

APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA OTIMIZAÇÃO DA LUCRATIVIDADE DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE MARCENARIA

Patricia Aparecida Bilinski (UFSC)

patriciabilinski@outlook.com

Bruna Grossl (UFSC)

bruna.grossl26@gmail.com

Christiane Wenck Nogueira fernandes (UFSC)

christianewenck@ig.com.br

larissa bagini barbosa (UFSC)

bagini.larissa@gmail.com



A pesquisa operacional pode ser grande aliada para as empresas amenizarem o impacto negativo criado no setor de vendas devido à alta competitividade no mercado. Neste contexto, foi aplicada a programação linear de modo a maximizar os lucross de uma empresa de médio porte de revenda de produtos para marcenaria. O objeto do estudo foi a venda de MDFs brancos, os produtos com mais saída da empresa. Para tal, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica acerca dos métodos e meios utilizados e depois, através dos dados fornecidos pela empresa, o problema foi modelado e resolvido no Excel utilizando a ferramenta Solver. A solução ótima resultou em quanto a empresa deve vender de cada produto de modo a ter o maior lucro possível na situação da empresa. Os produtos 2F GUA, 2F ARA Frost e 2F BER Tx foram os que apresentaram maior lucratividade, tornando como uma opção de próximo cenário encontrar meios para investir mais nas suas vendas, ou cessar a venda de produtos com resultados muito inferiores.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional, Programação Linear, Solver

1. Introdução

O processo de modelagem dentro das empresas tem se tornado um grande aliado na maneira e no resultado das tomadas de decisões. A modelagem induz os gestores a terem objetivos mais claros e específicos, como também conhecer seus cenários e restrições. Através dela crescem as chances de realizar exaustivas simulações para encontrar o melhor cenário para determinada circunstância (LACHTERMACHER, 2009).

A Pesquisa Operacional é o método aplicado para conduzir e coordenar as operações nas organizações. Inicialmente é utilizado o método científico para investigar o problema ou possíveis melhorias na empresa, para então ser construído um modelo científico (tipicamente matemático), que capture a essência do problema real, e seja validado (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Sendo assim, o presente artigo tem o objetivo de aplicar a Pesquisa Operacional, em específico a Programação Linear, para modelar e definir o problema de otimização da lucratividade de uma empresa de médio do segmento de marcenaria.

Para tal, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica acerca dos métodos e meios utilizados e depois, através dos dados fornecidos pela empresa, o problema foi modelado e resolvido no Excel utilizando a ferramenta *Solver*.

2. Referencial bibliográfico

2.1. Pesquisa Operacional

Na Revolução industrial entre os séculos XVIII e XIX, houve um enorme crescimento no tamanho e na complexidade das organizações. A divisão do trabalho e a separação de responsabilidades gerenciais das empresas geraram mais especializações as quais também trouxeram novos problemas. Com todo esse crescimento ficou mais difícil alocar os recursos disponíveis para as diversas atividades de maneira eficiente para toda a organização. Para solucionar esses novos problemas foi surgindo a Pesquisa Operacional (PO), a qual traz o melhor caminho para resolver o problema em questão (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A PO pode ser aplicada em diversas áreas como manufatura, transportes, planejamento financeiro, serviços públicos e muitas outras, buscando a melhor solução para a organização como um todo. Sintetizando as fases para o estudo da PO, primeiramente é definido o problema é feita a coleta dos dados, para então formular um modelo matemático o qual representará o problema (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Segundo Montevechi (2013), o modelo da PO é universal, através da linguagem matemática definimos um objetivo, caracterizamos suas variáveis e identificamos as restrições. A função objetivo trata-se de uma função matemática das suas variáveis, a qual busca maximizar o lucro, minimizar os custos, ou seja, achar a solução ótima para um problema. As variáveis de decisão podem ser especificadas com a seguinte simbologia matemática, x_j ($j=1,2,3...$) e otimizam uma $Z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ sujeita a restrições.

Mesmo com o grande avanço da PO, dado o aumento na velocidade de processamento e a maior capacidade de memória dos computadores, o elemento humano não passa a ser desnecessário neste processo. Para alcançar os objetivos, o profissional necessita identificar o modelo mais apropriado para a solução de um determinado problema, este também deve ser capaz de descrever as restrições físicas e computacionais existentes no sistema (BELFIORE; FÁVERO, 2013).

