

Utilização da pesquisa operacional na construção de um modelo de produção em uma fábrica de vassoura de pequeno porte

Alessandra Dias Rocha - Universidade Federal do Pará - UFPA alessandradias02rocha@gmail.com

Dárleth Cantão Rodrigues - Universidade Federal do Pará - UFPA darleth.c14@gmail.com

Ermeson de Melo Sardinha - Universidade Federal do Pará - UFPA ermeson212@gmail.com

Reginaldo Fayal de Freitas - Universidade Federal do Pará - UFPA reginaldoffreitas20@gmail.com

Resumo:

O objetivo deste trabalho é colaborar para o planejamento da produção de uma fábrica de vassouras de pequeno porte, utilizando a pesquisa operacional para conduzir e coordenar as operações, com o intuito de chegar a um objetivo ótimo que maximize o lucro da empresa sempre respeitando suas demandas. Foram coletados dados referentes aos custos de mão de obra, custos de matéria prima, total de horas de trabalho e suas demanda mensais. Utilizando-se desses dados obtidos foi criado um modelo matemático para representar a realidade da fábrica, com o auxílio do software de programação linear LINDO (linear *interactive discrete optimizer*) foi apresentada uma proposta de modelo de produção para o aumento de lucro da mesma. Esse modelo apresentou um aumento de 25,99% no lucro da empresa em relação ao modelo atual que a mesma utiliza.

Palavras-chaves: pesquisa operacional, vassoura, modelagem matemática, programação linear, maximização do lucro.

Use of operational research in the construction of a model of production in a small broken broom factory

Abstract

The objective of this work is to collaborate for the planning of the production of a small broken broom manufacturing, using the operational research to drive and coordinate the operations, with the intuitious to get to a great objective that maximizes the company's profit always respecting their demands. Data referred to labor costs, raw material costs, total hours of work and their monthly demand were collected. Using these data there was created a mathematical model to represent the factory's reality, with the aid of the linear programming software LINDO (linear *interactive discrete optimizer*) a model production proposal for the increase of success of the same was presented. This model presented a 25.99% increase in the company's profit in relation to the current model which it follows.

Key-words: operational research, broom, mathematical modeling, linear programming, maximizing profit.

1. Introdução

A vassoura é um utensílio indispensável em qualquer local, desde residências particulares, escolas, garagens, até lojas e restaurantes devido a sua versatilidade para a limpeza de ambientes.

Atualmente existe uma serie de modelos de vassouras especificas para a limpeza de diferentes ambientes, desde vassouras com cerdas naturais, como a de piaçava, a vassouras com cerdas sintéticas e até de materiais recicláveis como a garrafa pet. A fabricação de vassouras é uma atividade simples e que pode render um bom lucro desde que o próprio empreendedor se dedique à produção, fazendo um pequeno investimento em equipamentos e maquinários, além da matéria-prima.

Por se tratar de um produto de higiene e limpeza, o consumo é grande, atingindo praticamente todas as classes sociais. No entanto é um mercado bastante competitivo devido ao grande o

número de fabricantes que são atraídos pela fácil implementação do empreendimento, o que acaba gerando forte concorrência no setor. Não existe tradição de marcas ou monopólios de pontos de vendas, por isso, muitos fabricantes, inclusive, são informais e que, por não recolherem impostos ou encargos, fornecem seus produtos a preços bem mais baixos que o mercado.

O objetivo desse trabalho é maximizar o lucro de uma fábrica de vassouras de pequeno porte no município de Abaetetuba/PA com o auxílio da pesquisa operacional (PO), utilizando-se de ferramentas computacionais, como *softwares* de programação linear, para fornecer ao fabricante um modelo de produção que aumentará o seu lucro e melhorando a sua produção.

2. Metodologia

Tendo como objetivo fornecer um modelo de produção que visasse o aumento da lucratividade de uma fábrica de vassouras de pequeno porte, esse trabalho teve como método a utilização de conhecimentos da pesquisa operacional na tomada de decisão e o uso da programação linear para a apresentação de um modelo de produção.

