

Utilização da pesquisa operacional para redução de custo de produção em uma cozinha industrial

Vitor da Cruz Mindelo (UFPA) vitormindelo@hotmail.com
Rafael Brabo Rodrigues (UFPA) rafaelbrabo11@hotmail.com
Luiz Felipe Souza da Conceição (UFPA) lfsouzza@gmail.com
Jean Cláudio de Miranda Magno (UFPA) jeanclaudioifpa@yahoo.com.br

Resumo:

Este artigo tem como objetivo usar a Pesquisa Operacional (PO) para tomar decisões que reduzam o custo de produção em uma cozinha industrial. Para que o artigo pudesse ser desenvolvido, foram feitas diversas pesquisas bibliográficas, entrevistas, tratamento de dados, além da utilização do software LINDO, que foi indispensável nas atividades. Com a elaboração de uma Programação Linear (PL), conseguiu-se uma resposta ótima que atende as restrições da empresa, como as quantidades mínimas a serem produzidos, os nutrientes necessários e as devidas proporções de cada alimento. Os resultados obtidos são satisfatórios e há uma redução significativa nos custos de produção. Este artigo é dividido em Introdução, Referencial Teórico, Metodologia, Estudo de caso, Análise e Resultados, Conclusão e Referências Bibliográficas.

Palavras chave: Pesquisa Operacional, Programação Linear, Cozinha Industrial, Redução de custos.

Use of operational research to reduce the cost of production in an industrial kitchen

Abstract

This article aims to use Operational Research (OR) to make decisions that reduce the cost of production in an industrial kitchen. In order for the article to be developed, several bibliographic researches, interviews, data processing, and the use of the LINDO software were made, which were indispensable in the activities. With the elaboration of Linear Programming (LP), an optimal response was obtained that meets the constraints of the company, such as the minimum quantities to be produced, the necessary nutrients and the proportions of each food. The results obtained are satisfactory and there is a significant reduction in production costs. This article is divided in Introduction, Theoretical Reference, Methodology, Case Study, Analysis and Results, Conclusion and Bibliographic References.

Key-words: Operational Research, Linear Programming, Industrial Kitchen, Reduction of costs.

1. Introdução

Por motivos de praticidade, segurança e financeiro as empresas privadas tem seus refeitórios o mais perto possível das dependências da companhia e essa necessidade faz com que a contratação se torne terceirizada. Mas a competitividade do mercado, a qualidade do atendimento, do produto encarece a venda e compra de refeições nesses ambientes, contudo as ferramentas da Pesquisa Operacional oferecem alternativas para a minimização dos custos e mantendo a produção mínima necessária para que atenda a todos os usuários desse serviço.

Na cozinha industrial, em que também ocorrem vários processos assim como em outras manufaturas, há necessidade de uma produção eficiente. Também, como descrito por Hillier & Lieberman (2006), a pesquisa operacional é aplicada a problemas envolvendo como conduzir e coordenar as operações (isto é, as atividades) em uma organização. Então a utilização da pesquisa operacional em uma cozinha industrial é fundamental para a eficácia da mesma.

Portanto, este artigo tem como objetivo utilizar a pesquisa operacional para minimizar o custo de produção no cardápio de uma cozinha industrial, visando uma diminuição do custo total de produção, respeitando as exigências da empresa contratante e as quantidades máximas de nutrientes que uma refeição completa deve possuir.

Este artigo está dividido em: referencial teórico, onde se apresenta conceitos importantes para compreensão desse artigo; metodologia, onde se descreve as etapas de construção do trabalho; estudo de caso, onde se apresenta os dados coletados; análise e resultados, onde se apresenta o tratamento dos dados coletados e os resultados obtidos; e, por fim, conclusão, onde se faz as considerações sobre os resultados obtidos.

2. Referencial teórico

Apresentam-se os quatro conceitos importantes para o entendimento desse trabalho, que são os conceitos de pesquisa operacional, de programação linear, de cozinha industrial e de nutrientes.