A aplicação da Pesquisa Operacional vem trazendo grandes resultados na administração de empresas; vemos uma enorme variedade de aplicações do seu modelo. Sua utilização é muito ampla, não só em indústrias (automotivas, aviação, metalurgia, alimentos, transporte, entre outras), mas também em agências governamentais, instituições financeiras e hospitais. A PO

abrange um leque de técnicas para resolução de problemas, podemos citar alguns como: programação linear, programação dinâmica, teoria das filas, programação inteira, programação não linear e programação multiobjectivo (SILVA, 2013).

2.2. Programação Linear

A Programação Linear (PL) é um dos mais importantes avanços tecnológicos do século XX, tem ajudado milhares de empresas a economizar dinheiro, aumentar lucro e resolver problemas. Faz parte da Pesquisa Operacional, que se preocupa em alocar os recursos disponíveis de acordo com cada atividade dentro da empresa.

O problema deve ser modelado matematicamente utilizando funções lineares e a palavra programação é um sinônimo para planejamento. O problema matemático deve ter um formato bem genérico que se encaixe no modelo de Programação Linear. Busca-se planejar as atividades afim de obter o melhor resultado entre todas as alternativas possíveis (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Exemplificando o modelo da PL, digamos que o objeto é maximizar o lucro (Z). Temos que descobrir a quantidade que deve ser vendida de cada produto (x_1, x_2, \dots, x_n), para isto, se tem como parâmetro (a_n) o custo de cada produto. Toda função objetivo está sujeita a restrições, continuando o exemplo de produção, temos uma quantidade limitada de máquinas, estoque, mão de obra e assim por diante (c_n). Nestas restrições também a parâmetros para as variáveis (b_n), que podem ser informações sobre a produção em fábricas ou máquinas diferentes. Segue o modelo padrão:

$$\text{Maximizar } Z = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Sujeito a

$$b_1x_1 + b_2x_2 \leq c_1$$

$$b_2x_1 + b_3x_2 \leq c_2$$

⋮

$$b_nx_n + b_nx_n \leq c_n$$

Onde $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$.

Para este trabalho utilizou-se o método simplex, muito aplicado na resolução de problemas de grande porte. Segundo Fortes, Müller e Ribeiro (2014), a “técnica do Método Simplex é amplamente empregada, em razão de ter habilidade para modelar os complexos problemas de decisão, e aptidão de produzir soluções rapidamente, dependendo das particularidades do problema”.

3. Estudo de caso

3.1. A empresa

A empresa da qual foi feito o estudo de caso, encontra-se na área industrial da cidade de São José, em Santa Catarina. Trata-se de uma empresa de médio porte no segmento de marcenaria, que revende produtos destinados a produção de móveis, atuando no ramo há doze anos. Ela atende a região que vai de Criciúma, no sul do estado, até Balneário Camboriú, no norte de Santa Catarina, com foco na região da grande Florianópolis. Preza pela qualidade no atendimento e nos produtos, na pontualidade de entrega e pelo desenvolvimento da região onde atua. Tem como visão tornar-se a melhor empresa do ramo no estado e abrir filiais em outras cidades.

Pertencente a um grupo que possui 53 lojas em várias partes do Brasil, oferecem além da venda de materiais, um centro de design, colação de fita de borda, corte reto de chapas e furação. O grupo possui uma linha própria de materiais, além de trabalhar com fornecedores de diversas marcas, preocupando-se sempre com as responsabilidades social e ambiental

A empresa é considerada de médio porte por possuir mais de cinquenta funcionários, segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2016), são caracterizadas de médio porte empresas que possuem de 50 a 99 empregados, destes, trinta trabalham no setor de estoques, quinze no setor de vendas e o restante no setor administrativo. Decisões de âmbito globais são tomadas em reuniões mensais, realizadas pelos líderes do grupo com os diretores de cada empresa, enquanto decisões locais são tomadas em reuniões semanais realizadas na empresa entre gerencia e colaboradores.

