



Programação Linear: Um estudo de caso sobre a montagem de cestas básicas

Wagner dos Anjos Carvalho (FACULDADE PRESBITERIANA MACKENZIE RIO)
prof.wagner.acarvalho@gmail.com

Igor Pinheiro de Araújo Costa (BUSINESS SCHOOL BRASIL) costa_igor@id.uff.br

José Bezerra da Silva Filho (BUSINESS SCHOOL BRASIL) professor.dr.bezerra@bsbr.com.br

Marcos dos Santos (BUSINESS SCHOOL BRASIL) marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Resumo

As empresas precisam cada vez mais adotar estratégias que melhorem suas tomadas de decisões e a Pesquisa Operacional é uma delas. A Pesquisa Operacional visa representar, através de modelos matemáticos, problemas da vida real oferecendo soluções viáveis e para isso dispõe de inúmeras técnicas que proporcionam as organizações obter economias de escalas significativas. O presente artigo visa apresentar uma aplicação prática de uma dessas técnicas, a programação linear, aplicada na confecção de cestas básicas natalinas. O artigo tem como objetivo maximizar a receita de vendas das cestas controlando os itens que as compõem e realizando os possíveis ressuprimentos caso tivesse itens faltantes no estoque. Esse estudo se justifica pelo fato das empresas que atuam neste segmento não terem uma referência acadêmica neste assunto. A partir da sua construção, percebeu-se que o modelo apresentou resultados concretos, o seu uso e interpretação de fácil compreensão ao funcionário do setor de suprimentos, e principalmente pelo seu acompanhamento diário e resultado financeiro.

Palavras-Chaves: Pesquisa Operacional, Programação Linear, Cesta básica

1. Introdução

As empresas industriais e comerciais enfrentam fundamentalmente problemas nos mais diversos níveis de produção e estoques. Em paralelo, tais processos levam em consideração as previsões de demanda e as restrições de recursos ao longo do planejamento. Segundo (RAGSDALE, 2018) esse processo determina os níveis de produção e estoque para cada um desses períodos, de modo que atendam à demanda prevista da maneira mais econômica.

Neste contexto, Fleury (2007) aponta que as organizações necessitam se adaptar às constantes mudanças econômicas, como globalização, aumento da concorrência, maiores exigências dos clientes, inserindo em seu ambiente as inovações tecnológicas, visando gerenciar de maneira mais eficaz as operações logísticas, otimizando seus recursos e reduzindo seus custos, assim como os de distribuição. Nesse sentido, conforme menciona Oliveira (2005), as empresas têm a necessidade de buscar, através da melhoria dos processos das cadeias produtivas, a excelência na qualidade dos produtos, minimizando custos e evitando ao máximo os desperdícios.

Dada à relevância, este estudo é resultante de um antigo problema referente a geração de informação aos setores de produção, comercial e suprimentos na confecção e distribuição de cestas básicas de uma empresa comercial localizada na baixada fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Esse trabalho foi realizado por meio da investigação e análise de como ocorre o processo de levantamento dos itens que compõem as cestas e produção, juntamente à identificação das demandas da região onde se realizavam tais entregas, buscando-se a elaboração de um modelo de produção de cestas básicas, objetivando-se maximizar a receita de vendas.

A partir da solução apresentada na construção e análise das cestas a serem seguidos pelo setor de produção da empresa, busca-se levar a empresa uma proposta de diferencial nas entregas, minimizando custos, ampliando sua eficiência e conseqüentemente conferindo-lhe maior competitividade.

Pretende-se, portanto, verificar a relevância do estudo no setor de produção e logística de distribuição para a empresa, aliado ao teste de eficácia da aplicação do método da pesquisa operacional, mais especificamente o modelo de elaboração das montagens das cestas de acordo com a disponibilidade de produtos no estoque. Para isso, o estudo é composto de cinco partes: introdução, referencial teórico, metodologia, modelo proposto e considerações finais.

2. Revisão da literatura

Uma das épocas mais esperada pelas empresas é o Natal, isso porque existe todo um planejamento estratégico voltado especificamente para vendas e atração de novos clientes. Observa-se também uma competitividade acirrada por esses clientes e a empresa que apresentar os melhores produtos, tempo de entrega e principalmente preço acabam conquistando esses clientes.