Este trabalho foi dividido em sete etapas:

2.1 Pesquisa teórica

Foram feitas pesquisas sobre as matérias primas, o processo de fabricação e mercado das vassouras. Outros estudos realizados foram feitos nas áreas da pesquisa operacional como a modelagem matemática e programação linear.

2.2 Visita à fábrica e coleta de dados

Nessa etapa foi visitada a fábrica, onde foi observado o processo de produção e através de entrevista com o proprietário foram coletados dados de:

Demanda;
Produtos;
Custos de matérias primas;
Custos adicionais;
Funcionários;
Modelo de produção;
Horário de funcionamento.

2.3 Determinação de custo de produção

Depois da coleta de todos os dados, foram feitos cálculos para a determinação do custo de produção devido o fabricante não saber informar o mesmo. Com esses dados foi possível determinar o lucro em cima de cada produto com base no preço de venda.

2.4 Modelagem matemática

Nessa etapa foi criado um modelo matemático para representar a realidade da fábrica, de modo a facilitar a determinação do modelo de produção para o aumento de lucro da mesma. Foi utilizado o *software* LINDO para resolver a modelagem matemática e assim se obter um modelo de produção.

2.5 Análise dos dados

Nessa fase foi feita a análise do resultado fornecido pelo *software* lindo esses dados foram organizados no *software* Excel para melhor visualização.

2.6 Elaboração de proposta de modelo de produção

Depois da análise do resultado do *software* LINDO foi possível uma elaboração de um plano de produção, ou seja, quanto a fábrica deveria produzir para alcançar o objetivo principal que era a maximização do lucro da mesma.

3. Referencial teórico

3.1 Vassoura

Vassoura é um Utensílio feito de ramos de piaçava, pêlos, etc., usada sobretudo para varrer o lixo do chão. (FERREIRA, A. B. H., 2001. p. 704)

A vassoura se divide em quatro partes:

3.1.1 Piaçava

Piaçava é o nome de uma espécie de palmeira cujas fibras são utilizadas na fabricação de vassouras e coberturas. Seu nome tem origem na língua tupi, significando "planta fibrosa", devido ao seu caule característico. Possui estipe liso e cilíndrico, desde o subsolo até 15 metros de altura, folhas eretas, verde-escuras, com pecíolo longo e frutos comestíveis. A fibra dura e flexível é extraída das margens dos pecíolos e utilizada na confecção de vassouras e escovas. (FERREIRA, A. B. H., 1986. p. 1 323.)

3.1.2 Tafolhos

Tafolhos são fios curtos de piaçava amarrados em pequenos volumes.

3.1.3 Corpo

Parte de madeira da vassoura onde são encaixados os tafolhos.

3.1.4 Cabo

Estrutura comprida e cilíndrica de madeira que é acoplada no corpo da vassoura.

3.2 Pesquisa Operacional

Segundo Hillier (2006, p. 1), "O início da atividade, assim denominada pesquisa operacional, geralmente é atribuído às atividades militares nos primórdios da Segunda Guerra Mundial. Em razão do empreendimento da guerra, havia uma necessidade premente de se alocar de forma eficiente os escassos recursos para as diversas operações militares e atividades internas a cada operação." Como o próprio nome indica, a pesquisa operacional envolve "pesquisa sobre operações". Portanto, a pesquisa operacional é aplicada a problemas onde se deseja conduzir e coordenar as operações (isto é, as atividades) com o intuito de chegar a um objetivo ou resultado em uma determinada organização.

