

A Pesquisa Operacional E O Apoio À Decisão: Um Estudo De Caso Em Uma Pequena Empresa De Brigadeiros De Uberlândia/MG

Victor Vieira Silva – victorvieira@outlook.com

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Área temática: Produção e Logística

Resumo

Com o intuito de evidenciar a relevância da pesquisa operacional para a tomada de decisão nas pequenas empresas, este artigo apresenta um problema organizacional, cuja solução é obtida por meio da sua modelagem matemática, que lhe confere a característica de problema de programação linear. A programação linear, por sua vez, consiste em um conjunto de funções lineares representativas de um problema real, cuja resolução aponta para uma solução ótima desse problema. Para a construção da modelagem matemática, faz-se necessário conhecer o sistema organizacional, a fim de identificar algum problema neste, o objetivo de sua resolução, e quais variáveis restringem o alcance dessa medida de desempenho esperada. Para atingir o objetivo do artigo, realizou-se um estudo de caso em uma pequena empresa de brigadeiros localizada na cidade de Uberlândia/MG, cujo objetivo empresarial era maximizar a margem de contribuição total diária. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram uma entrevista semiestruturada com a proprietária da empresa e observação participante no local de produção. Utilizando a linguagem GAMS na modelagem do problema, obteve-se um resultado que aponta para a combinação ótima do mix de produção, de modo a atingir o objetivo empresarial, ou seja, qual deve ser a produção diária que possibilita a maximização da margem de contribuição da empresa estudada. Fez-se, ainda, duas simulações, por meio da alteração de alguns parâmetros da modelagem, a fim de verificar seus respectivos impactos na solução ótima, fornecendo, assim, uma visão mais ampla para a tomada de decisão.

Palavras-chave: Programação Linear; Problema de Mix de Produção; Linguagem GAMS.

1. Introdução

A pesquisa operacional é um aporte à tomada de decisão racional. Isso porque esta proporciona, ao tomador de decisão, uma forma estruturada e sistemática de encontrar soluções para os problemas dos sistemas produtivos da organização, sendo estes problemas relacionados ao planejamento, à execução ou ao controle das operações (PINTO, 2008). Seu surgimento foi durante a Segunda Guerra Mundial, em que grupos multidisciplinares de pesquisadores aplicaram o método científico que conheciam aos problemas de natureza logística, tática e de estratégia militar de grande complexidade. Atualmente, seu uso é essencial para as empresas de finalidade econômica (SOBRAPO, 2014). De forma resumida, a pesquisa operacional consiste na construção de um modelo para um sistema real que sirva como instrumento de análise e compreensão do comportamento desse sistema, a fim de levar o sistema a apresentar o desempenho desejado (ANDRADE, 2009).

As organizações, contudo, estão inseridas em um mercado cada vez mais complexo, colocando-as frente a dificuldades de alocar recursos disponíveis, porém restritos, para diferentes atividades da forma mais eficiente para toda a organização (PINTO, 2008). Ao levar isso em consideração, evidencia-se a importância da pesquisa operacional como ferramenta gerencial de apoio às decisões de alocação de recursos e o seu potencial de apoio às pequenas empresas, que, geralmente, carecem de racionalidade na tomada de decisão, o que, por sua vez, limita sua competitividade. Para a aplicabilidade da pesquisa operacional, é preciso, antes, ter o conhecimento de um sistema organizacional, para definir os limites de análise; o que justifica a realização deste trabalho.

A sua proposta consiste na aplicação prática da pesquisa operacional em um caso real. Desta forma, pesquisou-se uma empresa de pequeno porte, para identificar um problema gerencial. E, a partir deste problema, elaborou-se o seguinte problema de pesquisa: Qual é o mix de produção diária que maximiza a margem de contribuição da empresa? O objetivo geral consiste em conhecer o quanto produzir de cada um dos produtos, de modo que essa produção contribua para o desempenho esperado pela empresa analisada, evidenciando, assim, a importância da pesquisa operacional para a tomada de decisão nas pequenas empresas. Para atingir o objetivo geral, fez-se necessário: revisar a bibliografia que abrange o conteúdo sobre pesquisa operacional; levantar as condições operacionais atuais da empresa, considerando o período de tempo de um dia; transcrever o problema identificado em um modelo matemático característico da programação linear; revisar a bibliografia sobre a modelagem matemática na linguagem GAMS; aplicar essa modelagem no software GAMS; realizar uma análise de sensibilidade da empresa, por meio da simulação de dois cenários.