Para corroborar o parágrafo anterior, segue uma revisão da literatura que se aproximam da temática deste trabalho, alguns dessas revisões estão muito alinhadas a cesta básica de alimentos ou nutrição. No artigo apresentado no II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção intitulado “Um modelo de cesta básica ótima de alimentos: Uma introdução a contabilidade econômica – Famílias os autores Macedo et al. (2012) utilizaram a programação linear para responder a seguinte pergunta: É possível otimizar a renda das famílias menos favorecidas com uso da programação linear? O estudo tem como objetivo principal analisar a programação linear enquanto ferramenta de maximização da renda real das famílias, via

minimização dos custos, sem alterar o consumo para satisfação, mínima, das necessidades fisiológicas.

Já os autores Gaudencio et al. (2014) propõe através da programação linear encontrar as porções necessárias dos alimentos contidos na cesta básica nacional que suprem a necessidade de um trabalhador adulto, durante um mês de trabalho, minimizando o seu custo e, ao mesmo tempo, maximizando sua ingestão diária de nutrientes.

Por isso, o presente artigo justifica-se por apresentar um modelo de programação linear aplicada a confecção de cestas natalinas com intuito gerencial e de controle de produtos sazonais e perecíveis que compõem as cestas natalinas, assim como uma ferramenta que auxilie os setores estratégicos da empresa com relação à produção, controle e entrega das cestas natalinas.

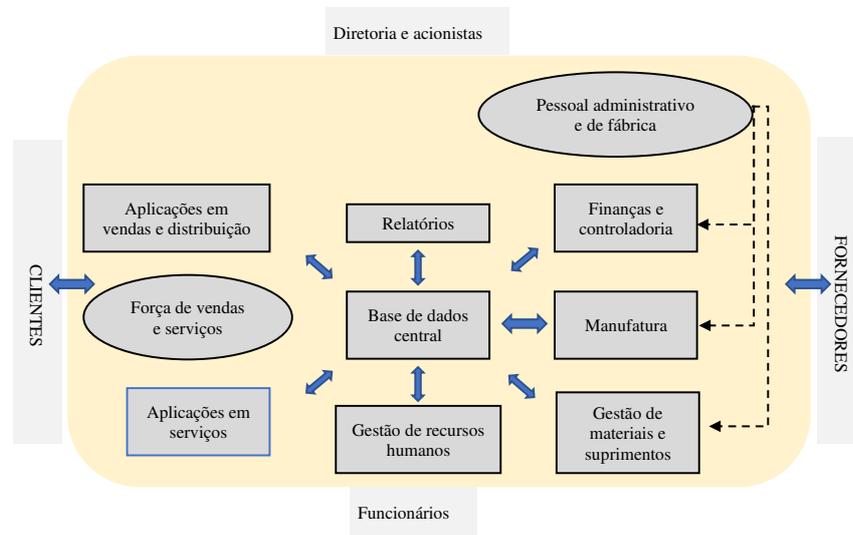
3. Entendimento do problema

Por questões de sigilo, vamos chamar a empresa de X e ela atua no mercado de cestas básicas, localizada no município de Duque de Caxias, oferecendo alimentos para o setor público e privado. Observando a necessidade de melhorar a qualidade da informação que é gerada tanto para a produção quanto para o setor comercial, cogitou-se adquirir um ERP para melhorar a eficiência da informação para esses setores.

A aquisição de um ERP proporcionaria a empresa uma integração entre os diversos departamentos da empresa. De acordo com (MARTINS e LAUGENI, 2005) o ERP (Enterprise Resource Planning) é um sistema que facilita o fluxo de informações dentro de uma empresa, integrando as diferentes funções, quais sejam: manufatura, logística, finanças, recursos humanos e engenharia, entre outras.

A ideia do ERP é ser capaz de entrar com a informação e esta estar disponível para que todos tenham acesso. A figura 1 apresenta uma visão geral do ERP.

Figura 1 - Visão geral do ERP



Fonte: Adaptado (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Entretanto, sua aquisição além de economicamente inviável necessitaria de sua implementação e treinamento de todos os envolvidos no seu uso.

O setor de suprimentos da empresa é responsável pelo acompanhamento e gestão dos itens no estoque. Um funcionário do setor de suprimentos é responsável por realizar o levantamento dos itens disponíveis no estoque e informar aos setores de produção, comercial e compras. No entanto, este funcionário realiza este levantamento de forma manual e com o estoque em movimentação.

Este procedimento realizado pelo funcionário além de extremamente demorado é arcaico e com confiabilidade reduzida, por isso havia um desencontro de informações altíssimo e inúmeras reclamações diárias.