2.1. Pesquisa operacional

Segundo Hillier & Lieberman (2006) as origens da PO podem ser remontadas muitas décadas atrás quando foram feitas tentativas iniciais no emprego de uma abordagem científica na gestão das organizações. Porém, o início da atividade, assim denominada pesquisa operacional, geralmente é atribuído às atividades militares nos primórdios da Segunda Guerra Mundial. Em razão do empreendimento da guerra, havia uma necessidade premente de se alocar de forma eficiente os escassos recursos para as diversas operações militares e atividades internas a cada operação. Consequentemente, os comandos militares britânico e norte-americano convocaram grande número de cientistas para aplicar uma abordagem científica para lidar com este e outros problemas táticos e estratégicos. Na prática lhes foi solicitado à realização de pesquisas sobre operações (militares). Essas equipes de cientistas foram as primeiras de PO.

A PO transforma problemas do cotidiano em equações e/ou inequações matemáticas que se manejado de forma correta nos propõe resultados para tais. Essa transformação se chama modelagem. Segundo Taha (2008), em PO não temos uma única técnica para resolver todos os modelos matemáticos que podem surgir na prática. Em vez disso, o tipo e complexidade do modelo matemático é que determina a natureza do método de solução. A técnica mais utilizada de PO é a programação linear. Outras técnicas são a programação inteira, a programação dinâmica, a otimização em rede e a programação não linear. Uma peculiaridade da maior parte das técnicas de PO é que as soluções não são obtidas em formas fechadas. Em vez disso, são determinadas por algoritmos. Um algoritmo fornece regras de cálculo fixas que são aplicadas repetidas vezes ao problema, sendo que cada repetição (denominada iteração) a solução fica mais próxima de se tornar ótima. Como os cálculos associados a cada iteração costumam ser entediante e volumosos, é imperativo que esses algoritmos sejam aplicados por computadores.

Após muitos anos de desenvolvimento a PO tem diversos tipos de softwares onde das equações são obtidos os valores propostos para cada variável. O *Excel Solver* ou o *LINDO*,

por exemplo, são softwares que ajudam na solução de problemas, o *LINDO* em especial é um deles, que foi usado na solução dos problemas nesse artigo.

2.2. Programação linear

O desenvolvimento da programação linear tem sido classificado entre os mais importantes avanços científicos dos meados do século XX e temos de concordar com essa afirmação. Seu impacto desde 1950 tem sido extraordinário. Hoje em dia é uma ferramenta-padrão que poupou muitos milhares ou milhões de dólares para muitas empresas ou até mesmo negócios de tamanho moderado em diversos países industrializados ao redor do mundo; e seu emprego em outros setores da sociedade se espalhou rapidamente (HILLIER & LIEBERMAN, 2006).

A programação linear usa um modelo matemático para descrever o problema em questão. É dita como linear, pois todas as funções matemáticas nesse modelo são necessariamente funções lineares. E a palavra programação é, essencialmente, um sinônimo para planejamento. Portanto, a programação linear envolve o planejamento de atividades para obter um resultado ótimo, isto é, um resultado que atinja o melhor objetivo especificado (de acordo com o modelo matemático) entre todas as alternativas viáveis.

Segundo Lachtermacher (2007), programação linear é um problema de programação matemática em que as funções-objetivos e de restrições são lineares, isto é:

$$\text{Otimizar: } Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

sujeito a:

$$g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) (\leq, =, >) b_1$$

$$g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) (\leq, =, >) b_2$$

⋮

$$g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) (\leq, =, >) b_m$$

Onde:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{inx_n}$$

para $i = 1, \dots, m$

n é o número de variáveis;

m é o número de restrições do problema;

i é o índice de uma determinada restrição;

j é o índice de uma determinada variável;

c_i é o coeficiente (constante) da variável x_i da função-objetivo;

a_{ij} é o coeficiente (constante) da variável x_i da j -ésima restrição.

2.3. Cozinha industrial

O conceito básico de cozinha industrial é o fornecimento de refeições prontas, predominado para empresas, como por exemplo, empresas de linhas áreas, de transporte rodoviário, cantinas, restaurantes de empresas, hospitais, penitenciárias e outros serviços de alimentação privativos (SILVA, 2017). Os clientes englobam desde pessoas físicas com atividades fora do lar até hospitais e empresas dos mais variados portes. Assim sendo, as cozinhas funcionam como uma verdadeira indústria, onde cada setor exerce função específica.

