UMA VARIAÇÃO PARA O PROBLEMA CLÁSSICO DA DIETA: A MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE CALORIAS

A VARIATION TO THE CLASSIC DIET PROBLEM: A MINIMIZATION OF CONSUMPTION OF CALORIES

Rosana Maria Luvezute Kripka, Cleonice Peccati

Universidade Passo Fundo – Campus 1 BR 285, São José, CEP: 99052-900 – Passo Fundo - RS E-mail: rkripka@upf.br; nicepecatti@hotmail.com

RESUMO

Na literatura, o objetivo do problema clássico da dieta consiste em minimizar custos dos alimentos presentes na dieta, respeitando as restrições nutricionais dos alimentos, necessárias para uma alimentação saudável. Neste artigo apresenta-se uma pesquisa, realizada na Universidade de Passo Fundo, onde se investigou o processo de modelagem matemática para otimização do problema de dieta alimentar, de modo a se determinar qual deveria ser a dieta semanal, que tornaria mínima a ingestão de calorias. Para validação do modelo foram considerados dados reais, obtidos por pesquisa de campo. Os resultados obtidos para o problema da dieta, que são sugestões otimizadas de refeições diárias, satisfazem as restrições nutricionais para uma dieta saudável e possuem valores calóricos inferiores aos praticados pela nutricionista, tornando assim a dieta ainda mais eficiente.

Palavras-chave: Problema da dieta; Programação Linear; LINDO, Solver do Excel, LINGO.

ABSTRACT

In the literature, the objective of the classical diet problem is to minimize food costs, while respecting the nutritional constraints of foods required for healthy eating. This paper presents a research carried out at the University of Passo Fundo, which investigated the process of mathematical modeling for optimizing the diet problem in order to determine how should be the weekly diet for the minimum calorie intake. For validating the model were considered real data obtained by field survey. The results obtained for the diet problem are suggestions optimized for daily meals, that considered the dietary restrictions for to have a healthy diet, with caloric values lower than those charged by the nutritionist, thus making the diet even more effective

Keywords: Diet problem; Linear Programming; LINDO, Excel Solver, LINGO.

1. INTRODUÇÃO

A fim de buscarem uma melhoria na qualidade de vida, principalmente preocupados com a saúde pessoal, muitas pessoas procuram melhorar seus hábitos alimentares. Por intermédio de uma nutricionista buscam a melhor combinação possível dos alimentos, a serem ingeridos nas refeições diárias, com o objetivo de qualificar a saúde ou, até mesmo, manter a forma através de uma redução na ingestão de calorias

De acordo com Namem e Bornstein (2004) o problema da dieta foi proposto inicialmente por Stiger em 1945, sendo resolvido primeiramente por análises de combinações possíveis entre os alimentos. Segundo os autores, em 1947, George B. Dantzig desenvolveu o método simplex para resolução de

problemas de otimização linear e que o problema da dieta foi um dos primeiros problemas a serem resolvidos pelo algoritmo proposto.

Lancarster (1992) ao se referir sobre à evolução do problema da otimização da dieta, com custo mínimo, afirma que ele somente foi resolvido por computadores de grande porte a partir da década de 60. Também comenta que em pesquisas posteriores, além de respeitar os requisitos básicos necessários para uma dieta balanceada, também começaram a ser consideradas preferências alimentares nos planejamentos de cardápios.

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos indicando os benefícios do uso das ferramentas da pesquisa operacional na resolução de problemas reais. Como exemplos podem ser citados o trabalho apresentado por Justus, Spak e Colmenero (2012) para planejamento de cardápios universitários balanceados, com custos mínimos e o apresentado por Moreira (2003) onde apresenta aplicações da programação linear em problemas da área de saúde.

Também são desenvolvidas pesquisas visando realizar comparativos entre modelos matemáticos desenvolvidos por diversos autores ao longo da história, como é o caso do trabalho de Namem e Bornstein (2004). Os autores apresentam uma ferramenta computacional que desenvolveram com o propósito de comparar os resultados obtidos por diversos modelos de otimização, com objetivo de elaboração de dietas humanas com custo mínimo.

Além disso, os modelos criados não se limitam à dieta humana e diversos autores já os aplicaram na elaboração de ração de gado, de aves ou de peixes (MUNFORD,1996; CADENAS *ET AL.*, 2004; NOLET, 1995; SHEARER, 1995).

A proposta deste trabalho consiste em apresentar a investigação de uma modelagem matemática de otimização para o problema da dieta humana, onde, diferentemente do objetivo do problema clássico da dieta humana (que consiste em determinar a dieta com custo mínimo).

Se objetivou determinar uma dieta alimentar com ingestão mínima de calorias, que respeitasse as necessidades diárias de ingestão dos macro e micro nutrientes, informados por uma nutricionista.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Rangel "o problema da dieta consiste em, dado um conjunto de alimentos escolher quais e quantos usar de cada um para compor uma dieta alimentar, que atenda quantidades pré-determinadas de nutrientes, segundo algum critério." (2005, p.7).

Geralmente no problema clássico da dieta busca-se compor uma dieta de custo mínimo que respeite as restrições de nutrientes pré-estabelecidos devido à necessidades existentes.

Pelas características matemáticas do problema da dieta, o modelo matemático de otimização que o representa é considerado um problema de programação linear (PPL).

