

APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLEX PARA A DETERMINAÇÃO DO LOTE DE ENTREGAS DE UMA EMPRESA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

BRUNA BORGONHONI ANDRADE

TAMIRES SOARES FERREIRA

Resumo

A progressiva competitividade de mercado demanda a procura incessante por vantagens por parte das empresas, por isso a utilização de ferramentas torna-se crucial no âmbito da tomada de decisão. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo aplicar um modelo matemático, através da pesquisa operacional, a fim de maximizar os lucros de uma pequena empresa de vendas de produtos alimentícios, otimizando a distribuição da barquete, principal produto, para os clientes da região analisada. O modelo matemático, desenvolvido no software Excel, apresentou resultado satisfatório, uma vez que foi possível solucionar o problema de gestão de demanda proposto inicialmente, gerando o melhor resultado para organização.

Palavras-chave: *Pesquisa Operacional; Programação Linear; Software Excel.*

1. Introdução

Atualmente as empresas vem aprimorando o conhecimento e implantando novos mecanismos dentro de suas áreas de atuação, buscando a sobrevivência em um mercado onde a concorrência é cada vez mais acirrada, e a tomada de decisões da empresa terá que se basear no equilíbrio de sua gestão.

O processo de tomada de decisão, não é uma tarefa fácil e exige fundamentos assertivos, como o histórico econômico da empresa, as necessidades de mudança, o capital para investimentos em melhorias, etc.

“Desde o advento da Revolução Industrial, o mundo presencia um crescimento extraordinário no tamanho e na complexidade das organizações. Entretanto, juntamente com seus pontos positivos, criou problemas novos, um deles é a tendência de as diversas unidades de uma organização crescerem em ilhas relativamente autônomas com seus próprios objetivos e sistemas de valor. Tornando-se cada vez mais difícil alocar os recursos disponíveis para as diversas atividades da maneira mais eficiente para a organização como um todo. Esses tipos de problema e a necessidade de encontrar o melhor caminho para solucioná-los criaram condições necessárias para o surgimento da pesquisa operacional.” (HILLER; LIEBERMAN, 2006).

De acordo com Teixeira *et. al.* (2011), a necessidade das organizações em obter parâmetros de decisão confiáveis e objetivos para determinar a alocação ótima de recursos torna os modelos matemáticos cada vez mais importantes e aplicáveis, por fornecer aos gestores as informações necessárias para a tomada de decisão. E segundo Silva *et. al.* (1998) a Pesquisa Operacional é reconhecida como um método científico de tomada de decisões.

Contudo as empresas de pequeno porte atualmente têm necessidades em buscar recursos para aumentarem a sua diversidade de produtos ou clientes. Portanto, este trabalho tem como objetivo criar um modelo matemático aplicável na gestão de demanda, através da maximização dos lucros, apresentando um resultado objetivo oriundo da Programação Linear Inteira, desenvolvido pelo Método Simplex.

2. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica apresenta a definição de Pesquisa Operacional, Programação Linear e Método Simplex utilizados como base do estudo.

2.1 Pesquisa Operacional

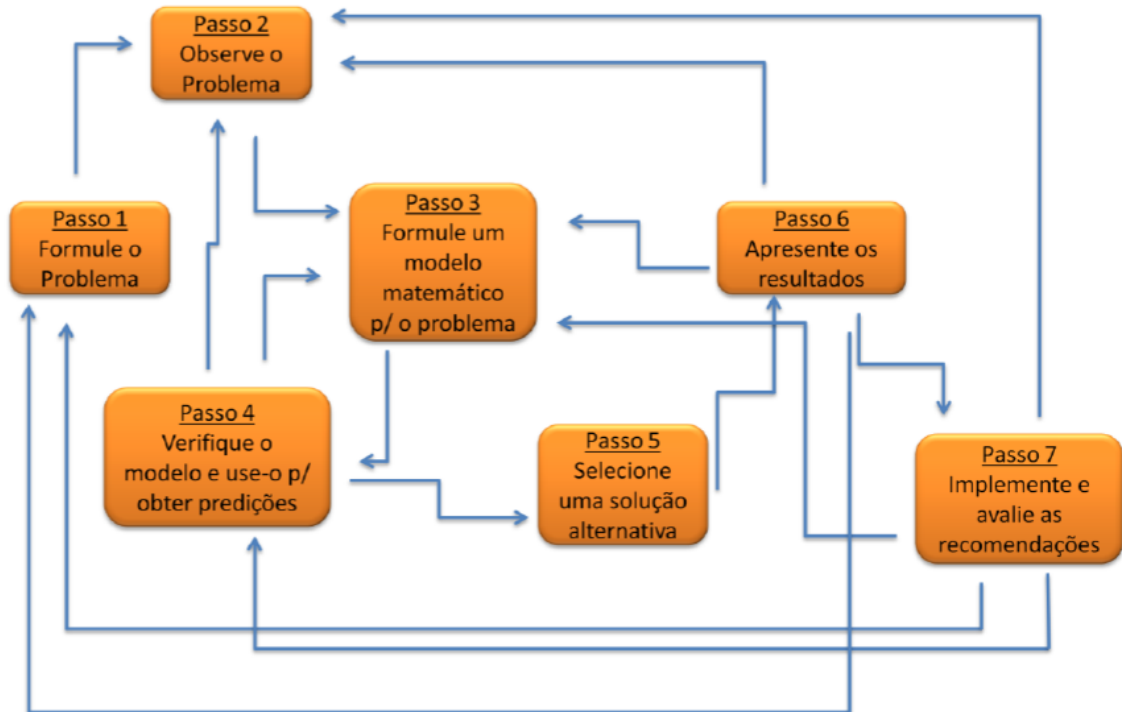
Os primórdios da Pesquisa Operacional (PO) aconteceram na Segunda Guerra Mundial feitos através das atividades militares em razão de necessidades iminentes de alocar de forma eficiente os escassos recursos para inúmeras operações militares. Com o término da guerra o sucesso da PO no empreendimento bélico despertou interesse na sua aplicação fora do ambiente militar, com o desenvolvimento de técnicas específicas, tais como o método Simplex para a Programação Linear e o grande progresso alcançado no desenvolvimento dos computadores eletrônicos (HILLER e LIEBERMAN, 2006; MARINS, 2011).