No Brasil ganha campo o segmento dos semi-prontos, alimentos frescos para consumo em curto prazo que requerem pouco tempo de preparo, criando-se então, um nicho de fornecimento de comida pronta, com empresas fornecendo itens individuais, refeições completas ou por encomenda como é o caso da empresa em estudo nesse artigo.

2.4. Nutrientes

Os nutrientes são substâncias utilizadas pelo organismo por meio da alimentação e têm como objetivo fazer com que o organismo funcione perfeitamente. Eles são divididos em macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são os carboidratos, proteínas e as gorduras. Os micronutrientes são as vitaminas, minerais, água e fibras (PORTAL EDUCAÇÃO, 2017). Nesse trabalho foram somente considerados os macronutrientes.

Os carboidratos dão energia ao organismo para poder realizar, as atividades diárias, como por exemplo, dirigir, andar, trabalhar, estudar, se exercitar, entre outros. As proteínas regulam a concentração muscular, ajudam na formação dos hormônios e de anticorpos e auxiliam a dilatação e a concentração dos vasos sanguíneos, ou seja, elas têm uma função construtora e reparadora para o organismo. As gorduras, que também são chamadas de lipídios, têm a função não só de reserva de energia, mas também são utilizadas para construir a membrana das células na produção de alguns hormônios para proteger o corpo contra o frio e traumatismos.

3. Metodologia

Como metodologia de pesquisa esse artigo tem caráter exploratório, uma vez que foram realizadas nas seguintes etapas citadas a seguir:

- a) Levantamento bibliográfico: nessa etapa foram feitas todas as pesquisas bibliográficas necessárias para o desenvolvimento do artigo, em livros, sites e outros artigos de assunto em comum.
- b) Escolha de uma instituição para a aplicação da pesquisa operacional: nessa fase foram coletados dados de possíveis empresas candidatas para a aplicação das ferramentas da PO.
- c) Escolha do problema a ser estudado (redução do custo de produção): posteriormente, optou-se pela diminuição do custo de produção do cardápio da quarta-feira, o qual oferecia maior custo dentre os demais dias da semana.
- d) Levantamento de dados: consequentemente, se coletou os dados de custo individual de produção de cada alimento. Ex; Arroz: custo, feijão: custo, e as restrições como, capacidade produtiva da empresa e restrições da contratante (é necessário fornecer pelo menos uma opção de fruta).
- e) Tratamento de dados, formulação da função objetivo, restrições: nessa etapa foi possível formular uma equação que representasse a função objetivo e inserir as restrições no software *LINDO*.
- f) Avaliação dos resultados obtidos: nessa etapa foram avaliados os resultados supostos pelo programa para que pudesse ser efetuada a aplicação da proposta final.
- g) Suposições de melhorias: por fim, o artigo foi apresentado à empresa como proposta de redução dos custos para a produção do cardápio.

4. Estudo de caso

Para realização desse trabalho foi utilizado um estudo de caso. Segundo Prodanov & Freitas

(2013) estudo de caso consiste em coletar e analisar informações sobre determinado indivíduo, uma família, um grupo ou uma comunidade, a fim de estudar aspectos variados de sua vida, de acordo com assunto da pesquisa. É um tipo de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, entendido como uma categoria de investigação que tem como objetivo o estudo de uma unidade aprofundada, podendo tratar-se de um sujeito, de um grupo de pessoas, de uma comunidade, entre outros.

4.1. Caracterização da empresa

O estudo foi realizado em uma empresa que fornece refeições diárias além de serviços gerais como limpeza predial e lavanderia, porém sua especialidade é trabalhar com cozinha industrial. A referida empresa presta serviços com elevado padrão de qualidade, tendo por objetivo garantir os nutrientes suficientes para que o cliente possa se alimentar de forma saudável garantindo assim a sua satisfação, possui bastante experiência no ramo de cozinha industrial e prestações de serviços, estando a 19 anos no mercado.

Essa empresa possui no total de 70 funcionários distribuídos em três cozinhas industriais localizada em Barcarena, Paragominas e Tome Açu fornecendo entre 200 a 250 refeições diárias em cada departamento, sendo que a sua matriz fica situado em Barcarena.

4.2. Dados obtidos

Em entrevista realizada com funcionário da empresa se conseguiu dados como: o cardápio oferecido em um dia da semana; a quantidade de alimento produzido; o custo de produção desses alimentos; e as quantidades mínimas necessárias.