Observando a necessidade imediata da empresa de resolver um problema tão crônico, foi realizado a implementação do método da programação linear à problemática, buscando explorar as preferências pertinentes ao problema, de modo a obter um modelo favorável como forma de solução.

4. Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO) utiliza a matemática, a estatística e a computação para auxiliar na solução de problemas reais, com foco na tomada das melhores decisões nas mais diversas áreas científicas e de atuação humana, buscando otimizar e melhorar suas performances.

Através do uso de técnicas de modelagem matemática e eficientes algoritmos computacionais, a PO vem cada vez mais atuando na análise dos mais variados aspectos e situações de problemas complexos em demandas de inúmeras áreas, principalmente por conta de sua flexibilidade de aplicação e interação multidisciplinar, permitindo a tomada de decisões efetivas e a construção de sistemas mais produtivos.

Seja na indústria como na área de serviços, a complexidade dos sistemas requer decisões assertivas, pois refletem em performance e utilização eficiente dos recursos disponíveis. Desta forma, pode-se afirmar que a PO é a abordagem científica para a tomada de decisões.

A modelagem de um problema para ser resolvido através da PO requer uma considerável habilidade de abstração, ou seja, observar devidamente o problema e convertê-lo em um modelo matemático. É necessário que o modelador tenha uma relativa habilidade tanto da matemática como na área de conhecimento em que a modelagem é aplicada.

Conforme Santos; Junior e Bouzada (2012, p. 202), a modelagem de um problema complexo consiste bem mais em arte do que ciência. É possível seguir orientações básicas e um roteiro genérico disponível na literatura especializada, mas, quando a complexidade do problema é elevada, será necessário fazer um bom uso da criatividade do modelador de forma que os objetivos estabelecidos sejam plenamente alcançados.

De acordo com Passos (2008), os ramos de atuação da PO são diversos, dependendo da natureza e do tipo de problema, existem diferentes técnicas de abordagem envolvendo a modelagem matemática do problema. As vertentes mais difundidas da PO são: Programação linear; programação inteira; programação dinâmica; teoria das filas; teoria dos grafos; simulação e teoria dos jogos.

4.1. Programação linear

Segundo (LACHTERMACHER, 2016) a área que estuda a otimização de recursos é denominada Programação Matemática. Na Programação Matemática a função matemática que descreve as variáveis de decisão pode ser de maximização ou de minimização e as relações entre as variáveis de restrições podem ser formalizadas como equações e/ou inequações. Sendo representadas da seguinte forma:

$$\begin{aligned} & \text{Otimizar } Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \text{Sujeito a: } & \begin{cases} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_1 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_2 \\ \vdots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq b_m \end{cases} \end{aligned}$$

Onde:

x_j – Representa as quantidades das variáveis; ($j = 1, 2, \dots, n$)

b_i – Representa a quantidade disponível de um determinado recurso; ($i = 1, 2, \dots, m$)

X – Vetor de X_j ;

$f(X)$ – Função objetivo;

$g_i(X)$ – Funções utilizadas nas restrições do problema; ($i = 1, 2, \dots, m$)

n – Número de variáveis decisão;

m – Número de restrições do modelo.

O termo Programação Matemática acaba sendo meio vago, por isso, a Programação Linear em toda a sua estrutura é composta apenas por funções lineares. Segundo (LACHTERMACHER, 2016) a Programação Linear é uma programação matemática em que todas as funções objetivos e restrições são representadas por funções lineares.

5. Estudo de Caso

O estudo de caso baseia-se na necessidade de gerar informações e tomar decisão em relação à montagem de cestas natalinas, quantidade disponível para vendas e itens faltantes para complementação. Inicialmente há um planejamento dos produtos que serão ofertados, esse planejamento inclui os modelos de cestas, quantidades de itens que as compõem, embalagens e preço de venda. O setor de compras realiza todo processo de negociação de compras e data de entrega dos itens, após a chegada dos itens o setor comercial faz a oferta das cestas com antecedência as empresas que ao adquirirem desejam receber os seus pedidos dentro do prazo e com os itens que a compõem. A partir da demanda informada, o setor de produção realiza o processo de separação e montagem das cestas, no entanto o setor de produção não pode montar um modelo de cesta específico caso haja a falta de um único produto ou embalagem.

Como informado anteriormente esse processo de levantamento dos itens é feito de forma manual e isso compromete significativamente toda operação, causando um impacto relevante quanto à satisfação do cliente. Dessa forma, ter uma ferramenta que auxilie na geração de informações mais velozes e acuradas tornou-se prioridade para o setor de suprimentos.