2. Revisão da literatura

Segundo a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (2014), a pesquisa operacional pode ser entendida como uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais, tendo foco a tomada de decisão. Sua utilização está relacionada com a avaliação de linhas de ação alternativas e o encontro de soluções aos objetivos organizacionais. Por meio de uma base quantitativa, a pesquisa operacional introduz elementos de objetividade e racionalidade nos processos de tomada de decisão, sem desconsiderar, contudo, os elementos subjetivos e de enquadramentos organizacionais que caracterizam os problemas.

Estando a pesquisa operacional intimamente relacionada com a tomada de decisão, é preciso levar em consideração as características do processo de tomada de decisão. Segundo Andrade (2009), o processo de tomada de decisão é sequencial, ou seja, é consequência de uma série de

fatores anteriores que criaram as bases para se chegar à tomada de decisão. Trata-se de um processo complexo, em que quase sempre a informação relativa ao problema é insuficiente, o que implica no uso de valores subjetivos, isto é, há um grande número de fatores intuitivos provenientes da experiência pessoal e de personalidade do tomador de decisão envolvidos nesse processo de tomada de decisão, impactando na sua qualidade. Há ainda que ressaltar que o processo de decisão é desenvolvido dentro de um ambiente institucional com regras, cuja estrutura organizacional influencia e até condiciona o processo de tomada de decisão.

O próprio nome ‘Pesquisa Operacional’ indica a sua aplicação a problemas envolvendo como conduzir e coordenar as operações em uma organização, de forma a impactar na melhoria da eficiência organizacional (HILLIER, LIEBERMAN, 2010). Um estudo de Pesquisa Operacional tem as seguintes fases:

1. Definição do problema de interesse e coleta dos dados;
2. Formulação de um modelo matemático para representar o problema;
3. Desenvolvimento de um procedimento computacional a fim de derivar soluções para o problema a partir do modelo;
4. Teste e aprimoramento do modelo;
5. Preparação para a aplicação contínua do modelo, conforme prescrito pela gerência;
6. Implementação.

Verifica-se que o estudo de pesquisa operacional depende da definição de um problema e da elaboração de um modelo matemático representativo desse problema. Existem vários métodos para a elaboração da modelagem matemática, mas neste artigo será destacado apenas os métodos da programação linear. Para tanto, é preciso descrever sua definição. A programação linear compõe-se de métodos determinísticos diretos otimizantes e é aplicável a problemas restritos de otimização linear. O caráter determinístico de um método de otimização direto pressupõe que o modelo do problema não seja influenciado por fatores probabilísticos (PINTO, 2008). Ainda cabe ressaltar que os métodos diretos são procedimentos que buscam o único ponto ótimo para um conjunto de pontos delimitados para funções lineares.

Em um método de otimização direto, é preciso definir: as variáveis de decisão; a função objetivo; as restrições compostas por equações ou inequações. Segundo Pinto (2008), as variáveis de decisão podem ser contínuas, inteiras ou do tipo zero-um. A função objetivo pode ser de maximização do lucro, margem de contribuição ou volume de produção, e pode ser também de minimização dos custos, de consumo de recursos, de distância percorrida, dentre outros. Quanto às restrições, tem-se como exemplos a capacidade produtiva da empresa e o mercado consumidor, que pode estabelecer limites de vendas para diferentes produtos. Por isso que o conhecimento do sistema da empresa e sua análise são essenciais para a identificação do problema e das variáveis relevantes para sua modelagem matemática. Pinto (2008) ainda destaca que, como o processo de modelagem não dispõe de uma regra fixa, a compreensão deste processo passa essencialmente pela resolução de sucessivos problemas.

Ressalta-se que os métodos de programação linear resolvem problemas de alocação de recursos, de programação da produção, de composição do produto, de mix de produção e de transportes. Tendo o problema real modelado matematicamente, a solução pode vir por meio do Método Gráfico, do Método Simplex ou por meio de uma linguagem de modelagem matemática, destacando aqui o *General Algebraic Modeling System* (GAMS).