Marins (2011) define Pesquisa Operacional como um método científico que utiliza de elementos quantitativos para tomar decisões nas operações sob seu controle, ou seja, é a modelagem e tomada de decisão em sistemas com necessidade de alocação de recursos escassos.

Para Arenales *et. al.* (2007), “Pesquisa Operacional é a aplicação de métodos científicos a problemas complexos para auxiliar no processo das tomadas de decisão, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos”.

A solução de problemas através da Pesquisa Operacional pode ser implementada através de um procedimento em sete etapas, conforme apresentado na Figura 1 (WINSTON, 1994):

Figura 1 - Etapas para a solução de problemas através da Pesquisa Operacional



Fonte: Winston (1994) adaptado.

O modelo procura estruturar e solucionar matematicamente modelos quantitativos reunindo várias técnicas e algoritmos, devido a sua grande aplicabilidade para os problemas de otimização e classificando-se quanto a suas técnicas para resolução dos modelos matemáticos: problemas lineares onde as variáveis são contínuas e apresentam comportamento linear, problemas não-lineares que apresentem qualquer tipo de não-linearidade (BALDO, 2008). Neste trabalho será adotado a programação linear para o desenvolvimento do modelo.

2.2 Programação Linear

A Programação Linear é amplamente utilizada na resolução de problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares.

“Os problemas de Programação Linear referem-se à distribuição eficiente de recursos limitados entre atividades competitivas, com a finalidade de atender a um determinado objetivo, por exemplo, maximização de lucros ou minimização de custos. Em se tratando de programação linear, esse objetivo será expresso por uma função linear, à qual se dá o nome de função objetiva. A solução desta função dá-se o nome de solução ótima. Uma vez obtido o modelo linear, constituído pela função objetiva (linear) e pelas restrições lineares, a programação linear se incumbe de achar a sua solução ótima”. (PUCCINI, 1980)

De acordo com Ravindran (1987), a construção de um modelo de programação linear segue três passos básicos:

- Identificar as variáveis desconhecidas a serem determinadas, chamadas de variáveis de decisão, e representá-las através de símbolos algébricos (por exemplo, x e y ou x1 e x2);
- Listar todas as restrições do problema e expressá-las como equações (=) ou inequações (\leq , \geq) lineares em termos das variáveis de decisão definidas no passo anterior;
- Identificar o objetivo ou critério de otimização do problema, representando-o como uma função linear das variáveis de decisão. O objetivo pode ser do tipo maximizar ou minimizar.

Para Garcia *et al.* (1997), matematicamente, pode-se formular o modelo de um problema de otimização de acordo com o seguinte esquema:

$$\text{Maximizar ou Minimizar } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \quad (1)$$

Sujeito a

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n < b_1 \quad (2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n < b_2 \dots a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n < b_m \quad (2)$$

Onde:

- Z = função a ser maximizada ou minimizada (geralmente ganho ou custo), respeitando o conjunto de elementos do problema ou restrições;
- x_i = variáveis decisórias que representam as quantidades ou recursos que se quer determinar para otimizar o resultado global;
- C_i = coeficientes de ganho ou custo que cada variável é capaz de gerar;
- b_j = quantidade disponível de cada recurso;
- a_{ij} = quantidade de recurso que cada variável decisória consome.

$x_i \geq 0$ e $b_j \geq 0$, para $i=1,2,\dots,n$ e $j=1,2,\dots,m$

(1) é a função matemática que codifica o objetivo do problema e é denominada função objetivo.

(2) são as funções matemáticas que codificam as principais restrições identificadas.

Atualmente, existem vários *softwares* que resolvem problemas de programação linear tais como: *Linear Interactive and Discrete Optimizer* (LINDO); *Language for Interactive General Optimizer* (LINGO); What's Best; XPRESS; MINOS; *Optimization Subroutine Library* (OLS); *General Algebraic Modeling System* (GAMS); entre outros. O *software* Excel possui um suplemento que também resolve problemas de programação linear, conhecido como

Solver. Esse suplemento é bastante utilizado em problemas de otimização linear e utiliza o algoritmo Simplex para a busca da solução ótima de uma função linear (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

2.3 Método Simplex

Criado após a Segunda Guerra Mundial por George Bernard Dantzig, o Método Simplex tem como objetivo gerar a solução ótima de problemas de programação linear (BARROS, 2012).