O cardápio que foi fornecido foi o cardápio que a empresa oferece as Quartas-Feiras. Juntamente com o cardápio foi fornecido às quantidades produzidas de cada alimento, como também os seus respectivos custos totais. Também foram fornecidas as quantidades mínimas a serem produzidas de cada alimento, e as proporções máximas que cada nutriente deve conter no cardápio.

Com esses dados se montou a Tabela 1, que relaciona os tipos de alimentos do cardápio, as quantidades produzidas de cada alimento, os custos totais de produção e os custos de produção por quilograma.

Nº	Tipo de Alimentos	Peso produzido (Kg)	Custo total de produção	Custo de produção por kg
1	CALDEIRADA DE PEIXE	30	R\$ 432,72	R\$ 14,42
2	BIFE A ROLÊ	15	R\$ 181,51	R\$ 12,10
3	FEIJÃO	7	R\$ 75,00	R\$ 10,71
4	PIRÃO C/ OVOS	4	R\$ 23,24	R\$ 5,81
5	ARROZ	10	R\$ 31,36	R\$ 3,14
6	MACARRÃO	4	R\$ 10,76	R\$ 2,69
7	FAROFA	1,5	R\$ 10,51	R\$ 7,01
8	FARINHA	2	R\$ 6,66	R\$ 3,33
9	SUCO DE ACEROLA	5	R\$ 27,00	R\$ 5,40
10	SALADA CRUA	18	R\$ 28,94	R\$ 1,61
11	BETERRABA COZIDA	8	R\$ 11,20	R\$ 1,40
12	CREME DE ABACATE	7	R\$ 65,23	R\$ 9,32
13	MELÃO	3	R\$ 3,48	R\$ 1,16
	TOTAL	114,5	R\$ 907,61	R\$ 7,93

Tabela 1 – Tipos de alimentos, quantidades produzidas e custo do cardápio de Quarta-Feira

Na Tabela 1 observa-se que a quantidade total de alimentos produzida é 114,5 Kg gerando

assim um custo total de produção é de R\$ 907,61. Observa-se também que o alimento com maior custo de produção por quilograma é o alimento número 1 Caldeirada de Peixe, com R\$ 14,42 por quilograma. Também se observa que o custo total de produção por quilograma é de R\$ 7,93 (esse valor é obtido dividindo-se o custo total de produção, R\$ 907,61, pelo peso total produzido, 114,5 quilogramas).

Com o cardápio se fez o levantamento das quantidades de nutrientes que cada um possuía. Para tal levantamento foi realizados sites e tabelas que possuem informações nutricionais. Em especial se utilizou os sites Myfitneespal e Fatsecret Brasil, além da tabela da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (NEPA-UNICAMP, 2006). Assim se obtém a Tabela 2.

Nº	Tipo de alimentos	Proteínas g/Kg	Carboidratos g/Kg	Gorduras g/Kg
1	CALDEIRADA DE PEIXE	240	90	70
2	BIFE A ROLÊ	210	20	90
3	FEIJÃO	90	60	60
4	PIRÃO C/ OVOS	28	642	62
5	ARROZ	25	281	20
6	MACARRÃO	34	230	4
7	FAROFA	21	803	91
8	FARINHA	16	879	3
9	SUCO DE ACEROLA	6	0	55
10	SALADA CRUA	10	33	0
11	BETERRABA COZIDA	13	72	1
12	CREME DE ABACATE	13	117	115
13	MELÃO	7	75	0

Tabela 2 – Nutrientes por alimento

Para montar os cardápios a empresa atende requisitos de proporções de nutrientes. Assim foi repassado às proporções máximas que cada nutriente deve conter nos cardápios. As proporções são de:

- a) No máximo 30% de proteínas;
- b) No máximo 65% de carboidratos;
- c) No máximo 25% de gorduras.

Também foram fornecidas as quantidades mínimas a serem produzidas de cada alimento. Assim se construiu uma tabela para relacionar essas quantidades, a Tabela 3.