Inicialmente para a modelagem do problema foi necessário definir as variáveis do problema e as restrições. Com a vivência diária na operação da empresa e com a percepção sobre as necessidades dos gestores, foi feito o levantamento das variáveis de decisão, representadas pelos tipos de cestas, secas e congeladas.

As cestas secas, possuem 7 modelos e são compostas por itens sazonais além de enlatados e bebidas que variam suas quantidades e preço: Leveza, Sabedoria, Equilíbrio, Harmonia, Superação, Conquista e Vitória.

A cesta Leveza é a cesta que possui a menor quantidade de itens e tem o menor preço a cesta Vitória tem a maior quantidade de itens, composta por produtos considerados premium e tem o maior entre as demais cestas. Já as cestas congeladas são apenas duas: Standart e Premium

A cesta Standart é composta de apenas um item, ave natalina. Já a cesta Premium, além da ave natalina, é composta por: tender sem osso, lombo canadense e linguíça mista.

Já a restrição do modelo é representada pela disponibilidade de itens no estoque para composição de cada cesta. As cestas só podem ser montadas se todos os itens que a compõem estiverem disponíveis no estoque, caso não tenha, a cesta não poderá ser montada.

5.1. Aplicação numérica

A estrutura de construção do modelo apontado seguiu as etapas de estudo de um problema de PO que segundo Passos (2008, p.4), é dividido de acordo com as seguintes fases: identificação ou determinação do problema, estudo do problema, construção do modelo, resolução do modelo, validação do modelo e implementação. Neste artigo foram desenvolvidas as etapas de construção, resolução e validação do modelo.

5.1.1. Construção do modelo

Após o levantamento das variáveis e restrições, o próximo passo foi construir a estrutura com as informações dos itens que compõe cada cesta, suas quantidades definidas para vendas e disponibilidade em estoque. Como a quantidade de itens chegam a 70, a apresentação da estrutura será contraída.

Figura 2 - Estrutura das cestas

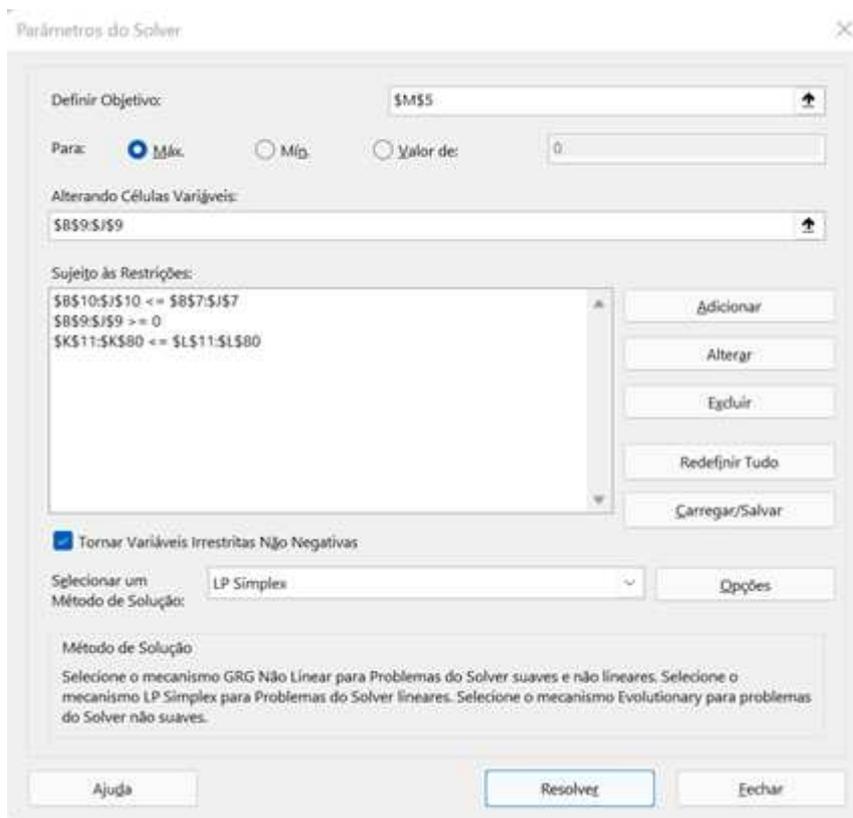
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	VOLUME DE CESTAS (und)													
2	1	4	14	21	22	25	32	40	44	203				
3	Total de Itens/Cesta >>>													
4	Valor do Custo/Cesta >>>													
5	4.000	2.800	3.300	3.150	2.850	2.250	1.950	1.200	300	21.800				
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7	Total de Cestas Previstas >>>											0		
8	Total de Cestas Vendidas >>>											21.800		
9	Saldo de Cestas à Vender >>>											21.800	0	R\$ 0,00
10	Tipos de Cestas Padronizadas													
11	Standard X1	Premium X2	Leveza X3	Sabedoria X4	Equilíbrio X5	Harmonia X6	Superação X7	Conquista X8	Vitória X9	Qtde de Cestas Possíveis				
12	Fator de Montagem de Cestas >>>											0,0		
13	Total de Cestas à Montar >>>											0		
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														
77														
78														
79														
80														
81														
82														
83														
84														
85														
86														
87														
88														
89														
90														
91														
92														
93														
94														
95														
96														
97														
98														
99														
100														
67	QUEIJO PROVOLONE APROX 200GR									300	0	0	0	
68	SALAME FATIADO PCT 100GR									300	0	0	0	
69	SNACK PROVOLONE 20GR									300	0	286	286	
70	SUCO UVA 500ML				2.850	2.250	1.950	1.200			0	14.305	14.305	
71	TAMARA 100GR									300	0	240	240	
72	TOMATE SECO 100GR							1.200	300	0	150	150	150	
73	VINHO BRANCO ARGENTINO 750 ML						1.950	1.200	300	0	0	0	0	
74	VINHO TINTO ARGENTINO 750ML					2.250	1.950	1.200	300	0	10.781	10.781	10.781	
75	VINHO TINTO 750ML			3.300	3.150	2.850					0	14.000	14.000	
76	WHISKY IMPORTADO 8 ANOS 1LT									300	0	24	24	
77	AVE NATALINA 3,5KG	4.000	2.800								0	0	0	
78	TENDER S OSSO APROX 900GR		2.800								0	0	0	
79	LOMBO CANADENSE APROX 700GR		2.800								0	0	0	
80	LINGUICA MISTA FINA 240GR		2.800								0	0	0	