O método Simplex é apenas utilizado após as variáveis de decisão, as restrições e a função objetivo já serem conhecidas. Ele utiliza um algoritmo iterativo a fim de evidenciar a solução que satisfaça as restrições e traga o melhor valor à função objetivo, tornando a solução encontrada por ele a solução ótima do problema (PASSOS, 2008).

Goldberg e Luna (2000) explicam que o algoritmo simplex soluciona problemas de equações lineares através de uma sequência de passos, otimizando uma função objetivo.

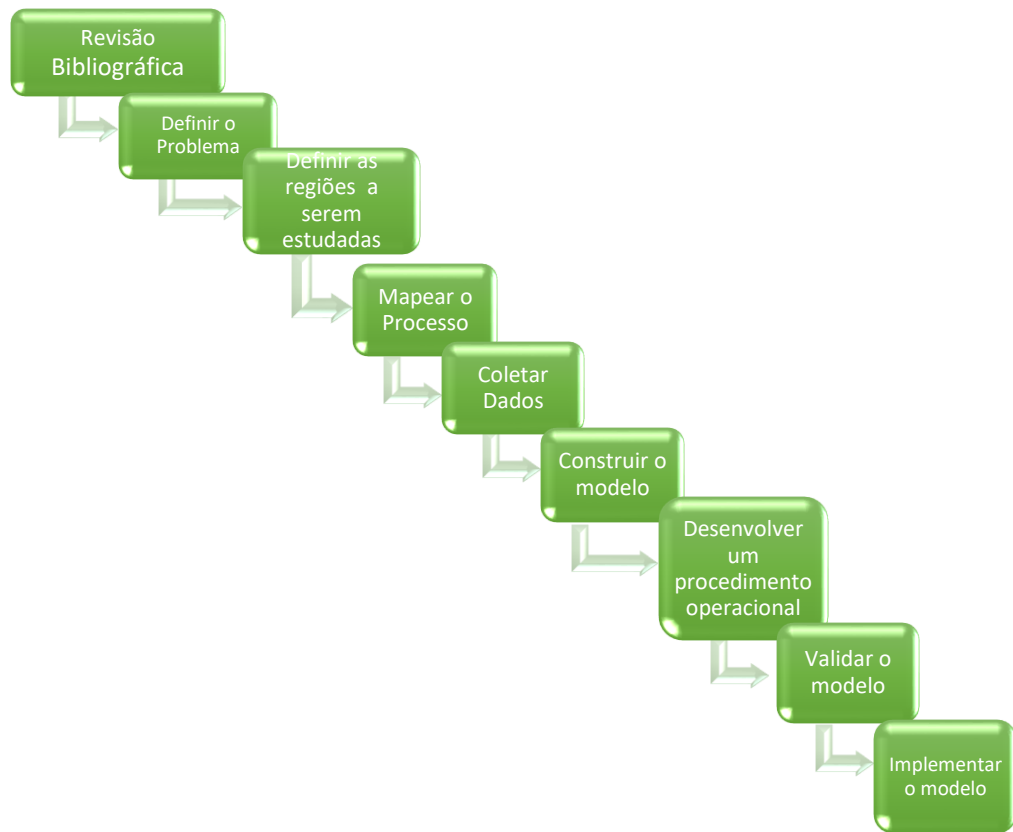
3. Metodologia

Este estudo é considerado de natureza aplicada, pois busca desenvolver um modelo de decisão a ser implementado na prática, ou seja, um sistema real. Quanto aos objetivos, estes podem ser caracterizados como exploratórios e normativos, uma vez que o intuito é explorar as variáveis que definem o planejamento de vendas, além de buscar padronizar a forma como este planejamento deve ser atendido. A abordagem é quantitativa, pois se aplica análises matemáticas.

O método utilizado é a modelagem, tratando-se de uma pesquisa operacional que definirá um modelo para a situação em questão. A unidade de estudo é uma empresa do ramo de vendas de produtos alimentícios situada em Maringá-PR, que está buscando a sua expansão para os estados de Minas Gerais, Goiás e Santa Catarina. Seu produto principal é a barquete, porém trabalha também com canapés, mini barquetes, suspiros, canudos e pipoca doce.

Para realizar o trabalho foram utilizados os passos mencionados no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma dos processos utilizados para o desenvolvimento do projeto



Fonte: Autor (2018)

Conforme a Figura 2, inicialmente foi realizada uma revisão de literatura para dar embasamento ao início da pesquisa. Em seguida, definiu-se o problema que será otimizado pelo método simplex. Após, através da porcentagem de trocas em relação ao faturamento definiu a região que será estudada.

O mapeamento de processos foi desenvolvido a fim de entender o sistema de vendas, buscando identificar as variáveis de decisão e de restrição do problema.

Os dados que serão processados pelo modelo proposto serão informações históricas econômicas coletadas pelo empresário, tais como, a quantidade vendida e as trocas de cada cliente, o custo do produto e o seu custo de movimentação.

Analisou-se os dados relativos à quantidade de recursos e foram observados alguns fatores específicos, como a capacidade da van, a divisão da região que será estudada e o número de cidades e clientes que são visitados, que serão utilizados como restrição do modelo proposto.