Nº	Tipo de alimentos	Mínimo (Kg)
1	CALDEIRADA DE PEIXE	15
2	BIFE A ROLÊ	8
3	FEIJÃO	4
4	PIRÃO C/ OVOS	2
5	ARROZ	10
6	MACARRÃO	2,5
7	FAROFA	1
8	FARINHA	2
9	SUCO DE ACEROLA	3
10	SALADA CRUA	8
11	BETERRABA COZIDA	1
12	CREME DE ABACATE	3,5
13	MELÃO	idem

Tabela 3 – Quantidades mínimas de cada tipo de alimento a ser produzida

De posse dessas informações começou-se a fazer a programação linear, a qual será colocada no programa computacional *LINDO*, para assim se obter uma solução ótima.

5. Análise e resultados

O primeiro passo da programação linear foi identificar e nomear as variáveis. Para atingir o objetivo desse trabalho, se utilizou as quantidades a serem produzidas de cada alimento do cardápio como variável. Assim, quando se obter a resposta ótima no software, se observara as quantidades de cada alimento que a empresa deve produzir. Para facilitar o entendimento do problema se construiu o Quadro 1, onde nomeia-se os alimentos as respectivas variáveis.

Nº	TIPO DE ALIMENTOS	VARIAVEL
1	CALDEIRADA DE PEIXE	X1
2	BIFE A ROLÊ	X2
3	FEIJÃO	X3
4	PIRÃO C/ OVOS	X4
5	ARROZ	X5
6	MACARRÃO	X6
7	FAROFA	X7
8	FARINHA	X8
9	SUCO DE ACEROLA	X9
10	SALADA CRUA	X10
11	BETERRABA COZIDA	X11
12	CREME DE ABACATE	X12
13	MELÃO	X13

Quadro 1 - Variáveis da programação linear

Assim, como é possível observa no Quadro 1, a variável X1 indica a quantidade a ser produzida do alimento Caldeirada de Peixe, a variável X2 indica a quantidade a ser produzida do alimento Bife a Rolê, e assim sucessivamente.

Em sequencia se montou a função objetivo. A função objetivo de programação linear deve relacionar os custos de produção com as quantidades a serem produzidas, tendo como

resposta o custo total de produção, o qual se quer minimizar para atingir o objetivo desse trabalho. Com os dados de custo de produção por quilograma da Tabela 1 e as variáveis do Quadro 1 obtém-se a seguinte função:

$$\min Z = 14,42X_1 + 12,1X_2 + 10,71X_3 + 5,81X_4 + 3,14X_5 + 2,69X_6 + 7,01X_7 + 3,33X_8 + 5,4X_9 + 1,61X_{10} + 1,4X_{11} + 9,32X_{12} + 1,16X_{13}$$

Os coeficientes na frente das variáveis são os custos de produção por quilograma, assim as variáveis serão também dadas em quilograma.

Após montar a função objetivo, seguiu-se para as restrições. A primeira restrição a ser montada, foi a restrição de máximo de nutrientes. Com os dados da Tabela 2 e as respectivas restrições de cada nutriente, obtém-se as seguintes inequações:

a) Máximo de proteínas:

$$240X_1 + 210X_2 + 90X_3 + 28X_4 + 25X_5 + 34X_6 + 21X_7 + 16X_8 + 6X_9 + 10X_{10} + 13X_{11} + 13X_{12} + 7X_{13} \leq 0,3 \sum X_n 1000$$

b) Máximo de carboidratos:

$$90X_1 + 20X_2 + 60X_3 + 642X_4 + 281X_5 + 230X_6 + 803X_7 + 879X_8 + 0X_9 + 33X_{10} + 72X_{11} + 117X_{12} + 75X_{13} \leq 0,65 \sum X_n 1000$$

c) Máximo de gorduras:

$$70X_1 + 90X_2 + 60X_3 + 62X_4 + 20X_5 + 4X_6 + 91X_7 + 3X_8 + 55X_9 + 0X_{10} + 1X_{11} + 115X_{12} + 0X_{13} \leq 0,25 \sum X_n 1000$$

O coeficiente 1000 no fim de cada restrição é um ajuste de unidades, pois os valores das variáveis serão expressos em quilogramas (Kg) e as quantidades de nutrientes estão em gramas por quilograma (g/Kg).

As restrições seguintes foram as quantidades mínimas que cada alimento. Nessas restrições foram utilizados os dados da Tabela 3 aliados as variáveis pra montar as inequações, gerando assim doze inequações.