Segundo Hillier e Lieberman (2010), uma linguagem de modelagem matemática é um software que foi projetado especificadamente para formular, de forma eficiente, modelos matemáticos grandes, entre os quais os modelos de programação linear. O GAMS é uma linguagem de modelagem orientada para a construção de complexos modelos de programação matemática, cujo sistema GAMS simplifica o processamento dos dados e gera relatórios que permitem ao analista de pesquisa operacional avaliar os passos do processo de modelagem.

Segundo Pinto (2008), os modelos escritos na linguagem GAMS devem obedecer a oito blocos. Esses blocos são: índices; parâmetros; variáveis de decisão; variável dependente; equações; modelo; ordem para a solução; direção para a otimização; especificação do tipo de problema de programação linear em uso; mostra. Ainda, leva-se em consideração os comandos utilizados no GAMS, como mostrado na apostila de Silva e outros (2014).

Após a utilização de um método para encontrar uma solução ótima para o problema identificado, pode-se utilizar a análise de sensibilidade. Conforme Hillier e Lieberman (2010), a análise de sensibilidade consiste em investigar o efeito sobre a solução ótima encontrada, caso os parâmetros assumissem outros valores. Há parâmetros que não afetam a otimalidade da solução, outros, porém, levam a uma nova solução ótima. Estes últimos parâmetros são considerados parâmetros sensíveis, em que sua alteração também altera a solução ótima.

3. Metodologia

Inicialmente, fez-se uma pesquisa bibliográfica, abrangendo os grandes temas: Pesquisa Operacional, Programação Linear, Linguagem GAMS. Para tal, utilizou-se livros da bibliografia básica e complementar da ementa da disciplina Pesquisa Operacional em Administração, do curso de Administração, da Faculdade de Gestão e Negócios, da Universidade Federal de Uberlândia. Também, fez-se pesquisas em sites de buscas com os seguintes termos: exemplos de programação linear de mix de produção; exemplo de modelagem no GAMS; Pesquisa Operacional. A pesquisa bibliográfica foi utilizada como um apoio teórico para a consecução do trabalho.

Após a pesquisa bibliográfica, escolheu-se uma empresa para a realização de um estudo de caso, que, segundo Gil (2002), pode ser entendido como um estudo aprofundado de um ou poucos objetos, proporcionando uma visão geral do problema e os fatores que o influenciam ou por ele são influenciados. A escolha da empresa se deu por conveniência. O instrumento de coleta de dados foi uma entrevista semiestruturada com a empresária, a fim de identificar problemas no seu sistema de produção. O autor também utilizou a observação participante para a coleta de dados, estendendo-se ao longo de um dia de trabalho.

Com a identificação do problema gerencial, este foi escrito em uma modelagem matemática característica da programação linear, contendo: variáveis de decisão; função objetivo; restrições. Na sequência, seguindo a abordagem de Silva e outros (2014), transcreveu o modelo matemático na linguagem GAMS, reproduzindo-o no software GAMS para a obtenção da solução ótima. Para a análise de sensibilidade, a modelagem matemática foi alterada duas vezes e seguiu as etapas posteriores elencadas neste parágrafo.

4. Análise dos resultados

4.1 Apresentação da empresa

A empresa “Encanto de Brigadeiro” é especializada em brigadeiros. Localizada na área central da cidade de Uberlândia/MG e com atuação formal desde janeiro de 2014, a empresa é definida pela própria responsável como sendo de pequeno porte, contando com apenas 2 empregadas. Sua produção é de 5 tipos de brigadeiros, classificados em: clássicos, regionais, premium, teen, etílicos. Na versão mais conhecida do produto, o doce genuinamente brasileiro é feito com leite condensado, chocolate e manteiga. Além disso, a empresa comercializa seus produtos em caixas de 4, 6, 12 e 20 brigadeiros, dependendo da escolha do cliente. A empresa ainda não faz entrega, mas, apesar disso, o número de consumidores foi estável ao longo do ano, exceto no mês da Páscoa, em que o consumo de chocolate aumenta e, com isso, a empresa vende mais. A empresária da “Encantos de Brigadeiro” informou um objetivo de aumentar a margem de contribuição diária, por meio da venda de seus brigadeiros. Fez-se necessário, assim, o conhecimento do seu sistema de produção, por meio de entrevista e observação participante ao longo de um dia comercial da empresa.