De posse de todas as informações citadas acima realizou-se a correlação dos dados e preparou-se no programa MS-Excel 2010 um modelo matemático de programação linear, através da ferramenta *Solver*, para a determinação da demanda, utilizando todos os recursos disponíveis, minimizando as trocas e por consequência elevando-se os lucros a serem obtidos.

4. Desenvolvimento

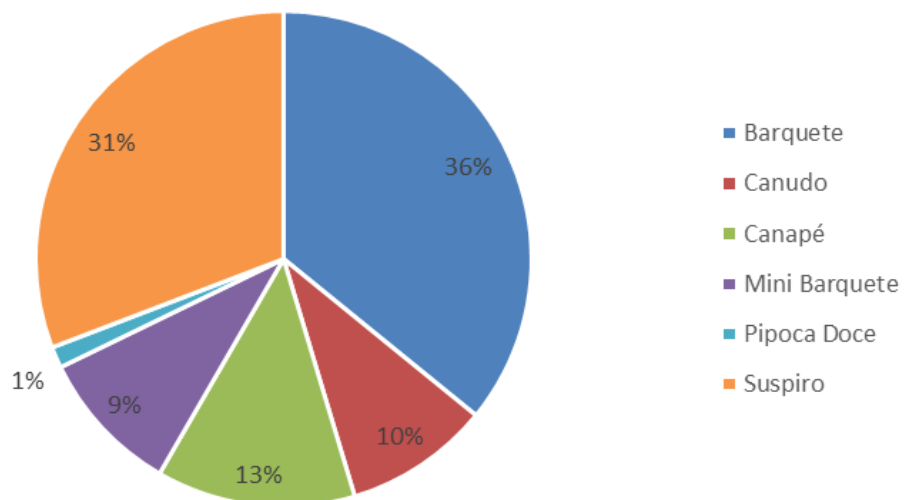
Nesta seção têm-se a caracterização do estudo de caso, no qual apresenta-se a descrição da problemática, assim como a aplicação da PO realçando a programação linear para a identificação de um método que auxilie a tomada de decisão do investidor eliminando assim a problemática inicial.

4.1 Descrições da Problemática

A empresa presente no estudo está atuando há 8 anos no estado do Paraná, começando sua expansão no segundo semestre de 2016 para os estados de Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina, contando com 4 vendedores distribuídos nessas regiões.

A venda da barquete é a principal fonte de renda da empresa responsável por 36% do faturamento da mesma, como evidenciado na Figura 3.

Figura 3 – Porcentagem de faturamento por produto.



Fonte: Autor (2018)

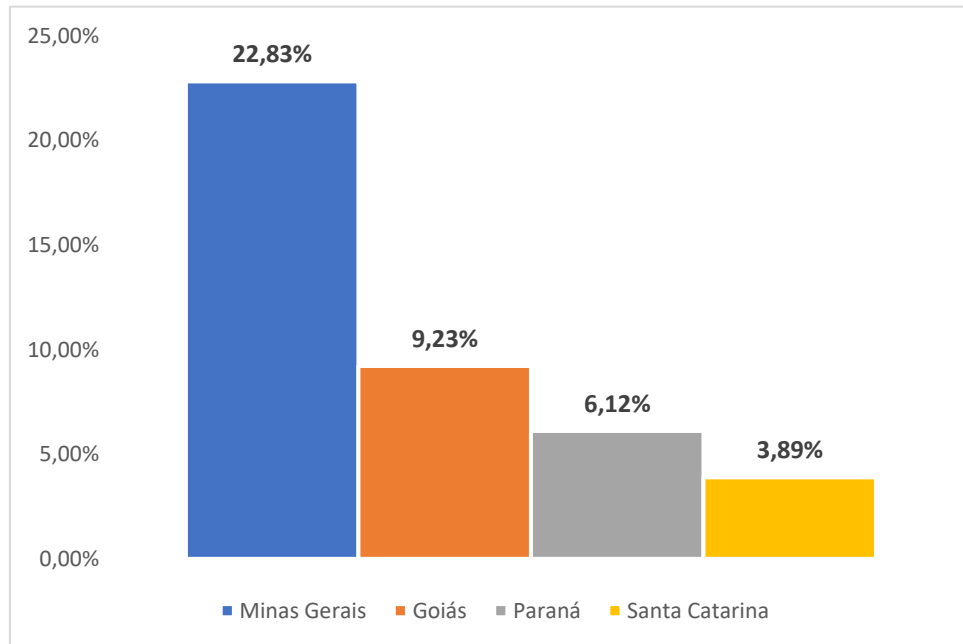
A venda destes produtos é feita através de consignação, e a entrega é realizada pelos próprios vendedores no ato da visita ao cliente, cada vendedor tem uma van furgão, pois os produtos são extremamente frágeis. As visitas são realizadas a cada 45 dias.

A quantidade de produtos distribuídos é feita de acordo com o pedido dos clientes, como resultado está ocorrendo numerosas trocas, e em outros casos a falta da barquete. Diante disso, para definir a região foi feito a percentagem de trocas da venda, que será apresentada na Figura 4.