Fonte: Próprios autores (2021)

Essa estrutura foi desenvolvida para auxiliar no acompanhamento diário, ela possui campos com informações sobre: a quantidade de itens em cada cesta, os preços de cada cesta, a quantidade total de cestas previstas para vendas, as vendas diárias, saldo de cestas a vender, fator de montagem de cestas, total a montar, os itens que a compõem e a disponibilidade em estoque.

Como a intenção do problema é melhorar o desempenho da informação e do processo através da otimização, foi utilizado o Solver do Excel, conforme Figura 3, que de acordo com Microsoft (2014), é um suplemento do MS Excel utilizado para resolução de problemas de programação linear (PL), programação inteira (PI) e programação não linear (PNL). O trabalho foi iniciado no Excel 2013.

Figura 3 - Modelagem no Solver do Excel



Fonte: Próprios autores (2021)

Como o objetivo é maximizar a receita de vendas de cestas e o modelo é sujeito à três restrições: o total de cestas montadas tem que ser menor ou igual ao saldo de cestas a vender, ou seja, essa restrição controla os itens disponíveis de estoque assim como a demanda atribuída para cada cesta; a segunda restrição determina que o fator de montagem seja maior e igual a zero, já que não podemos admitir valores negativos de montagem; a terceira restrição diz que a quantidade de itens disponíveis no estoque deve ser menor ou igual a quantidade de itens usados nas cestas.

5.1.2. Resolução

Após rodar o Solver do Excel, o resultado apresentado demonstra que apenas as cestas Leveza, Sabedoria, Equilíbrio e Harmonia podem ser produzidas já que há itens faltantes no estoque respeitando as restrições impostas ao modelo. A figura 4 apresenta os resultados encontrados pelo Solver.