Para se obter uma resposta mais satisfatória, dividiu-se os alimentos em três classes, dando uma proporção para cada classe desses alimentos. Assim se tem as seguintes classes:

- a) A primeira classe pertence os alimentos principais, que são os dois primeiros alimentos, Caldeirada de Peixe e Bife a Rolê;
- b) A segunda classe pertence os alimentos ditos como acompanhamentos, que são Feijão, Arroz, Macarrão, Pirão com Ovo e Salada Crua;
- c) A terceira classe pertence os alimentos que são mais opcionais, que são Farofa, Farinha, Suco de Acerola, Beterraba Cozida, Creme de Abacate e Melão.

Para cada classe foi dada uma proporção:

a) A primeira classe tem que ser igual a 50% do total. Assim gera a seguinte equação:

$$X_1 + X_2 = 0,5 \sum X_n$$

b) A segunda classe tem que ser igual a 30% do total. Assim gera a seguinte equação:

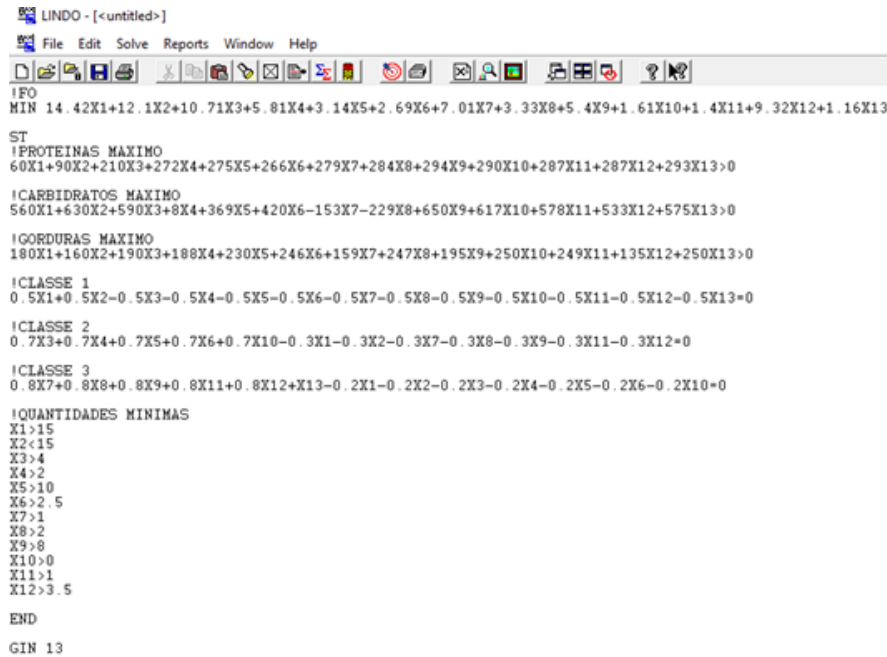
$$X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_{10} = 0,3 \sum X_n$$

c) A terceira classe tem que ser igual a 20% do total. Assim gera a seguinte equação:

$$X7 + X8 + X9 + X11 + X12 + X13 = 0,2 \sum X_n$$

Para que o software LINDO não elevasse muito o valor da variável X_2 colocou-se um limite máximo na mesma de 15 Kg. Assim concluiu-se a programação linear com a função objetivo e as restrições.

Após o termino da programação linear, aplicou-se esta no software *LINDO*. O *LINDO* é um programa computacional que utiliza o método *SIMPLEX* para resolver problemas de maximização ou minimização de programações lineares. A Figura 1 mostra a programação no software.



```

LINDO - [untitled]
File Edit Solve Reports Window Help

MIN 14.42X1+12.1X2+10.71X3+5.81X4+3.14X5+2.69X6+7.01X7+3.33X8+5.4X9+1.61X10+1.4X11+9.32X12+1.16X13

ST
!PROTEINAS MAXIMO
60X1+90X2+210X3+272X4+275X5+266X6+279X7+284X8+294X9+290X10+287X11+287X12+293X13>=0

!CARBIDRATOS MAXIMO
560X1+630X2+590X3+8X4+369X5+420X6-153X7-229X8+650X9+617X10+578X11+533X12+575X13>=0

!GORDURAS MAXIMO
180X1+160X2+190X3+188X4+230X5+246X6+159X7+247X8+195X9+250X10+249X11+135X12+250X13>=0

!CLASSE 1
0.5X1+0.5X2-0.5X3-0.5X4-0.5X5-0.5X6-0.5X7-0.5X8-0.5X9-0.5X10-0.5X11-0.5X12-0.5X13=0

!CLASSE 2
0.7X3+0.7X4+0.7X5+0.7X6+0.7X10-0.3X1-0.3X2-0.3X7-0.3X8-0.3X9-0.3X11-0.3X12=0

!CLASSE 3
0.8X7+0.8X8+0.8X9+0.8X11+0.8X12+X13-0.2X1-0.2X2-0.2X3-0.2X4-0.2X5-0.2X6-0.2X10=0

!QUANTIDADES MINIMAS
X1>=15
X2<=15
X3>=4
X4>=2
X5>=10
X6>=2.5
X7>=1
X8>=2
X9>=8
X10>=0
X11>=1
X12>=3.5

END

GIN 13
  