4.2 Análise de dados e Modelagem

Para o desenvolvimento do modelo, escolheu-se uma determinada região como fonte de dados através da porcentagem de trocas da venda total. De acordo com a figura 4, a região que será aplicado o modelo será Minas Gerais, onde a troca nesta área é de aproximadamente 23% da venda.

Figura 4 – Porcentagem de trocas em relação a venda.



Fonte: Autor (2018)

Os dados utilizados neste estudo foram fornecidos pelo empresário e referem-se à última visita feita nos meses de julho e agosto de 2018.

Será elaborado um modelo matemático para resolução da programação para uma visita. O estado de Minas Gerais adotado para o modelo é fragmentado em duas regiões, serão descritas as cidades de cada zona no Quadro 1.

Quadro 1 – Cidades das Regiões 1 e 2

Região 1	Região 2
Belo Horizonte	Alfenas
Barbacena	Andradas
Cataguases	Arcos
Congonhas	Boa Esperança
Conselheiro Lafaiete	Bom Despacho
Juiz de Fora	Campestre
Leopoldina	Caxambu
Ouro Branco	Claudio
Ouro Preto	Divinópolis
São João Del Rey	Formiga
Santos Dumond	Guaranésia
Uba	Guaxupé
Viçosa	Itajubá
Visconde Rio Branco	Itauna
	Jacutinga
	Lagoa da Prata
	Lavras
	Machado
	Muzambinho
	Nova Serrana
	Ouro Fino
	Para de Minas
	Passos
	Perdões
	Poços Caldas
	Pouso Alegre
	São Lourenço
	São Sebastião do Paraíso
	Santa Rita Sapucaí
	Santo Antônio Monte
	Três Corações
	Três Pontas
	Varginha

Fonte: Autor (2018)

Para a previsão de demanda ter um resultado ótimo, utilizou-se como variáveis os clientes, por isso, no Quadro 2 será apresentado os clientes da Região 1 e Região 2.

Quadro 2 – Clientes das Regiões 1 e 2

Região 1	Região 2
Campista Distribuidora	Algodão Doce
Conselheiro Mundo das Embalagens	Almeida Supermercado
Embalafácil	Boca do Forno Panificadora
Embapel Distribuidora	Bosquinho Doces
Mundial Festas	Chobal Festas
São João Distribuidora	Chocolicias
Star X Fish Empório	Chocomais Bombonier
Ubá Casa das Embalagens	Divisa Frios
	Doces Festas e Embalagens
	Embala Klin
	Empório Mantiqueira
	Encaixe Bombonier
	Frios Santa Gema
	Hiper Frios
	Jacomari Doces e Festas
	L e B Pack
	Lagos Embalagens
	Malu Festas
	Mantiqueira Empório
	Passos Dissul
	PC Atacadão Doces
	PC Doces e Festas
	Plas Lumy
	Plastico Silveira
	Princesa Panificadora
	RA Frios
	S S Dissul
	Santa Catarina
	SOS festas
	Santa Rosa Comercial
	Vitória Embalagens
	Zap Doces e Festas

Fonte: Autor (2018)

Os dados foram organizados de maneira a facilitar a sua manipulação. As informações subsequentes, presentes nas tabelas podem ser interpretadas da seguinte maneira:

- Cliente: Foram analisados todos os clientes de Minas Gerais, e estes serão utilizados para identificar as variáveis de decisão;

- Demanda: mensurada em quantidade de pacotes, corresponde à venda da última visita, com o acréscimo de 15% como estoque de segurança;
- Capacidade: A capacidade por van é definida com a quantidade de carga, em número de pacotes, que cada veículo transporta. Essa quantidade pode variar de acordo com a região a ser atendida, pois depende da demanda de variados produtos ofertados pela empresa. Portanto, é determinado baseando-se em valores reais, relacionando o histórico de venda;
- Custo: Os custos de combustível, pedágio e manutenção foram rateados pela quantidade total de produtos vendidos em Minas Gerais, os custos de alimentação e pouso foram rateados pelos clientes atendidos a cada dia, e após dividiu-se pela quantidade de produtos vendido por estes clientes, pois o número de atendimentos por dia variaa. Para finalizar foi adicionado o valor de compra do produto, atualmente precificado em R\$ 4,99 e a comissão dos vendedores, no valor de R\$ 1,00 por pacote vendido. Consequentemente, cada cliente tem o seu custo unitário da barquete;
- Lucro: O lucro foi calculado pelo valor de venda, R\$ 10,50 a unidade, menos o custo total.

4.2.1 Variáveis de Decisão

As variáveis de decisão foram definidas como a quantidade de produtos disponibilizados por cliente e estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 – Variáveis e seu respectivo cliente adotados no modelo.