A empresa trabalha com lotes de produção, visto que se tornaria muito dispendioso e não-compensatório a produção de uma receita que rendesse apenas uma unidade de brigadeiro. Por causa disso, a empresa produz, para cada receita feita, 30 brigadeiros, independentemente do tipo de brigadeiro. A empresária decidiu trabalhar com esse número de produtos finais para cada receita, a fim de evitar grandes perdas pela não-venda destes, mesmo a produção estando condicionada à demanda. É útil ressaltar que a empresa trabalha com a produção sob encomenda, ou seja, os clientes fazem o pedido e informam a data que buscarão a encomenda. Esse pedido é quanto ao tipo de brigadeiro e a caixa desejada.

Para a construção e modelagem matemática do problema de programação linear desta empresa, fez-se necessário as seguintes informações: margem de contribuição por lote vendido de cada um dos cinco tipos de brigadeiros; a produção máxima de lotes de cada um dos cinco tipos de brigadeiros; a demanda máxima diária por lote de brigadeiro. Como essas informações são da própria empresa, era necessário que estas tivessem registradas, formando um banco de dados. Mas algumas das informações não estavam registradas, dificultando a coleta de dados.

Cada um dos cinco tipos de brigadeiros tem diferentes matérias-primas, sendo que alguns não chegam a levar chocolate em sua composição, como é o caso do brigadeiro premium. Por conta disso, os custos variáveis são diferentes entre os brigadeiros, mas todos são vendidos a R\$2,00/unidade. Essas informações levam a considerar que as margens de contribuição dos tipos de brigadeiros também se diferenciam entre si.

Levando em consideração os três principais ingredientes utilizados na receita e os rendimentos totais, construiu-se a Tabela 1.

TABELA 1 – Custo variável unitário e por lote das matérias-primas dos brigadeiros

Tipo de brigadeiro	Custo unitário (em R\$)	Lote de 30 (em R\$)
Clássico	0,60	18
Regional	0,80	24
Premium	1,20	36
Teen	1,00	30
Etílico	1,10	33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para padronização dos custos variáveis unitários, considerou-se que, em média, cada um dos três principais ingredientes era comprado para o rendimento proporcional de 120 unidades, ou 4 lotes de produção. Dessa forma, dividiu-se o preço de compra (custo para a empresa) pelas 120 unidades. Para o cálculo do custo variável por lote, multiplicou-se o custo variável unitário por 30. Com o valor do custo variável conhecido, encontrou-se a Margem de Contribuição por lote, como mostra a Tabela 2.

TABELA 2 – Margem de Contribuição por lote, segundo o tipo de brigadeiro

	Clássico	Regional	Premium	Teen	Etílico
Receita (em R\$)	60	60	60	60	60
(-) Custos variáveis (em R\$)	18	24	36	30	33
(=) Margem de Contribuição (em R\$)	42	36	24	30	27

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à produção máxima de lotes, adotou-se como pressuposto que o brigadeiro Clássico seria usado como referencial de horas demandadas na produção dos outros tipos de brigadeiros, já que ele possui o menor tempo de preparo, que é de 30 minutos. Ou seja, se a empresa produzisse apenas o tipo Clássico, seria produzido 12 lotes deste em um dia de trabalho. Considerou como tempo de preparo desde a mistura dos ingredientes até a massa estar pronta para dar forma aos brigadeiros. A empresa possui 2 empregadas, mas apenas 1 delas é responsável pela produção. Esta empregada trabalha 7 horas/dia. Outro pressuposto adotado é que a empregada gasta 1 hora/dia na finalização do produto, isto é, enrolar o brigadeiro e colocá-lo na caixa, conforme o pedido do cliente. Assim, ela gasta 6 horas/dia na produção de brigadeiros.