3.2. O problema

Segundo Moreira (2010), na formulação de um problema, seja de maximização ou minimização, devemos antes de mais nada, reconhecer os parâmetros, as variáveis de decisão e as restrições.

Dos mais de 4.000 produtos vendidos pela empresa, escolheu-se para o estudo de caso o produto que representa o maior volume de venda mensal da empresa, o MDF na cor branca.

Este produto possui uma gama de mais de 20 tipos, com variação de espessura, que são 6mm, 9mm, 12mm, 15mm, 18mm e 25mm, e de diferentes marcas. Foram fornecidos pela empresa os lucros unitários de venda nos meses de maio, junho, julho, outubro e setembro do ano de 2015.

O estoque de MDF branco possui uma capacidade de 320 pallets, onde devem ser distribuídos em 60% das chapas de 15mm, 20% das de 18mm, 10% das de 6mm e 10% das outras.

O objetivo deste estudo é determinar mix ótimo de produtos a comprar e vender para obter maior lucratividade na empresa.

3.3. Modelagem

Segundo Cardoso (2011), um modelo matemático é uma representação simplificada de uma situação e deve descrever, representar e imitar o processo real, relacionando as variáveis com os objetivos da melhor maneira possível, obedecendo as limitações a ele impostas.

Para a resolução do problema utilizou-se o método simplex, que consiste em partir de uma solução básica de $Ax = b$ satisfazendo $x \geq 0$, passar para outra solução básica primal viável sem que o valor da função objetivo diminua (no caso de maximização). Como o número de soluções básicas é finito, o algoritmo, sob algumas condições convergirá (MACULAN; FAMPÁ, 2004).

A modelagem do problema buscou maximizar o lucro da empresa. Para tal, considerou-se o mix ótimo de produtos a vender em um mês que estejam dentro das quantidades mínimas e máximas vendidas mensalmente no período estudado e, por fim, aumentando o lucro.

A análise foi feita baseada nos dados fornecidos pela empresa, e em alguns cenários. As considerações feitas foram:

- a) Através das informações de quantidade de produtos que cabem em um pallet e lucro unitário, calculou-se o lucro por pallet de material vendido. As variáveis de decisão para o problema são a quantidade de compras/vendas de pallets de cada produto;
- b) A função objetivo do problema é de maximização e se refere ao lucro de vendas da empresa;
- c) As restrições impostas ao problema foram:
 - A mínima quantidade aceita para vendas é o menor valor vendido mensalmente durante o período em que os dados se referem;

- A máxima quantidade aceita para vendas é o maior valor vendido mensalmente durante o período em que os dados se referem, acrescentando-se uma margem de 10% a mais, a fim de criar expectativas de aumento de vendas;
- A quantidade de pallets vendidos, que se refere também a quantidade de comprados, não deve ultrapassar a capacidade do estoque;
- Dada a distribuição dos pallets no estoque, 60% devem ser chapas de 15mm, 20% de 18mm, 10% de 6mm e 10% as outras (9mm, 12mm e 25mm);
- As variáveis de decisão devem ser números inteiros, tendo em vista que a empresa apenas pode encomendar pallets completos.

Matematicamente, a modelagem é:

$$\text{Maximizar } z = \sum_{i=1}^{23} x_i * l_i$$

Sujeito a:

$$x_i \leq \text{maiorp}$$

$$x_i \geq \text{menor}$$

$$\sum_{i=1}^{23} x_i \leq c$$

$$x_i \in \mathbb{Z}^+$$

Onde: x_i representa a quantidade de compras/vendas do produto i , l_i é o lucro que a empresa tem vendendo 1 pallet do material i , *maiorp* diz respeito ao o maior número de vendas em pallets do produto i no período mais o acréscimo de 10%, *menor* é o menor número de vendas em pallets do produto i no período e c a capacidade do estoque.