Variável	Descrição
X1	Algodão Doce
X2	Almeida Supermercado
X3	Boca do Forno Panificadora
X4	Bosquinho Doces
X5	Campista Distribuidora
X6	Chobal Festas
X7	Chocolicias
X8	Chocomais Bombonier
X9	Cons Mundo das Embalagens
X10	Divisa Frios
X11	Doces Festas e Embalagens
X12	Embala Klin
X13	Embalafácil
X14	Embapel Distribuidora
X15	Empório Mantiqueira
X16	Encaixe Bombonier
X17	Frios Santa Gema
X18	Hiper Frios
X19	Jacomari Doces e Festas
X20	L e B Pack
X21	Lagos Embalagens
X22	Malu Festas
X23	Mantiqueira Empório
X24	Mundial Festas
X25	Passos Dissul
X26	PC Atacadão Doces
X27	PC Doces e Festas
X28	Plas Lumy
X29	Plastico Silveira
X30	Princesa Panificadora
X31	RA Frios
X32	S S Dissul
X33	Santa Catarina
X34	São João Distribuidora
X35	SOS Festas
X36	Santa Rosa Comercial
X37	Star X Fish Empório
X38	Ubá Casa das Embalagens
X39	Vitória Embalagens
X40	Zap Doces e Festas

Fonte: Autor (2018)

4.2.2 Função Objetivo

A função objetivo do modelo buscará otimizar a demanda para cada cliente. A utilização desse critério busca maximizar o lucro para a região de Minas Gerais. Portanto, a função objetivo é dada pela equação abaixo.

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^{40} A_i X_i \quad (3)$$

Onde:

- Z = Função a ser maximizada (lucro por visita), respeitando o conjunto de restrições;
- X = Variável decisória que representa a quantidade de barquete disponibilizada para cada cliente;
- A = Constante que representa o lucro de cada cliente;
- i = Número respectivo de cada cliente.

Os lucros para cada cliente estão representados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Lucro por cliente.

Cliente	Lucro (unidade)	
Algodão Doce	R\$	2,95
Almeida Supermercado	R\$	3,35
Boca do Forno Panificadora	R\$	3,96
Bosquinho Doces	R\$	3,71
Campista Distribuidora	R\$	4,12
Chobal Festas	R\$	3,92
Chocolicias	R\$	3,33
Chocomais Bombonier	R\$	1,67
Cons Mundo das Embalagens	R\$	3,75
Divisa Frios	R\$	3,18
Doces Festas e Embalagens	R\$	3,49
Embala Klin	R\$	3,70
Embalafácil	R\$	3,81
Embapel Distribuidora	R\$	2,97
Empório Mantiqueira	R\$	3,29
Encaixe Bombonier	R\$	0,69
Frios Santa Gema	R\$	3,43
Hiper Frios	R\$	3,25
Jacomari Doces e Festas	R\$	1,39
L e B Pack	R\$	2,35
Lagos Embalagens	R\$	3,15
Malu Festas	R\$	1,93
Mantiqueira Empório	R\$	3,62
Mundial Festas	R\$	4,24
Passos Dissul	R\$	4,24
PC Atacadão Doces	R\$	3,68
PC Doces e Festas	R\$	3,41
Plas Lumy	R\$	3,12
Plastico Silveira	R\$	3,35
Princesa Panificadora	R\$	2,87
RA Frios	R\$	3,93
S S Dissul	R\$	4,19
Santa Catarina	R\$	3,84
São João Distribuidora	R\$	4,12
SOS festas	R\$	3,56
Santa Rosa Comercial	R\$	3,85
Star X Fish Empório	R\$	3,89
Ubá Casa das Embalagens	R\$	2,80
Vitória Embalagens	R\$	3,67
Zap Doces e Festas	R\$	4,10

Fonte: Autor (2018)

4.2.3 Restrições

As restrições do modelo são oriundas das características do método de venda, portanto foram utilizados a limitações de capacidade da Van e a demanda de cada cliente. As restrições de cada cliente encontram-se nas tabelas a seguir.

Tabela 2 – Capacidade de cada região.

Região	Capacidade (pacote)
Região 1	1050
Região 2	1400

Fonte: Autor (2018)

Tabela 3 – Demanda por cliente.

Cliente	Demanda
Algodão Doce	1
Almeida Supermercado	10
Boca do Forno Panificadora	252
Bosquinho Doces	33
Campista Distribuidora	46
Chobal Festas	5
Chocolicias	31
Chocomais Bombonier	35
Cons Mundo das Embalagens	12
Divisa Frios	21
Doces Festas e Embalagens	2
Embala Klin	17
Embalafácil	35
Embapel Distribuidora	12
Empório Mantiqueira	7
Encaixe Bombonier	16
Frios Santa Gema	39
Hiper Frios	9
Jacomari Doces e Festas	5
L e B Pack	1
Lagos Embalagens	3
Malu Festas	10
Mantiqueira Empório	14
Mundial Festas	81
Passos Dissul	69
PC Atacadão Doces	8
PC Doces e Festas	14
Plas Lumy	10
Plastico Silveira	6
Princesa Panificadora	8
RA Frios	29
S S Dissul	63
Santa Catarina	32
São João Distribuidora	69
SOS festas	46
Santa Rosa Comercial	49
Star X Fish Empório	12
Ubá Casa das Embalagens	12
Vitória Embalagens	60
Zap Doces e Festas	25

Fonte: Autor (2018)

- Restrição da capacidade para a região 1:

$$X_5 + X_9 + X_{13} + X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{37} + X_{38} \leq 1050 \quad (4)$$

- Restrição da capacidade para a região 2:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_6 + X_7 + X_8 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{35} + X_{36} + X_{39} + X_{40} \leq 1400 \quad (5)$$

As restrições pela demanda são dadas pelas equações abaixo.