Já as informações referentes à demanda (consumo do mercado), a empresária tem registrado as vendas de cada um dos tipos de brigadeiros. É um registro mensal. Nos dois últimos meses ela tem registrado as vendas diárias, como forma de aumentar sua eficiência, por meio da redução de seus estoques. Ao ter acesso a esses registros, verificou-se uma demanda diária relativamente estável, ao analisar separadamente os tipos de brigadeiros. Assim, adotou-se como pressuposto que a demanda diária é estável. Para adaptar essa demanda, calculou-se a média diária do consumo dos brigadeiros, dividindo a venda total de cada um do tipo de brigadeiro pelo número total de dias de venda, ao longo de um mês.

Para a elaboração da modelagem matemática, não considerou a disponibilidade de matérias-primas em um dia de produção. Isso porque a compra de matérias-primas é feita quinzenal ou mensalmente, cobrindo todo esse período, para evitar custos de falta, como disse a empresária entrevistada. Dessa forma, adotou-se mais um pressuposto: as matérias-primas não possuem restrição de disponibilidade. A seguir, o problema da empresa “Encanto de Brigadeiro” será apresentado de maneira didática, baseando-se nos exercícios apresentados por Pinto (2008), a fim de facilitar a compreensão da modelagem matemática.

4.2 Descrição do problema e modelagem matemática

A empresa “Encanto de Brigadeiro” produz 5 tipos de brigadeiros: clássico, regional, premium, teen, etílico. Cada receita feita rende 1 lote de 30 brigadeiros, independentemente do tipo de brigadeiro. Se produzisse apenas brigadeiros clássicos, a produção seria de 12 lotes de

brigadeiros. Os brigadeiros regionais e tens demoram, cada um, 20% a mais que os clássicos para serem produzidos. Já os brigadeiros etílicos, 70% a mais, enquanto que os brigadeiros premium demoram 100% a mais que os clássicos.

Os brigadeiros clássicos têm um mercado consumidor diário de até 4 lotes de brigadeiros, com margem de contribuição por lote de R\$42,00. Os regionais têm um mercado consumidor diário de até 2 lotes de brigadeiros, com margem de contribuição de R\$36,00 cada. A empresa consegue vender diariamente 2 lotes de brigadeiros premium, mas não vende mais do que 5 lotes de brigadeiro premium, 2 lotes de brigadeiro teen e 1 lote de brigadeiro etílico por dia, cuja margem de contribuição por lote é, respectivamente, R\$24,00, R\$30,00, R\$27,00. De quanto deve ser a produção de lotes de cada tipo de brigadeiro comercializado pela empresa, a fim de maximizar a margem de contribuição total diária?

Trata-se de um problema de programação linear de composição de mix de produção, pois questiona qual é a quantidade de cada produto a ser produzido, ou comercializado, ao longo de um período. Abaixo, apresenta-se a modelagem matemática, e, no Quadro 1, a linguagem utilizada no software GAMS para a obtenção da solução ótima.

Variáveis de decisão

x_i – quantidade diária de lotes a produzir do brigadeiro i

$i = 1$ = Clássico

2 = Regional

3 = Premium

4 = Teen

5 = Etílico

Função-objetivo

$$42x_1 + 36x_2 + 24x_3 + 30x_4 + 27x_5 = Z \rightarrow \text{MÁX!}$$

Sujeito às restrições

$$x_1 + 1,2x_2 + 2x_3 + 1,2x_4 + 1,7x_5 \leq 12 \text{ (produção)}$$

$$x_1 \leq 4 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro clássico)}$$

$$x_2 \leq 2 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro regional)}$$

$$x_3 \geq 2 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro premium)}$$

$$x_3 \leq 5 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro premium)}$$

$$x_4 \leq 2 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro teen)}$$

$$x_5 \leq 1 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro etílico)}$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

$$x_3 \geq 0$$

$$x_4 \geq 0$$

$$x_5 \geq 0$$

QUADRO 1 – Problema da empresa analisada aplicado na linguagem GAMS

SET

i indexador da variavel de decisao 'X' /1, 2, 3, 4, 5/;