Tabela 1 - Informações de número mínimo e máximo e lucro das mercadorias

x_i	Produto	Espessura (mm)	Lucro por pallet	Menor número de vendas mensais de pallets no período	Maior número de vendas mensais de pallets no período
x1	2F MAS	6	R\$ 1.386,00	6,2	25,7598
x2	2F ARA Frost	6	R\$ 1.742,50	0,06	10,4148
x3	2F BER Tx	6	R\$ 2.025,00	12,62	31,2642
x4	2F DUR Artico Tx	6	R\$ 1.938,00	0,36	10,989
x5	2F BER Plus - Resiste	6	R\$ 1.828,00	0,42	0,936
x6	DUR Artico 2F	9	R\$ 1.480,32	0,583333333	1,546875
x7	2F	9	R\$ 996,96	0,041666667	1,051875
x8	2F	12	R\$ 1.820,25	0,133333333	1
x9	2F GUA	15	R\$ 1.750,56	22,42857143	107,6507143
x10	2F ARA Frost	15	R\$ 1.865,64	20,23809524	35,07428571
x11	2F MAS	15	R\$ 1.633,80	11,57142857	27,90857143
x12	2F DUR Artico Tx	15	R\$ 1.942,92	7,880952381	19,65857143
x13	2F BER Tx	15	R\$ 1.724,94	18,92857143	41,93357143
x14	2F ARA Tx 2ª Qualidade	15	R\$ 1.251,18	1,714285714	6,081428571

x15	2F ARA TX	15	R\$ 1.865,64	0,023809524	1,107857143
x16	2F GUA	18	R\$ 1.514,16	7,222222222	11,0825
x17	2F ARA Frost	18	R\$ 1.627,20	4,305555556	8,9925
x18	2F MAS	18	R\$ 1.084,32	3,75	9,1575
x19	2F DUR Artico Tx	18	R\$ 1.678,32	2,083333333	7,6175
x20	2F BER Tx	18	R\$ 1.481,04	4	17,765
x21	2F BER Plus - Resiste	18	R\$ 226,80	0,055555556	1,0725
x22	2F BER	25	R\$ 679,68	6,416666667	16,7475
x23	2F DUR Artico Tx	25	R\$ 1.045,80	0,083333333	3,2175

Fonte: autoras (2016)

3.4. Resolução do problema

Juntamente com as informações apresentadas na Tabela 1, adicionou-se os dados referentes à maior quantidade de pallets vendida mensalmente durante o período com o acréscimo de 10%, bem como a função objetivo, as variáveis de decisão e capacidade do estoque.

No *Solver* foi utilizado o método *Simplex*, com uma precisão de 10^{-6} e um nível de número inteiro ideal de 1%, não foi estipulado tempo máximo de processamento nem número máximo de iterações.

O resultado obtido foi o seguinte:

Tabela 2 – Solução ótima obtida no Solver

xi	Produto	Quantidade de pallets por produto	Lucro por produto
x1	2F MAS	7	R\$ 9.702,00
x2	2F ARA Frost	1	R\$ 1.742,50
x3	2F BER Tx	22	R\$ 44.550,00
x4	2F DUR Artico Tx	1	R\$ 1.938,00
x5	2F BER Plus - Resiste	1	R\$ 1.828,00
x6	DUR Artico 2F	1	R\$ 1.480,32
x7	2F	1	R\$ 996,96
x8	2F	1	R\$ 1.820,25
x9	2F GUA	99	R\$ 173.305,44
x10	2F ARA Frost	38	R\$ 70.894,32
x11	2F MAS	12	R\$ 19.605,60
x12	2F DUR Artico Tx	21	R\$ 40.801,32
x13	2F BER Tx	19	R\$ 32.773,86
x14	2F ARA Tx 2ª Qualidade	2	R\$ 2.502,36
x15	2F ARA TX	1	R\$ 1.865,64
x16	2F GUA	12	R\$ 18.169,92
x17	2F ARA Frost	9	R\$ 14.644,80
x18	2F MAS	10	R\$ 10.843,20
x19	2F DUR Artico Tx	8	R\$ 13.426,56
x20	2F BER Tx	19	R\$ 28.139,76
x21	2F BER Plus - Resiste	1	R\$ 226,80
x22	2F BER	18	R\$ 12.234,24
x23	2F DUR Artico Tx	3	R\$ 3.137,40
		Lucro	R\$ 506.629,25

Fonte: autoras (2016)

A figura 1 seguir mostra se o valor das variáveis x_i está ou não associado ao valor limitante das duas primeiras restrições e também a margem de atraso entre o resultado final e o da restrição.