3.3 Modelagem matemática

Biembengut e Hein (2000, p. 8), escrevem que a modelagem matemática é "arte de expressar por intermédio de linguagem matemática situações problema de nosso meio (...)" Já para Bassanezi (2004, p. 24), a modelagem matemática é descrita como "um processo dinâmico utilizado para obtenção e validação de modelos matemáticos. É uma forma de abstração e generalização com a finalidade de previsão de tendências. A modelagem consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual"

3.4 Fluxogramas

Segundo Peinado e Graeml (2007, p.149) "Fluxogramas são formas de representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência dos passos de um trabalho para facilitar sua análise. Um fluxograma é um recurso visual utilizado pelos gerentes de produção para analisar sistemas

produtivos, buscando identificar oportunidades de melhorar a eficiência dos processos. (...) Os símbolos utilizados para processos industriais são, em geral, mais simples que os utilizados em fluxograma de outras áreas. Normalmente são utilizados apenas cinco símbolos para descrever tais processos (...)” conforme a Figura 1.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
	Operação: ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se monta ou desmonta componentes e partes.	Martelar um prego, colocar um parafuso, rebitar, dobrar, digitar, preencher um formulário, escrever, misturar, ligar e operar máquina etc.
	Transporte: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra, de um prédio para outro. Obs: apenas o manuseio não representa atividade de transporte.	Transportar manualmente ou com um carrinho, por meio de uma esteira, levar a carga de caminhão, levar documento de um setor a outro etc.
	Espera ou demora: Ocorre quando um objeto ou matéria-prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento	Esperar pelo transporte, estoques em processo aguardando material ou processamento, papéis aguardando assinatura etc.
	Inspeção: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.	Medir dimensões do produto, verificar pressão ou torque de parafusadeira, conferir quantidade de material, conferir carga etc.
	Armazenagem: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.	Manter matéria-prima no almoxarifado, produto acabado no estoque, documentos arquivados, arquivos em computador etc.

Fonte: PEINADO E GRAEML, 2007, p.151

Figura 1 - Simbologia de fluxogramas utilizados para processos industriais

3.5 Programação linear

Segundo Hillier (2006, p. 25) “O desenvolvimento da programação linear tem sido classificado entre os mais importantes avanços científicos dos meados do século XX (...). A programação linear usa um modelo matemático para descrever o problema em questão. O adjetivo linear significa que todas as funções matemáticas nesse modelo são necessariamente funções lineares. A palavra programação, nesse caso, não se refere à programação de computador; ela é, essencialmente, um sinônimo para planejamento. Portanto, a programação linear envolve o planejamento de atividades para obter um resultado ótimo, isto é, um resultado que atinja o melhor objetivo especificado (de acordo com o modelo matemático) entre todas as alternativas viáveis.

3.6 Estruturas de modelos matemáticos

3.6.1 Variáveis de decisão

Os modelos matemáticos também são representações idealizadas, porém são expressos em termos de símbolos e expressões matemáticas. “(...) De forma similar, o modelo matemático de um problema de negócios é o sistema de equações e de expressões matemáticas relativas que descrevem a essência do problema. Portanto, se houver n decisões quantificáveis relacionadas a serem feitas, elas serão representadas na forma de variáveis de decisão (digamos $x_1, x_2, \dots, x_n$) cujos valores respectivos devem ser determinados.” (HILLIER, 2006, p.12)

3.6.2 Restrições

Quaisquer restrições nos valores que podem ser atribuídos a essas variáveis de decisão também são expressas de forma matemática, tipicamente por meio de desigualdades ou

equações. Essas expressões matemáticas para limitações são normalmente denominadas restrições. As constantes (a saber, os coeficientes e os lados direitos) nas restrições e na função objetivo são denominadas parâmetros do modelo. (HILLIER, 2006, p.12)