PARAMETERS

mgct1 margem de contribuicao de um lote do brigadeiro tipo 1

mgct2 margem de contribuicao de um lote do brigadeiro tipo 2

mgct3 margem de contribuicao de um lote do brigadeiro tipo 3

mgct4 margem de contribuicao de um lote do brigadeiro tipo 4

mgct5 margem de contribuicao de um lote do brigadeiro tipo 5;

mgct1=42;

mgct2=36;

mgct3=24;

mgct4=30;

mgct5=27;

PARAMETERS

moh1 tempo de mao de obra para a producao de um lote do brigadeiro tipo 1

moh2 tempo de mao de obra para a producao de um lote do brigadeiro tipo 2

moh3 tempo de mao de obra para a producao de um lote de brigadeiro tipo 3

moh4 tempo de mao de obra para a producao de um lote de brigadeiro tipo 4

moh5 tempo de mao de obra para a producao de um lote de brigadeiro tipo 5;

moh1=1;

moh2=6/5;

moh3=2;

moh4=6/5;

moh5=17/10;

PARAMETERS

prtot produção máxima de lotes se fosse feito apenas brigadeiro tipo 1;

prtot=12;

PARAMETERS

dem1 demanda diaria maxima de lotes de brigadeiro do tipo 1

dem2 demanda diaria maxima de lotes de brigadeiro do tipo 2

demin3 demanda diaaria minima de lotes de brigadeiro do tipo 3

dem3 demanda diaria maxima de lotes de brigadeiro do tipo 3

```

dem4 demanda diaria maxima de lotes de brigadeiro do tipo 4
dem5 demanda diaria maxima de lotes de brigadeiro do tipo 5;
dem1=4;
dem2=2;
demin3=2;
dem3=5;
dem4=2;
dem5=1;
INTEGER VARIABLES
X quantidade de lotes a produzir do brigadeiro tipo i;
VARIABLE
Z margem de contibuicao diaria total;
EQUATION
FO Funcao objetivo de maximizacao da margem de contribuicao diaria
R1 restricao da demanda do brigadeiro tipo '1'
R2 restricao da demanda do brigadeiro tipo '2'
R3 restricao da demanda do brigadeiro tipo '3'
R4 restricao da demanda do brigadeiro tipo '4'
R5 restricao da demanda do brigadeiro tipo '5'
Rm3 restricao da demanda minima do brigadeiro tipo '3'
R6 restricao de horas trabalhadas;
FO .. mgct1*X("1")+mgct2*X("2")+mgct3*X("3")+mgct4*X("4")+mgct5*X("5")=E=Z;
R1 .. X("1")=L=dem1;
R2 .. X("2")=L=dem2;
R3 .. X("3")=L=dem3;
R4 .. X("4")=L=dem4;
R5 .. X("5")=L=dem5;
Rm3 .. X("3")=G=demin3;
R6 .. moh1*X("1")+moh2*X("2")+moh3*X("3")+moh4*X("4")+moh5*X("5")=L=prtot;

MODEL brigadeiro /ALL/;
SOLVE brigadeiro using mip maximizing Z;
display Z.L;
DISPLAY x.L;

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Uma solução ótima ao problema da empresa estudada

Após a transcrição da modelagem matemática na linguagem GAMS, o software GAMS oferece uma solução ótima para o problema da empresa analisada, ou seja, o mix de produção que trará a maior margem de contribuição diária à “Encanto de Brigadeiro”. Como resultado, tem-se que:

- A margem de contribuição diária máxima será de R\$318,00;
- A produção de brigadeiros clássicos será de 4 lotes;
- A produção de brigadeiros regionais será de 2 lotes;
- A produção de brigadeiros premium será de 2 lotes;
- A produção de brigadeiros teen será de 1 lote;
- Não haverá produção de brigadeiros étlicos.

Em análise desses resultados, verifica que a produção total de 9 lotes, encontrada pelo software utilizado, está abaixo da produção máxima diária, que é de 12 lotes. Dessa forma, a produção ótima estaria em conformidade com a restrição de produção. A produção ótima também está em conformidade com a demanda diária máxima que cada tipo de brigadeiro tem. Entretanto, supondo que, se em um dia, as demandas de todos os tipos de brigadeiros chegassem ao máximo, a empresa não conseguiria atendê-las. Isso porque, para as atuais condições da empresa, a capacidade produtiva é limitada.

É necessário pensar que, se as atuais condições da empresa fossem alteradas, essas alterações poderiam impactar na composição do mix de produção que oferece a maior margem de contribuição diária. Por conta disso, será apresentado, na sequência, duas simulações de alteração nas atuais condições da empresa, a fim de se fazer a análise da sensibilidade dessas alterações.

4.4 Primeira simulação de alteração nos parâmetros da “Encanto de Brigadeiro”