```

Figura 1 – Área de trabalho do software *LINDO* com a programação linear

Com essa programação o software propôs a solução ótima que esta na Figura 2.

LINDO - [Reports Window]

File Edit Solve Reports Window Help

RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 739.5300

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	25.000000	14.420000
X2	15.000000	12.100000
X3	4.000000	10.710000
X4	2.000000	5.810000
X5	10.000000	3.140000
X6	3.000000	2.690000
X7	1.000000	7.010000
X8	2.000000	3.330000
X9	8.000000	5.400000
X10	5.000000	1.610000
X11	1.000000	1.400000
X12	4.000000	9.320000
X13	0.000000	1.160000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	13866.000000	0.000000
3)	41160.000000	0.000000
4)	15326.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000001	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	10.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.500000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	5.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.500000	0.000000
20)	6.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 32
BRANCHES= 0 DETERM. = 1.000E 0

Figura 2 – Resposta ótima obtida no software *LINDO*

Como é possível se observar na Figura 2, o valor mínimo atingido pela função objetivo é R\$ 739,53. Para compreender melhor a resposta dada pelo software se montou a Tabela 4 onde se relaciona os tipos de alimentos, as variáveis, as quantidades obtidas na resposta ótima e os custos de produção.

Nº	Tipo de alimentos	Variável	Quantidade (Kg)	Custo de produção por Kg	Custo total de produção
1	CALDEIRADA DE PEIXE	X1	25	R\$ 14,42	R\$ 360,60
2	BIFE A ROLÊ	X2	15	R\$ 12,10	R\$ 181,51
3	FEIJÃO	X3	4	R\$ 10,71	R\$ 42,86
4	PIRÃO C/ OVOS	X4	2	R\$ 5,81	R\$ 11,62
5	ARROZ	X5	10	R\$ 3,14	R\$ 31,36
6	MACARRÃO	X6	3	R\$ 2,69	R\$ 8,07
7	FAROFA	X7	1	R\$ 7,01	R\$ 7,01
8	FARINHA	X8	2	R\$ 3,33	R\$ 6,66
9	SUCO DE ACEROLA	X9	8	R\$ 5,40	R\$ 43,20
10	SALADA CRUA	X10	5	R\$ 1,61	R\$ 8,04
11	BETERRABA COZIDA	X11	1	R\$ 1,40	R\$ 1,40
12	CREME DE ABACATE	X12	4	R\$ 9,32	R\$ 37,27
13	MELÃO	X13	3	R\$ 1,16	R\$ 3,48
	TOTAL		83	R\$ 8,95	R\$ 743,08

Tabela 4 – Resultados obtidos

Como a empresa possui uma política que deve oferecer uma fruta em seu cardápio colocou-se a mesma quantidade de Melão que a empresa já serve em seu cardápio normal, assim aumentando o valor de custo total obtido no software *LINDO*. Pode-se observar então que a

quantidade total de alimento produzida é de 83 Kg, gerando um custo total de produção é de R\$ 743,08, e que o custo de produção por quilograma total é de R\$ 8,95 (esse valor é obtido dividindo-se o custo total de produção pela quantidade total produzida).

Com os resultados obtidos na Tabela 4 se faz as análises. A primeira análise que se faz é que se atingiu uma redução de custos. Para melhor ilustrar essas reduções de custos se construiu a Tabela 5, onde se faz a comparação entre o que a empresa produz e a resposta obtida da programação linear.