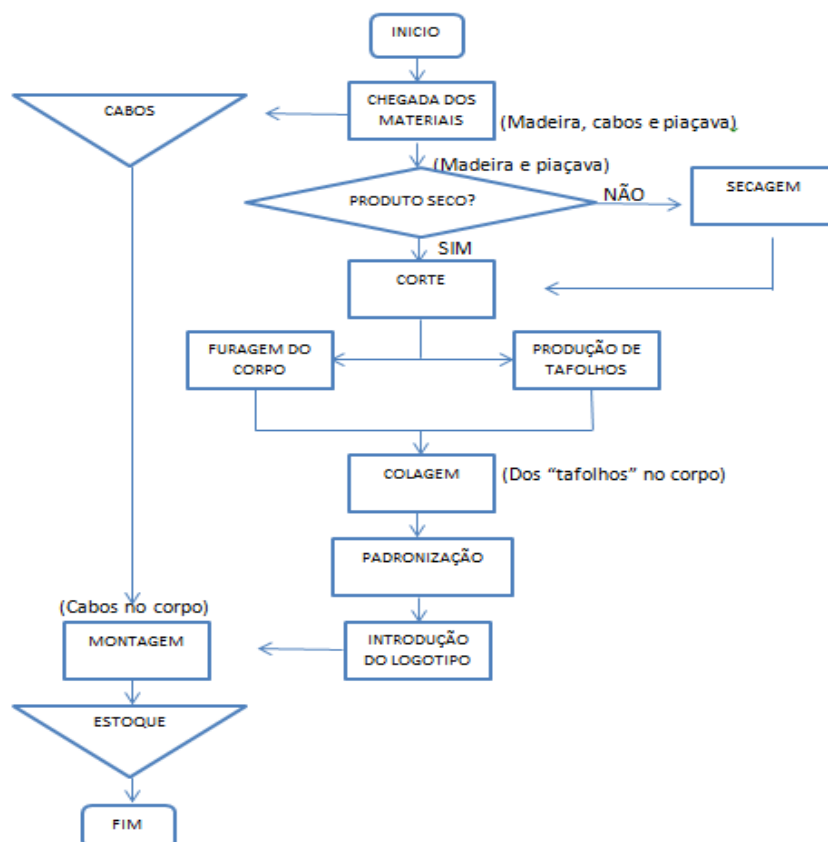
3.6.3 Função-objetivo

A medida de desempenho apropriada (por exemplo, lucro) é então expressa como uma função matemática dessas variáveis de decisão. Essa função é chamada função objetivo. (HILLIER, 2006, p.12)

4. Estudo de caso

O presente estudo foi realizado em uma fábrica de vassoura, de pequeno porte, no município de Abaetetuba-Pa. A empresa está no mercado desde 1957 possui muito prestígio e reconhecimento na região, sempre buscando oferecer produtos de qualidade aos seus clientes. A fábrica possui 8 funcionários que trabalham de segunda a sexta em dois turnos de 4 horas e nos sábados em apenas um turno, sua produção mensal é de 5760 unidades de vassouras que se dividem em três tipos, pequenas, médias e grandes. A área da fábrica para as atividades de produção é de 35 m² e para estoque de matéria prima e do produto pronto possui 70 m², totalizando uma área total de 105 m².

A produção ocorre em várias etapas desde a chegada das matérias primas (madeira, cabos, piaçava), que são inspecionadas e posteriormente usadas nas linhas de produção que trabalham com esses materiais até a entrega do produto final, como podemos ver no fluxograma da figura 2:



Fonte: Autores 2017

Figura 2: Fluxograma da produção

4.1 Análise do problema

A empresa possui muitos problemas administrativos, mesmo sendo uma instituição que já está há bastante tempo no mercado ainda não possuía uma tabela com seus custos definidos, assim os seus administradores trabalhavam sem saber o real valor que era gasto em seus produtos. A partir dos dados apresentados pelos gestores e visitas realizadas no ambiente de produção foram dimensionados as suas demandas, os custos fixos e os valores de venda, chegando assim ao valor do lucro da empresa em cima de cada produto, que são apresentados na tabela 1:

Tipos Vassouras	Demanda Total	Custo do Material	Custo da Mão de Obra	Custo Total	Valor de Venda	Lucro
Pequenas	600	R\$ 1,46	R\$ 0,71	R\$ 2,17	R\$ 3,16	R\$ 0,99
Médias	4800	R\$ 1,47	R\$ 0,82	R\$ 2,29	R\$ 3,34	R\$ 1,05
Grandes	360	R\$ 1,49	R\$ 0,86	R\$ 2,35	R\$ 3,75	R\$ 1,40

Fonte: Autores 2017

Tabela 1: Produção mensal de vassouras

Conforme a tabela 1, os valores da demanda total correspondem à soma das demandas reais, que são os produtos destinados através de contratos aos grandes e pequenos estabelecimentos comerciais de varejo da região, e também dos produtos que são produzidos para ficar no estoque de segurança podendo sair a qualquer momento para vendas não programadas. A tabela 2 mostra essa proporção de demanda.

Vassouras	Demanda Total	Demanda Real	Estoque de Segurança
Pequenas	100%	50%	50%
Médias	100%	75%	25%
Grandes	100%	50%	50%

Fonte: Autores 2017

Tabela 2: Produção mensal de vassouras

A fábrica em estudo, como já foi dito anteriormente, passava por problemas administrativos e não possuía uma organização da produção que gerasse a otimização do lucro da empresa. Em nossos estudos foram observados desperdícios no tempo de produção, pois a fábrica não utilizava todas as horas disponíveis, com isso, o lucro da empresa não era satisfatório.

4.2 Construção do modelo de programação linear

a) Função objetivo

A função objetivo foi estabelecida de modo a maximizar o lucro da empresa. Foram determinadas três variáveis que correspondem aos tipos de vassouras produzidas. Os valores antes das variáveis são os valores do lucro para cada tipo de vassoura.

$$\text{MAX } 0.99P + 1.05M + 1.40G$$

P– Vassouras pequenas; M– Vassouras médias; G– Vassouras grandes;

b) Restrições

Conforme a demanda total da empresa, a quantidade de horas disponíveis para produção mensal e o tempo necessário para produzir cada tipo de vassoura, foram construídas as seguintes restrições:

- Restrição em relação à mão de obra disponível por mês

Nessa restrição são usadas três variáveis que demonstram os tipos de vassouras, os valores antes das variáveis corresponde ao tempo, em horas, necessário para produção de cada vassoura, não podendo ser maior que o total de horas de mão de obra disponível.

$$0.020P + 0.025M + 0.030G < 176$$

- Restrições em relação à demanda

Nessa restrição a quantidade dos três tipos de vassouras a serem produzidas devem ser igual ou maior a demanda por produto da empresa.

$$P > 600; M > 4800; G > 360;$$

- Restrição em relação à capacidade de produção total da fábrica

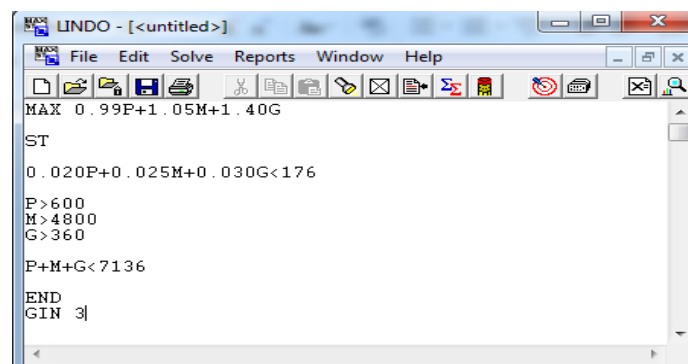
Nessa restrição a quantidade dos três tipos de vassouras a serem produzidas devem ser igual ou menor a capacidade máxima de produção, levando em consideração as horas disponíveis de produção.