$$X_1 \leq 1 \quad (6)$$

$$X_2 \leq 10 \quad (7)$$

$$X_3 \leq 252 \quad (8)$$

$$X_4 \leq 33 \quad (9)$$

$$X_5 \leq 46 \quad (10)$$

$$X_6 \leq 5 \quad (11)$$

$$X_7 \leq 31 \quad (12)$$

$$X_8 \leq 35 \quad (13)$$

$$X_9 \leq 12 \quad (14)$$

$$X_{10} \leq 21 \quad (15)$$

$$X_{11} \leq 2 \quad (16)$$

$$X_{12} \leq 17 \quad (17)$$

$$X_{13} \leq 35 \quad (18)$$

$$X_{14} \leq 12 \quad (19)$$

$$X_{15} \leq 7 \quad (20)$$

$$X_{16} \leq 16 \quad (21)$$

$$X_{17} \leq 39 \quad (22)$$

$$X_{18} \leq 9 \quad (23)$$

$$X_{19} \leq 4 \quad (24)$$

$$X_{20} \leq 1 \quad (25)$$

$$X_{21} \leq 3 \quad (26)$$

$$X_{22} \leq 10 \quad (27)$$

$$X_{23} \leq 13 \quad (28)$$

$$X_{24} \leq 80 \quad (29)$$

$$X_{25} \leq 69 \quad (30)$$

$X_{26} \leq 8$	(31)
$X_{27} \leq 13$	(32)
$X_{28} \leq 10$	(33)
$X_{29} \leq 5$	(34)
$X_{30} \leq 8$	(35)
$X_{31} \leq 28$	(36)
$X_{32} \leq 63$	(37)
$X_{33} \leq 32$	(38)
$X_{34} \leq 69$	(39)
$X_{35} \leq 46$	(40)
$X_{36} \leq 49$	(41)
$X_{37} \leq 11$	(42)
$X_{38} \leq 11$	(43)
$X_{39} \leq 59$	(44)
$X_{40} \leq 25$	(45)

5. Resultados e Discussões

Com as variáveis de decisão, as restrições do problema e a função objetivo definidas. Utilizou-se a ferramenta Solver, disponível no *software* Microsoft Excel, para buscar a solução para o problema em questão. Os resultados definidos pelo Solver encontram-se na tabela 4, que apresenta a quantidade a ser vendida de barquete para cada cliente, na tabela 5, onde se encontra o resultado das restrições utilizadas no modelo, e na tabela 6, que apresenta o valor do lucro máximo na visita.

Tabela 4 – Quantidade a ser vendida.

Cliente	Quantidade
Algodão Doce	1
Almeida Supermercado	10
Boca do Forno Panificadora	251
Bosquinho Doces	33
Campista Distribuidora	46
Chobal Festas	4
Chocolicias	31
Chocomais Bombonier	34
Cons Mundo das Embalagens	11
Divisa Frios	20
Doces Festas e Embalagens	2
Embala Klin	17
Embalafácil	34
Embapel Distribuidora	11
Empório Mantiqueira	6
Encaixe Bombonier	16
Frios Santa Gema	39
Hiper Frios	9
Jacomari Doces e Festas	4
L e B Pack	1
Lagos Embalagens	3
Malu Festas	10
Mantiqueira Empório	13
Mundial Festas	80
Passos Dissul	69
PC Atacadão Doces	8
PC Doces e Festas	13
Plas Lumy	10
Plastico Silveira	5
Princesa Panificadora	8
RA Frios	28
S S Dissul	63
Santa Catarina	32
São João Distribuidora	69
SOS Festas	46
Santa Rosa Comercial	49
Star X Fish Empório	11
Ubá Casa das Embalagens	11
Vitória Embalagens	59
Zap Doces e Festas	25

Fonte: Autor (2018)

Tabela 10 – Resultado das restrições.

	Disponível		Restrição
Capacidade região 1	273	\leq	1050
Capacidade região 2	919	\leq	1400
Demanda x1	1	\leq	1
Demanda x2	10	\leq	10
Demanda x3	251	\leq	252
Demanda x4	33	\leq	33
Demanda x5	46	\leq	46
Demanda x6	4	\leq	5
Demanda x7	31	\leq	31
Demanda x8	34	\leq	35
Demanda x9	11	\leq	12
Demanda x10	20	\leq	21
Demanda x11	2	\leq	2
Demanda x12	17	\leq	17
Demanda x13	34	\leq	35
Demanda x14	11	\leq	12
Demanda x15	6	\leq	7
Demanda x16	16	\leq	16
Demanda x17	39	\leq	39
Demanda x18	9	\leq	9
Demanda x19	4	\leq	5
Demanda x20	1	\leq	1
Demanda x21	3	\leq	3
Demanda x22	10	\leq	10
Demanda x23	13	\leq	14
Demanda x24	80	\leq	81
Demanda x25	69	\leq	69
Demanda x26	8	\leq	8
Demanda x27	13	\leq	14
Demanda x28	10	\leq	10
Demanda x29	5	\leq	6
Demanda x30	8	\leq	8
Demanda x31	28	\leq	29
Demanda x32	63	\leq	63
Demanda x33	32	\leq	32
Demanda x34	69	\leq	69
Demanda x35	46	\leq	46
Demanda x36	49	\leq	49
Demanda x37	11	\leq	12
Demanda x38	11	\leq	12
Demanda x39	59	\leq	60
Demanda x40	25	\leq	25

Fonte: Autor (2018)

Tabela 11 – Lucro Máximo de uma Visita.