DESCRIÇÃO		PRODUZIDO PELA EMPRESA		RESPOSTA OBTIDA	
Nº	Tipo de alimentos	Peso produzido (kg)	Custo total de produção	Quantidade (kg)	Custo total de produção
1	CALDEIRADA DE PEIXE	30	R\$ 432,72	25	R\$ 360,60
2	BIFE A ROLÊ	15	R\$ 181,51	15	R\$ 181,51
3	FEIJÃO	7	R\$ 75,00	4	R\$ 42,86
4	PIRÃO C/ OVOS	4	R\$ 23,24	2	R\$ 11,62
5	ARROZ	10	R\$ 31,36	10	R\$ 31,36
6	MACARRÃO	4	R\$ 10,76	3	R\$ 8,07
7	FAROFA	1,5	R\$ 10,51	1	R\$ 7,01
8	FARINHA	2	R\$ 6,66	2	R\$ 6,66
9	SUCO DE ACEROLA	5	R\$ 27,00	8	R\$ 43,20
10	SALADA CRUA	18	R\$ 28,94	5	R\$ 8,04
11	BETERRABA COZIDA	8	R\$ 11,20	1	R\$ 1,40
12	CREME DE ABACATE	7	R\$ 65,23	4	R\$ 37,27
13	MELÃO	3	R\$ 3,48	3	R\$ 3,48
	TOTAL	114,5	R\$ 907,61	83	R\$ 743,08

Tabela 5 – Comparação entre a produção da empresa e a resposta obtida pela programação linear

Observa-se na Tabela 5 uma redução substancial, de R\$ 164,53, aproximadamente 18%, nos custos de produção. Também se observa a redução na quantidade total de alimentos, de 31,5 Kg. Mas, de acordo como a empresa, essa quantidade total de alimento também atende a sua demanda.

6. Conclusão

Portanto, o objetivo desse trabalho foi atingido, se conseguiu apresentar uma redução de custo para empresa atendendo as restrições que a mesma deve seguir. Também é possível fazer novas suposições sobre esse trabalho e para trabalhos futuros. Com o fato de se conseguir reduzir os custos em um cardápio de um dia da semana mais de R\$ 100,00, se expandir essa mesma redução de custo para os outros dias da semana, tem-se aproximadamente R\$ 2800,00 de redução em um mês com quatro semanas, e uma redução aproximada de R\$ 33600,00 em um ano.

Outra suposição que é possível fazer é a substituição de alguns alimentos por outros mais baratos, mas, logicamente, levando em consideração a qualidade dos alimentos em questão, os nutrientes existentes nos mesmos, e, principalmente, a cultura local de consumir certos alimentos. Também é possível supor melhorias nos processos produtivos dos alimentos, como, por exemplo, utilizar pesquisa operacional para melhorar a gestão de estoque, ou mapear o processo para descobrir desperdícios, entre outros.

Assim cada vez mais se faz importante a utilização de ferramentas como a pesquisa operacional para uma melhor gestão de recursos em um mercado cada vez mais competitivo. Dentro do enorme universo da engenharia, tais ferramentas estão cada vez mais aprimoradas e sua utilização está se tornando mais usual. Softwares, como o *LINDO*, utilizado neste trabalho, estão mais acessíveis. Então, conhecer e utilizar a Pesquisa Operacional, é vital para manter-se competitivo no mundo atual.

Referencias

HILLIER, Frederick S.; LIERBEMAN, Gerald J. Introdução a Pesquisa Operacional, 8 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

LACHTERMACHER, Gerson. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões: Modelagem em Excel, Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

NEPA, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2 ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006.

POTAL EDUCAÇÃO. Nutrientes: Substâncias fundamentais para a saúde. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/direito/nutrientes-substancias-fundamentais-para-a-saude/60205>>. Acesso em: 10 de agosto 2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SILVA, Helora S. B. Cozinha industrial e a Estrutura de um restaurante - Como, quando e porque. Disponível em: <<http://heloraemhotelaria.blogspot.com.br/2012/09/cozinha-industrial-e-estrutura-de-um.html>>. Acesso em: 10 de agosto 2017.

TAHA, Hamdy A. Pesquisa Operacional: Uma visão geral, 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.