$$P + M + G < 7136$$

4.3 Resultados obtidos pelo software

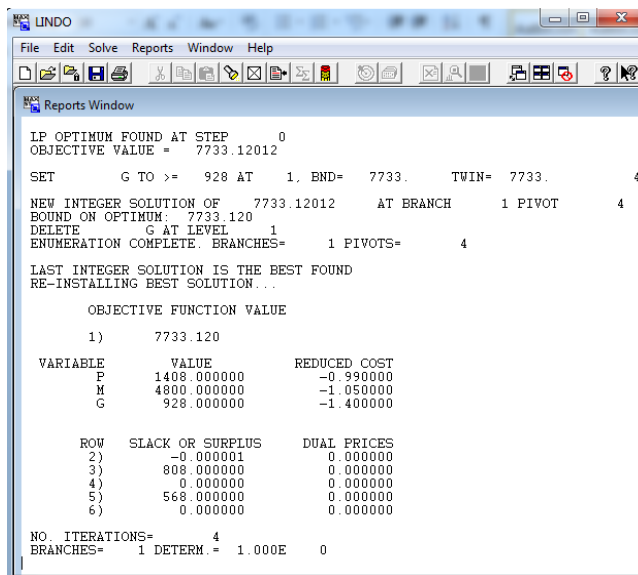
Após a construção do modelo de programação linear, foi utilizado o *software* LINDO (*Linear Interactive Discrete Optimizer*) para conseguir os melhores resultados para a maximização do lucro da empresa.

Nas figuras 3 e 4 vamos ter respectivamente a programação e os resultados obtidos no *software* LINDO.



Fonte: Autores (2017).

Figura 3: Programação no *software* LINDO.



Fonte: Autores (2017).

Figura 4: Programação no *software* LINDO.

4.4 Proposta de modelo de produção

Após os resultados obtidos pelo *software* LINDO, foi possível elaborar um modelo de produção para as vassouras pequenas, médias e grandes, que consiga maximizar o lucro da referida empresa.

Tipos de vassouras	Quantidade a ser produzida	Lucro Total
Pequena	1408	R\$ 1.393,92
Média	4800	R\$ 5.040,00
Grande	928	R\$ 1.299,20
TOTAL	7136	R\$ 7.733,12

Fonte: Autores 2017

Tabela 3: modelo de produção proposto pelo *software*

De acordo com a tabela 3, a produção mensal total deve ser de 7136 isso implica em um aumento de 23,89% da produção atual da empresa, isso ocorre devido ao aumento de 134,67% da produção de vassoura pequena e 157,78% da produção de vassoura grande. A vassoura média, segundo o *software* LINDO, não sofre alteração na produção, por tanto, não interfere no aumento da produção total sugerida pelo *software*.

Vassouras	Demanda	Proposta	Restante
Pequena	600	1408	808
Média	4800	4800	0
Grande	360	928	568
Total	5760	7136	1376

Fonte: Autores 2017

Tabela 4: Quantidade de produtos que restarão no estoque

De acordo com a tabela 4 os valores excedentes de produção das vassouras pequena e grande são de 1376 unidades, a vassoura pequena tem um excedente de 808 unidades sobre a demanda mensal, ou seja, essa quantidade restante pode ser utilizada para atender a demanda do mês seguinte. Da mesma forma ocorre com a vassoura grande, que possui um excedente de 568 unidades sobre a demanda mensal que pode também atender o mês seguinte. Segundo esses resultados haverá meses em que a fábrica terá que produzir apenas vassouras médias.

Vassouras	Demanda	Custo da demanda	Modelo Proposto	Custo do Modelo Proposto
Pequena	600	R\$ 1.302,00	1408	R\$ 3.055,36
Média	4800	R\$ 10.992,00	4800	R\$ 10.992,00
Grande	360	R\$ 846,00	928	R\$ 2.180,80
Total	5760	R\$ 13.140,00	7136	R\$16.228,16

Fonte: Autores 2017

Tabela 5: Comparação dos custos de produção

Na tabela 5, pode-se analisar o custo total para atender a demanda atual da empresa e o custo total da produção segundo o modelo proposto. Percebe-se que haverá um aumento de 23,50% no custo de produção caso a fábrica siga o modelo proposto.