Figura 4 - Resolução do modelo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	VOLUME DE CESTAS (unid)												
2	Total de Itens/Cesta >>>	1	4	14	21	22	25	32	40	44	203	Qtd de Cestas Máxima	Receita de Vendas
3	Valor do Custo/Cesta >>>	R\$ 59,90	R\$ 69,90	R\$ 49,90	R\$ 69,90	R\$ 89,90	R\$ 150,00	R\$ 200,00	R\$ 300,00	R\$ 350,00	R\$ 1.319,50		
4	Total de Cestas Previstas >>>	4.000	2.800	1.100	1.150	2.850	2.250	1.950	1.200	300	21.800		
5	Total de Cestas Vendidas >>>	443	140	451	220	99	0	46	2	0	1.401	6.019	R\$ 618.682,00
6	Saldo de Cestas à Vender >>>	3.557	2.660	2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198	300	20.399		
7	Tipos de Cestas Padronizadas	Standard X1	Premium X2	Leveza X3	Sabedoria X4	Equilíbrio X5	Harmonia X6	Superação X7	Conquista X8	Vitória X9	Qtd de Cestas Possíveis	Qtd em Estoque	Saldo em Estoque
8	Fator de Montagem de Cestas >>>	0,0	0,0	0,2	0,2	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	2,3		
9	Total de Cestas à Montar >>>	0	0	659	710	2.751	1.939	0	0	0	6.019		
11	ABACAXI EM CALDA 400GR									300	0	240	240
12	AMEIXA SECA C/CAROCO 100GR			2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198	300	6.019	11.824	5.805
13	AMENDOIM CASCA 100GR								1.198	300	0	1.200	1.200
14	AMENDOIM JAPONÊS 40R			2.849	2.930	2.751			1.198	300	4.090	8.701	4.621
15	ASPARGO EM CONSERVA 205GR									300	0	312	312
16	ATUM RALADO CONS 120GR				2.930	2.751	2.250	1.904	1.198	300	5.400	7.960	2.560
17	AVELA 100GR									300	0	869	869
18	AZEITE EXTRA VIRGEM 250ML							1.904	1.198		0	4.606	4.606
19	AZEITE EXTRA VIRGEM 500ML									300	0	300	300
20	AZEITONA VERDE 100GR			2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198		6.019	6.019	0
21	AZEITONA VERDE RECHEADA 200GR									300	0	72	72
22	BALAS 150GR			2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198		6.019	11.752	5.733
23	BATATA PALHA 100GR									300	0	360	360
24	BISCOITO ESPECIAL 360GR									300	0	1.200	1.200
25	BISCOITO CHAMPAGNE 180GR					2.751	2.250	1.904	1.198		4.690	4.700	10
26	BISCOITO GRISSINI 75GR					2.751	2.250	1.904	1.198	300	4.690	10.469	5.779
27	BISCOITO MAIZENA 200GR				2.930						710	15.000	14.290
28	BISCOITO APERITIVO 90GR			2.849	2.930		2.250	1.904	1.198		3.268	22.828	19.560
29	BOLO ROCAMBOLE 150GR									300	0	72	72
30	BOMBONS SORTIDOS 400GR									300	0	272	272

Fonte: Próprios autores (2021)

5.1.3. Validação do modelo

Nesta etapa, após rodar o Solver do Excel, foi preciso averiguar se o modelo realmente atendia as restrições e se maximizava a receita de vendas de cestas. E analisando o resultado encontrado pelo Solver, o modelo informou que as duas cestas congeladas e três cestas natalinas não poderiam ser montadas naquele dia.

A busca pela confirmação da informação se deu na coluna L, onde está contido a quantidade de itens no estoque e percebeu-se que alguns itens estavam zerados no estoque conforme apresentado na figura 5.