Lucro Máximo	R\$ 4.435,96
--------------	--------------

Fonte: Autor (2018)

Verifica-se que todas as restrições impostas ao modelo foram atendidas de maneira satisfatória. As demandas de cada cliente foram supridas. Quanto às restrições da capacidade da Van para região 1 e região 2 foi respeitada.

Deste modo, avalia-se que o modelo elaborado obteve o resultado ótimo, uma vez que estabeleceu uma venda ótima das barquinhas em Minas Gerais, para os parâmetros abordados, respeitando todas as restrições determinadas. Utilizando a ferramenta matemática proposta, será possível apresentar resultados rápidos, confiáveis e capazes de embasar as decisões da disponibilização da barquete para os clientes da região estudada, garantindo a solução ótima do ponto de vista financeiro.

A função objetivo desenvolvida representa a ideia inicial para a resolução do problema atualmente enfrentado pela empresa, definindo a demanda de barquete ofertada para cada cliente obtendo o maior lucro, de maneira que este parâmetro de decisão é garantido e obtém-se a formalização do processo decisório.

Observa-se ainda que as restrições utilizadas foram suficientes para elaborar um modelo próximo à realidade, que trata as principais dificuldades operacionais para distribuição do produto. Ressalta-se então, que as condições de operação são respeitadas neste modelo, garantindo a exequibilidade da solução.

6. Conclusão

O modelo matemático de otimização para presente trabalho apresentou uma ferramenta distribuição da barquete para cada cliente, almejando o lucro máximo em uma empresa do ramo de vendas de produtos alimentícios. A ferramenta, fundamentada em conceitos de pesquisa operacional e programação linear inteira, utilizando o Método Simplex pode ser empregada na elaboração do programa para o atendimento dos clientes no estado de Minas Gerais.

O software utilizado para resolução do problema de programação linear, Excel, com a ferramenta Solver, atendeu as necessidades, ao passo que apresentou resultados com elevada confiabilidade e rapidez.

Os resultados obtidos para a programação de uma visita em estudo demonstraram que os conceitos iniciais foram plenamente atendidos, de maneira que a solução final oferece o maior lucro, através da gestão de demanda do produto em análise.

Verifica-se que o modelo matemático abordado nesta pesquisa pode ser facilmente implementado pela empresa, por se tratar de uma ferramenta confiável e que gera resultado em curto período de tempo. Sua utilização pode ser expandida para elaboração da programação das outras regiões trabalhadas e os demais produtos ofertados, sendo necessário acompanhar o processo de instalação para identificar possíveis necessidades de ajuste do modelo.

Para realização de trabalhos futuros nesta linha, sugere-se a elaboração de índices das trocas como restrição e realizar uma análise comparativa utilizando outros softwares, para resolução do modelo, de forma que seja possível avaliar qual software é mais adequado.

Mediante as análises realizadas, considera-se que a pesquisa cumpriu com seus objetivos, configurando-se em excelente oportunidade de aplicação dos conceitos abordados na graduação de Engenharia de Produção. Além disso, a interação com a organização onde o estudo foi realizado proporcionou grande crescimento pessoal e profissional, possibilitando a visualização dos processos de maneira sistêmica.

Referências

- ARENALES, M. N.; ARMENTANO, V. A.; MORABITO, R.; YANASSE, H. H. **Pesquisa operacional**: para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- BALDO, T. A. **Pesquisa operacional I**. Apostila, 2008. Disponível online em <<http://d.yimg.com/kq/groups/20909156/1047948747/name/apostila>>. Acesso em: 01 de maio de 2018.
- BARROS, C.S. **Uso da programação linear como ferramenta pedagógica e gerencial na produção agropecuária: o caso da Escola-fazenda Canuanã**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2012.
- CRANE, R. R. **Pesquisa operacional e sua aplicação no varejo**. Artigo, 1963. Disponível em <<http://rae.fgv.br/rae/vol3-num6-1963/pesquisa-operacional-sua-aplicacao-no-varejo>>. Acesso em: 01 maio de 2018.
- GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. 2 Ed. Editora Campus, 2000.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8ª Ed. São Paulo: McGraw- Hill, 2006.
- MARINS, F. A. S. **Introdução à pesquisa operacional**. São Paulo: Unesp, 2011.
- PASSOS, Eduardo José Pedreira Franco dos. **Programação linear como instrumento da Pesquisa Operacional**. São Paulo: Editora Atlas, 2008
- PUCCINI, A. L. **Introdução à programação linear**. Rio de Janeiro: livros técnicos e científicos editora S.A, 1980.
- RAVINDRAN, A.; PHILLIPS, D.T.; SOLBERG, J.J. **Operations Research, Principles and Practice**. 2ª Ed. New York: John Wiley, 1987.

SILVA, E. M.; SILVA, E. M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, A. C. **Pesquisa Operacional: programação linear**. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 1998.

TEIXEIRA, V.G. **Aplicação de programação linear na alocação de vagões gôndola para o transporte de ferro gusa na MRS Logística S.A.** Juiz de Fora, 2011.