Como já foi apresentado, a empresa conta com 2 empregadas, sendo que 1 delas é responsável pela produção dos brigadeiros. Ela trabalha 7 horas/dia, distribuídas da seguinte forma: 6 horas/dia para a produção de brigadeiros e 1 hora/dia na finalização do pedido, que inclui dar a forma arredondada à massa e colocar na caixa, conforme o pedido do cliente.

A alteração proposta é: aumentar a jornada de trabalho para 8 horas diárias, não alterando o tempo total para finalização do pedido. Assim, ter-se-ia 7 horas/dia para a produção, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 17% no tempo de produção. Os demais dados permanecem sem alteração. Com isto, a produção máxima de brigadeiro Clássico passaria para 14 lotes, alterando a função da primeira restrição da modelagem matemática apresentada na seção 4.2. Seguindo a proposta inicial, também se utilizou o software GAMS para solucionar esta simulação, cujos resultados apontam para uma nova solução ótima ao problema da empresa, apresentada a seguir:

- A margem de contribuição diária máxima será de R\$348,00;

- A produção de brigadeiros clássicos será de 4 lotes;
- A produção de brigadeiros regionais será de 2 lotes;
- A produção de brigadeiros premium será de 2 lotes;
- A produção de brigadeiros teen será de 2 lotes;
- Não haverá produção de brigadeiros étlicos.

Comparando os resultados da primeira simulação com os resultados do problema real da empresa “Encanto de Brigadeiro”, verifica-se que a produção total aumentou em 1 lote, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 11%. Isso leva a um aumento de R\$30,00 na margem de contribuição diária máxima, um aumento de aproximadamente 9,5%. A alteração foi no lote de brigadeiro teen, enquanto que a produção dos demais lotes permaneceram a mesma, inclusive a do brigadeiro étlico, que continuou a não fazer parte do mix de produção que maximiza a margem de contribuição diária.

4.5 Segunda simulação de alteração nos parâmetros da “Encanto de Brigadeiro”

Como a empresa sempre vende, diariamente, 2 lotes de brigadeiro do tipo premium, já que estes são os diferenciais da empresa frente às outras concorrentes diretas, propôs-se a elaboração de uma receita que rendesse 2 lotes desse brigadeiro. Isto porque, independentemente do rendimento da receita, o tempo de preparo permanece constante. Dessa forma, ao invés de demorar 2 horas no preparo de duas receitas que rendem produtos de venda diária fixa, com a mudança na receita, a empresa demandaria apenas 1 hora.

Nesta segunda simulação, além das alterações feitas na primeira simulação, acrescenta-se que, das 7 horas diárias de produção, 1 hora já está reservada para a demanda fixa de brigadeiro do tipo premium. Cabe compor, assim, dentro das 6 horas restantes de produção, um mix de produção que maximize a margem de contribuição diária, lembrando que, se a empresa produzisse apenas brigadeiro do tipo clássico, a produção máxima diária voltaria a ser de 12 lotes. Excetuando as horas disponíveis de produção, os demais dados permanecem sem alteração.

Levando em consideração esses parâmetros alterados, o software GAMS calculou uma nova solução ótima para o problema da empresa. Nesta segunda simulação, a produção nas 6 horas disponíveis teria como resultado:

- Uma margem de contribuição de R\$327,00;
- Uma produção de brigadeiros clássicos de 4 lotes;
- Uma produção de brigadeiros regionais de 2 lotes;
- Não haveria produção a mais que a produção fixa de brigadeiros premium;
- Uma produção de brigadeiros teen de 2 lotes;
- Uma produção de brigadeiros étlicos de 1 lote.

Assim, levando em conta a produção e venda diária fixa dos 2 lotes de brigadeiros premium, acrescenta-se à margem de contribuição diária um valor de R\$48,00, correspondente ao somatório das margens de contribuição de cada um dos lotes do respectivo brigadeiro. Com isto, a margem de contribuição chegaria ao valor máximo diário de R\$375,00, nesta segunda simulação. Em uma análise comparativa, verifica-se que os resultados de ambas as simulações superaram o resultado do problema real da empresa, que é conhecer o mix de produção que fornece a máxima margem de contribuição diária. As alterações propostas na segunda simulação impactaram ainda mais a margem de contribuição diária máxima.

