149, 2005.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 3ª Ed. - São Paulo: Saraiva, 2015.
- MELLO, J. C. C. B.; MELLO, M. H. C. S. Integração entre o ensino de cálculo e o de pesquisa operacional. **Revista Produção**, v. 13, n. 2, p. 123, 2003.
- MESQUITA, Marco Aurélio; CASTRO Roberto Lopes. Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2008.
- MUNHOZ, José Renato; MORABITO, Reinaldo. Um modelo baseado em programação linear e programação de metas para análise de um sistema de produção e distribuição de suco concentrado congelado de laranja. **Gestão & Produção**, v. 8, n. 2, p. 139-159, 2001

- PELEIAS, Ivam Ricardo et al. Otimização do mix operacional de um escritório de perícias: uma aplicação de programação linear. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 19, n. 1, p. 37-60, 2009.
- PIO, A. ; SILVA, A. M. ; KAWAMOTO JUNIOR, L. T. . Otimização da produção em sistemas puxados: análise em uma fábrica de móveis de aço. **Revista Científica Hermes**, v. 20, p. 62, 2018.
- ROCHA NETO, Anselmo; DEIMLING, Moacir Francisco; TOSATI, Marcos Cristian, Aplicação da programação linear no planejamento e controle de produção: definição do mix de produção de uma indústria de bebidas, **XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil**, 6 a 8 de Novembro, 2006.
- SCALABRIN, Idionir; MORES, Claudionor José; BODANESE, Ronaldo Enderli; OLIVEIRA, José Adrelino. Programação linear: Estudo de caso com utilização do solver da microsoft excel. **Revista Universo Contábil**, v. 2, n. 2, p. 54-66, 2006.
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Contextos, Paradigmas e Sistema de Custeio. **In Congresso Gestão Estratégica de Custos**, V. Fortaleza, 1998. Anais. Fortaleza, SEBRAE / SE, 1991, v. 1, p. 141-156.
- TOSO, Eli Angela Vitor; MORABITO, Reinaldo. Otimização no dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção: estudo de caso numa fábrica de rações. **Gestão & Produção**, v. 12, n. 2, p. 203-217, 2005.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- VEGGIAN, Viviane Amaro; SILVA, TF da. Planejamento e controle da produção. **Revista FAEF**, 2015.