Vassouras	Pequena	Média	Grande	Total
Lucro	R\$ 1.393,92	R\$ 5.040,00	R\$ 1.299,20	R\$7.733,12

Fonte: Autores 2017

Tabela 6: Lucro Obtido pelo modelo proposto

De acordo com a tabela 6, o modelo de produção proposto apresenta lucro ótimo de R\$ 7.733,12, sendo que o lucro obtido com a produção das vassouras pequenas, médias e grandes são, R\$ 1.393,92, R\$ 5.040,00, R\$ 1.299,20 respectivamente.

Vassouras	Pequena	Média	Grande	Total
Lucro	R\$ 594,00	R\$ 5.040,00	R\$ 504,00	R\$ 6.138,00

Fonte: Autores 2017

Tabela 7: Lucro fornecido pela fábrica

A tabela 7 apresenta os lucros totais obtidos por cada tipo de vassoura produzida pela empresa, como pode ser visto na mesma o lucro da fábrica passa a ser de R\$ 7.733,12. Desse modo, percebe-se que o modelo proposto através da pesquisa operacional apresentou um aumento no lucro da fábrica de 25,99% em relação ao lucro do modelo de produção da empresa, que atualmente é equivalente a R\$ 6.138,00.

5. Conclusão

Atualmente para se conseguir eficácia em um processo produtivo é necessário ter um planejamento da produção, e nesse planejamento deve conter operações as quais devem ser realizadas para que haja o alcance dos objetivos desejados. Através desse trabalho concluímos que a pesquisa operacional é uma importante ferramenta na tomada de decisão e que por meio da mesma é possível determinar quais operações devem ser realizadas visando um dado objetivo.

Diante da utilização de várias ferramentas da pesquisa operacional foi possível elaborar um modelo de produção para uma fábrica de vassouras no município de Abaetetuba, visando o aumento da lucratividade da empresa. Por meio da análise dos dados foi observado que a fábrica não utilizava todas as horas disponíveis para produção de vassouras, com base nisso o *software* LINDO propõe um modelo de produção que aumenta 23,89% da produção atual da fábrica acarretando um aumento de 25,99% no lucro da mesma.

Esse modelo proposto também traz um aumento de 23,50% no custo da produção, o que à primeira vista parece ser um problema, porém, esse aumento será apenas no primeiro mês, pois no seguinte ele terá em estoque vassouras pequena e grandes necessárias para atender sua demanda mensal, ou seja, ele irá produzir apenas as vassouras medias e o custo de produção terá uma diminuição de 32,26% em relação ao mês anterior, isso mostra um excelente resultado.

Conforme os resultados apresentados pelo *software*, foi constatado que a fábrica em estudo possui uma grande capacidade de produção capaz atender uma demanda mensal maior do que a atual. Sendo que para conseguir aumentar sua demanda a empresa necessita de investimentos em marketing e divulgação de seus produtos, o lucro otimizado pode contribuir para esses investimentos, e conclui-se que a pesquisa operacional está como aliada a elaboração de planos de produção de empresas que desejam crescer no mercado.

Referências

HILLIER, FREDERICK S. Introdução à pesquisa operacional/ Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman; tradução Ariovaldo Griesi; revisão técnica João Chang Junior. - São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

JURANDIR PEINADO E ALEXANDRE REIS GRAEML /Administração da produção: operações industriais e de serviços / Curitiba: UnicenP, 2007.

BASSANEZI, R. C. Ensino – aprendizagem com Modelagem Matemática. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2004.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. Modelagem Matemática no ensino. Blumenau: Ed. Contexto, 2000.

FERREIRA, A. B. H. Novo dicionário da língua portuguesa. 2ª edição. Rio de Janeiro. 1986.

FERREIRA, A. B. H. Minidicionário da língua portuguesa. 4ª edição. Rio de Janeiro. 2001.