5. Considerações finais

As decisões organizacionais advêm do conhecimento que o tomador de decisão tem da empresa em que atua. Um problema organizacional, ao ser identificado, precisa de conhecimentos suficientes para que decisões possam ser tomadas. Entretanto, o tomador de decisão não pode se basear apenas na sua experiência, carregada de aspectos subjetivos. Para complementar o conhecimento já existente, o tomador de decisão lança mão de ferramentas gerenciais, como a pesquisa operacional. Dessa forma, por meio de uma base quantitativa, a pesquisa operacional inclui elementos objetivos e racionais nos processos de tomada de decisão.

Com o foco nas operações da empresa, por meio da pesquisa operacional, elabora-se um modelo matemático representativo do problema identificado. Ao utilizar o método da programação linear para a modelagem matemática desse problema, três definições são necessárias: a função objetivo; as variáveis de decisão; as restrições. No estudo de caso realizado, o objetivo da empresa era maximizar a margem de contribuição diária. Para isto, a empresária teria de decidir o quanto produzir de cada tipo de brigadeiro comercializado, ou seja, qual o mix de produção diário que atingiria tal objetivo. Entretanto, era preciso levar em consideração as condições atuais da empresa que restringem sua produção. Como o período de tempo abrangido pelo objetivo era um dia, considerou como restrição sua capacidade produtiva, que levou em conta as horas trabalhadas, e a demanda de cada tipo de brigadeiro.

Utilizando o software GAMS para a resolução da modelagem matemática, teve-se uma solução ótima para o problema identificado na empresa analisada. Após isso, fez-se uma análise de sensibilidade, por meio de duas simulações de alteração dos parâmetros da situação real. Os parâmetros alterados foram das restrições da empresa, o que, por consequência, impactou positivamente no objetivo da empresa. Isso mostra que não há uma única solução ótima para o problema da empresa, mas sim uma solução ótima, dentro das suas atuais condições. A análise de sensibilidade também se mostra como uma ferramenta norteadora de outras decisões que a empresária pode vir a tomar, no intuito de aumentar a eficiência organizacional. E isto pode vir por meio da contratação de outros empregados, pelo aumento da jornada de trabalho, desde que respeite as leis trabalhistas, por quais produtos continuar a produzir, e quais deixar de produzir, dentre outras possibilidades.

O estudo de caso realizado em uma pequena empresa teve o intuito de evidenciar a aplicabilidade da pesquisa operacional em empresas desse porte, que carecem de objetividade e racionalidade nas suas decisões. O caso real da empresa de brigadeiro pode auxiliar outras pesquisas, bem como os empresários, na identificação e descrição do problema, na coleta de dados, na modelagem matemática e na sua transcrição na linguagem GAMS, essenciais para se ter uma solução ótima. A pesquisa feita ainda reforça a importância das informações empresariais, como custo e venda, na identificação do problema e na tomada de decisão.

6. Referências bibliográficas

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 202 p.

FOGLIATTO, F. **Pesquisa Operacional**. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/382_po_apostila_completa_mais_livro.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2014

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010. 852 p.

PINTO, K. C. R. **Aprendendo a decidir com a pesquisa operacional**. 2. ed. Uberlândia: EDUFU, 2008. 160 p.

SILVA, A. F. et al. **Pesquisa Operacional: desenvolvimento e otimização de modelos matemáticos por meio da linguagem GAMS**. Disponível em: <<http://www.feg.unesp.br/~fmarins/GAMS/apostilagams.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2014

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA OPERACIONAL (SOBRAPO). **Pesquisa Operacional: o que é?** Disponível em: <http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php>. Acesso em: 30 nov. 2014