Figura 5 - Validação do modelo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	VOLUME DE CESTAS (unid)												
1	Total de Itens/Cesta >>>	1	4	14	21	22	25	32	40	44	203	Qtde Cestas Máxima	Receita de Vendas
2	Valor do Custo/Cesta >>>	R\$ 59,90	R\$ 69,90	R\$ 89,90	R\$ 69,90	R\$ 89,90	R\$ 150,00	R\$ 200,00	R\$ 300,00	R\$ 350,00	R\$ 1.339,50		
5	Total de Cestas Previstas >>>	4.000	2.800	3.300	3.150	2.850	2.250	1.950	1.200	300	21.800		
6	Total de Cestas Vendidas >>>	443	140	451	220	99	0	46	2	0	1.401	6.019	R\$ 618.682,00
7	Saldo de Cestas à Vender >>>	3.557	2.660	2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198	300	20.399		
8	Tipos de Cestas Padronizadas	Standart X1	Premium X2	Leveza X3	Sabedoria X4	Equilíbrio X5	Harmonia X6	Superação X7	Conquista X8	Vitória X9	Qtde de Cestas Possíveis	Qtde em Estoque	Saldo em Estoque
9	Fator de Montagem de Cestas >>>	0,0	0,0	0,2	0,2	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	2,3		
10	Total de Cestas à Montar >>>	0	0	619	710	2.751	1.939	0	0	0	6.019		
42	GELÉIA DE FRUTAS 230GR				2.930			1.904	1.198	300	0	0	0
43	GRAO DE BICO 500GR				2.930	2.751	2.250	1.904	1.198		710	710	0
51	MISTURA P BOLO SABOR BAUNILHA 400GR			2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198		6.019	15.000	8.981
52	MIX DE FRUTAS SECAS 20GR								1.198	300	0	0	0
53	MOLHO DE TOMATE 340GR					2.751	2.250	1.904	1.198	300	4.690	21.000	16.310
54	NOZES C CASCA 100GR							1.904	1.198	300	0	0	0
55	PALMITO 300GR							1.904	1.198	300	0	1.939	1.939
56	PANETONE 400GR			2.849	2.930	2.751					4.080	12.708	8.628
67	QUEIJO PROVOLONE APROX 200GR									300	0	0	0
68	SALAME FATIADO PCT 100GR									300	0	0	0
69	SNACK PROVOLONE 20GR									300	0	286	286
72	TOMATE SECO 100GR								1.198	300	0	150	150
73	VINHO BRANCO ARGENTINO 750 ML							1.904	1.198	300	0	0	0
74	VINHO TINTO ARGENTINO 750ML					2.250	1.904	1.198			1.939	10.781	8.842
75	VINHO TINTO 750ML			2.849	2.930	2.751					4.080	14.000	9.920
76	WHISKY IMPORTADO 8 ANOS 1LT									300	0	24	24
77	AVE NATALINA 3,5KG	3.557	2.660								0	0	0
78	TENDER 5 OSSO APROX 900GR		2.660								0	0	0
79	LOMBO CANADENSE APROX 700GR		2.660								0	0	0
80	LINGUIÇA MISTA FINA 240GR		2.660								0	0	0

Fonte: Próprios autores (2021)

Uma outra forma de validar o modelo foi atribuir valores fictícios a essas cestas e pedir para que o Solver do Excel apresente um novo resultado. Foi atribuído o valor de 1.701 nos itens zerados das cestas natalinas e 3.100 nas cestas congeladas, esses valores representam 50% do saldo de cestas a vender. A figura 5 apresentou os seguintes resultados.

Figura 6 - Validação do modelo com simulação

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	VOLUME DE CESTAS (unid)												
1	Total de Itens/Cesta >>>	1	4	14	21	22	25	32	40	44	203	Qtde Cestas Máxima	Receita de Vendas
2	Valor do Custo/Cesta >>>	R\$ 59,90	R\$ 69,90	R\$ 89,90	R\$ 69,90	R\$ 89,90	R\$ 150,00	R\$ 200,00	R\$ 300,00	R\$ 350,00	R\$ 1.339,50		
5	Total de Cestas Previstas >>>	4.000	2.800	3.300	3.150	2.850	2.250	1.950	1.200	300	21.800		
6	Total de Cestas Vendidas >>>	443	140	451	220	99	0	46	2	0	1.401	8.141	R\$ 933.419,60
7	Saldo de Cestas à Vender >>>	3.557	2.660	2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198	300	20.399		
8	Tipos de Cestas Padronizadas	Standart X1	Premium X2	Leveza X3	Sabedoria X4	Equilíbrio X5	Harmonia X6	Superação X7	Conquista X8	Vitória X9	Qtde de Cestas Possíveis	Qtde em Estoque	Saldo em Estoque
9	Fator de Montagem de Cestas >>>	0,1	1,0	0,2	0,2	1,0	0,1	0,8	0,1	0,1	1,7		
10	Total de Cestas à Montar >>>	440	2.660	643	710	2.751	238	1.551	126	24	9.143		
42	GELÉIA DE FRUTAS 230GR							1.904	1.198	300	1.701	1.701	0
43	GRAO DE BICO 500GR				2.930						710	710	0
51	MISTURA P BOLO SABOR BAUNILHA 400GR			2.849	2.930	2.751	2.250	1.904	1.198		6.019	15.000	8.981
52	MIX DE FRUTAS SECAS 20GR								1.198	300	150	1.701	1.551
53	MOLHO DE TOMATE 340GR					2.751	2.250	1.904	1.198	300	4.690	21.000	16.310
54	NOZES C CASCA 100GR							1.904	1.198	300	1.701	1.701	0
55	PALMITO 300GR							1.904	1.198	300	1.701	1.939	238
66	PO P/MANJAR DE COCO 70GR						2.250	1.904	1.198	300	1.939	1.939	0
67	QUEIJO PROVOLONE APROX 200GR									300	24	1.701	1.677
68	SALAME FATIADO PCT 100GR									300	24	1.701	1.677
69	SNACK PROVOLONE 20GR									300	24	286	262
72	TOMATE SECO 100GR								1.198	300	150	150	0
73	VINHO BRANCO ARGENTINO 750 ML							1.904	1.198	300	1.701	1.701	0
74	VINHO TINTO ARGENTINO 750ML					2.250	1.904	1.198			1.939	10.781	8.842
75	VINHO TINTO 750ML			2.849	2.930	2.751					4.104	14.000	9.896
76	WHISKY IMPORTADO 8 ANOS 1LT									300	24	24	0
77	AVE NATALINA 3,5KG	3.557	2.660								3.100	3.100	9
78	TENDER 5 OSSO APROX 900GR		2.660								2.660	3.100	449
79	LOMBO CANADENSE APROX 700GR		2.660								2.660	3.100	449
80	LINGUIÇA MISTA FINA 240GR		2.660								2.660	3.100	449