Figura 1 – associação ou não associação das variáveis de decisão

Variável	$x_i \leq maior$		$x_i \geq menor$	
	Status	Margem de Atraso	Status	Margem de Atraso
x1	Não-associação	6	Associação	0
x2	Não-associação	2	Associação	0
x3	Não-associação	5	Associação	0
x4	Não-associação	6	Associação	0
x5	Não-associação	4	Associação	0
x6	Associação	0	Associação	0
x7	Associação	0	Associação	0
x8	Associação	0	Associação	0
x9	Associação	0	Associação	0
x10	Não-associação	6	Associação	0
x11	Associação	0	Não-associação	17
x12	Não-associação	1	Não-associação	2
x13	Associação	0	Não-associação	6
x14	Não-associação	24	Associação	0
x15	Não-associação	4	Associação	0
x16	Associação	0	Não-associação	1
x17	Associação	0	Não-associação	1
x18	Associação	0	Não-associação	2
x19	Não-associação	1	Associação	0
x20	Associação	0	Não-associação	1
x21	Não-associação	4	Associação	0
x22	Associação	0	Não-associação	4
x23	Não-associação	5	Associação	0
x24	Associação	0	Não-associação	5
x25	Não-associação	8	Associação	0
x26	Não-associação	2	Associação	0
x27	Associação	0	Associação	0
x28	Associação	0	Associação	0
x29	Associação	0	Associação	0

Fonte: autoras (2016)

4. Considerações Finais

Este trabalho propôs a determinação do mix ótimo de vendas de produtos de uma empresa de médio porte do segmento de marcenaria, de maneira a estar dentro dos níveis das demandas passadas e aumentar a lucratividade da empresa.

O modo como uma empresa gerencia seu estoque pode levá-la a falência, como também pode aumentar a sua lucratividade. A Programação Linear é uma abordagem eficiente para a resolução de problemas em que se busca otimizar o uso do espaço disponível maximizando o lucro.

Através dos dados cedidos pela empresa e com o auxílio da ferramenta Solver foi possível identificar os MDFs mais lucrativos para a empresa, variáveis x9, x10 e x3 correspondentes à 2F GUA, 2F ARA Frost e 2F BER Tx, respectivamente. Indica-se à empresa investir nestes materiais com campanhas de marketing e até mesmo redefinir seu catálogo de vendas.

Ao mesmo tempo notou-se que vários materiais apresentam pouca saída e baixa lucratividade. Para estes indica-se até mesmo uma retirada das vendas ao longo do tempo, pois utilizam recursos e espaço de estoque que poderiam ser melhor alocados.

Como continuação a este trabalho, propõe-se uma análise mais complexa, criando novos cenários, como por exemplo redistribuir a porcentagem mínima de placas de MDF dentro do estoque.

5. Referências

- BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- CARDOSO, Andréa. **Fundamentos da Pesquisa Operacional**. Universidade Federal de Alfenas (Unifal), 2011. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/matematica/files/file/po.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2016.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- FORTES, Bianca Jupiara; RIBEIRO, Roberto Portes; MÜLLER, Felipe Martins (Ed.). **Programação Linear: Uma aplicação para a otimização na distribuição de uma empresa de nutrição animal: Heterogeneity of Brazilian agriculture in access to information technologies**. Espacios, Caracas, v. 35, n. 11, p.12-12, ago. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a14v35n11/14351112.html>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
- LACHTERMACHER, G. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2009.
- MACULAN, Nelson; FAMPA, Marcia H. Costa. **Otimização Linear**. Editora Universidade de Brasília: Brasília, 2006.
- MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. **Pesquisa operacional**. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), 2013.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa Operacional: curso introdutório**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Disponível em: <www.sebrae.com.br>. Acesso em: 16 abril 2016.
- SILVA, Aneirson Francisco da. **Pesquisa operacional: desenvolvimento e otimização de modelos matemáticos por meio da linguagem gams**. São Paulo: Unesp, 2013. 126 p. Disponível em: <http://www.feg.unesp.br/~fmarins/GAMS/APOSTILA_GAMS-2013.pdf>. Acesso em: 16 abril 2016.