Fonte: Próprio autor (2021)

Nas cestas congeladas o resultado apresentado diz que a Standart pode ser montada apenas 440 cestas e a Premium 2.660. As cestas Superação, Conquista e Vitória podem ser montadas

1.551, 126 e 24, respectivamente. Vale lembrar que esses novos valores fazem com que a receita de vendas seja máxima.

6. Conclusão

É inegável que a programação matemática é uma poderosa ferramenta existente dentro da Pesquisa Operacional e ela pode trazer inúmeros benefícios as organizações quando modelado de forma adequada. Sobretudo na alocação de recursos escassos e na solução de resultados ótimos.

Nesse estudo, diante das observações apresentadas, o modelo apresentou resultados que atendem a dinâmica de informações da empresa. Além de gerar as informações com a velocidade esperada pelos setores, o modelo também auxilia o setor de suprimentos na observação dos itens faltantes solicitando ao setor de compras o ressurgimento dos itens na quantidade exata e na administração do saldo em estoque. Essa última informação é de extrema importância já que há itens sazonais e perecíveis que compõem as cestas.

Outro fato importante do modelo e a sua facilidade na usabilidade, o funcionário foi treinado para exportar no primeiro horário da manhã a posição do estoque e colar na aba “Estoque” que através da função do Excel PROCV, preenche automaticamente a coluna “Qtde em Estoque”. As informações sobre o “Total de Cestas Vendidas” são atualizadas diariamente e de forma manual. Também foi incluído uma Macro que roda o modelo e limpa os dados anteriores.

7. Referências

COLIN, Emerson C. **Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

FLEURY, P. F. **Logística e Transportes**. Jornal Valor Econômico, São Paulo, ano 7, nº1673, p. A8, 9 jan. 2007.

GAUDENCIO, Juliana H. D. et al. As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro. **Pesquisa Operacional Aplicada aos Valores Diários de Nutrição**, 10, 11 e 12 Novembro 2014.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 5^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.



MACEDO, Joel D. J. et al. II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. **Um modelo de cesta básica ótima de alimentos: Uma introdução a contabilidade econômica - Famílias**, Ponta Grossa, 28 a 30 Novembro 2012.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 2ª rev. aum. e atual. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

OLIVEIRA, A. L. R. **Otimização de Recebimento e Distribuição em Unidades Armazenadoras de Soja**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Área de Concentração em Programação Matemática dos setores: de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná., Curitiba 2005.

PASSOS, Eduardo J. P. D. **Programação linear como instrumento da pesquisa operacional**. São Paulo: Atlas, 2008.

RAGSDALE, Cliff T. **Modelagem de planilha e análise de decisão: uma introdução prática a business analytics**. Tradução de Foco Traduções: revisão técnica João Luiz Becker. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

SANTOS, Ricardo F.; JUNIOR, Eugenênio C. D. S.; BOUZADA, Marco A. C. **A Aplicação da Programação Inteira na Solução Logística do Transporte de Carga: O Solver e Suas Limitações na Busca Pela Solução Ótima**. Produção Online, v. 12, n. 1, p. 185-204, jan/mar. 2012.