Segundo Goldbarg & Lunna. a programação linear é uma subárea da programação matemática em que, "as variáveis são contínuas e apresentam comportamento linear, tanto em relação às restrições como à função objetivo" (2005, p.11)

Conforme Lachtermacher (2007, p.19), um modelo matemático de Programação Linear, de uma maneira geral, podem ser representados da seguinte forma:

$$\begin{cases} \text{Otimizar} & Z = f(x_1, x_2, K, x_n) \\ \text{sujeito à} & g_1(x_1, x_2, K, x_n) \\ & g_2(x_1, x_2, K, x_n) \\ & M \\ & g_m(x_1, x_2, K, x_n) \end{cases} \ge \begin{cases} b_1 \\ b_2 \\ M \\ b_m \end{cases}$$

onde:
$$f(x_1, x_2, K, x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + ... + c_n x_n$$

 $g_i(x_1, x_2, ..., x_n) = a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + ... + a_{i3} x_3 + ... + a_{in} x_n$, para $i = 1, ..., m$

n: é o número de variáveis;

m : é o número de restrições do problema;

i: é o índice de uma determinada restrição (i = 1,2,K,m);

j: é o índice de uma determinada variável (j = 1,2,K,n)

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

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

Para ilustrar o processo de obtenção do PPL apresenta-se, um exemplo de modelagem matemática de um problema da dieta clássico, que consiste basicamente em se determinar qual deve ser a ingestão diária de alimentos, que respeite determinados requisitos nutricionais, cujo objetivo consiste em obter uma dieta saudável com custo mínimo.

"Suponha que, por motivos justificáveis, uma certa dieta alimentar esteja restrita a leite desnatado, carne magra de boi, carne de peixe e uma salada de composição bem conhecida. Sabendo-se que os requisitos nutricionais serão expressos em termos de vitaminas A, C, e D e controlados por suas quantidades mínimas (em miligramas), uma vez que são indispensáveis à preservação da saúde da pessoa que estará se submetendo a dieta. A Tabela 2.2 resume a quantidade de cada vitamina em disponibilidade nos alimentos e sua necessidade diária para a boa saúde de uma pessoa" (Goldbarg & Lunna, 2005, p.30)

Tabela 1: Descrição de dados do problema da dieta

1 400 0144 1. 200	serrence de dades	are procremia a			
Vitamina	Leite (litros)	Carne (Kg)	Peixe (Kg)	Salada (100g)	Requisito Nutricional Mínimo
A	2 mg	2 mg	10 mg	20 mg	11 mg
С	50 mg	20 mg	10 mg	30 mg	70 mg
D	80 mg	70 mg	10 mg	80 mg	250 mg
Custo	2 reais	4 reais	1,5 real	1 real	

FONTE: (GOLDBARG & LUNA, 2005, p.30)

Definindo as variáveis de decisão como:

 x_1 : quantidade de litros de leite na dieta escolhida;

 x_2 : quantidade de quilos de carne na dieta escolhida;

 x_3 : quantidade de quilos de peixe na dieta escolhida;

 x_4 : quantidade de porções de 100 g de salada na dieta escolhida.

Se define a função objetivo por: $z = 2x_1 + 4x_2 + 1.5x_3 + 1x_4$.

Como as ingestões de vitaminas devem ser maiores ou iguais aos requisitos nutricionais estabelecidos como quantidades mínimas a serem ingeridas, são consideradas as seguintes restrições:

$$2x_1 + 2x_2 + 10x_3 + 20x_4 \ge 11$$
 (Vitamina A)
 $50x_1 + 20x_2 + 10x_3 + 30x_4 \ge 70$ (Vitamina C)
 $80x_1 + 70x_2 + 10x_3 + 80x_4 \ge 250$ (Vitamina D)

Também devem ser consideradas as restrições de não negatividade:

$$x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0, x_4 \ge 0$$

Assim, se obtém o seguinte modelo de Programação Linear:

Minimizar
$$z = 2x_1 + 4x_2 + 1,5x_3 + x_4$$

sujeito a $2x_1 + 2x_2 + 10x_3 + 20x_4 \ge 11$
 $50x_1 + 20x_2 + 10x_3 + 30x_4 \ge 70$
 $80x_1 + 70x_2 + 10x_3 + 80x_3 \ge 250$
 $x_1 \ge 0, x_2 \ge 0, x_3 \ge 0, x_4 \ge 0$

que representa o problema da dieta proposto.

O primeiro método para resolução de problemas de programação linear foi desenvolvido por George B. Dantzig em 1947, o qual foi denominado por método simplex (DANTZIG, 1963).

Atualmente existem diversos programas de computadores que realizam a otimização automática de PPLs. Dentre eles utilizamos neste trabalho o *LINDO* (2013), o *Solver* do Excel e o *LINGO* (*LINDO*, 203), devido a facilidade de utilização dos mesmos e também *devido* ao aumento gradativo de variáveis. No inicio trabalhamos com o *LINDO*, ao resolvemos problemas com número pequeno de variáveis, depois utilizamos com o *Solver* do Excel e finalmente, ao trabalharmos com um número maior de variáveis buscamos o *LINGO*.

Assim, justificamos nossas escolhas em razão da variação da complexidade dos problemas com os quais trabalhamos no decorrer da pesquisa realizada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Tendo em vista que a pesquisa proposta visava uma dieta alimentar com baixa ingestão de calorias, mas que não causasse problemas a saúde do paciente, seja pela má ingestão ou pela falta de nutrientes necessários ao corpo, foram realizadas várias entrevistas com uma nutricionista, de modo a se obter os dados de uma dieta real que possibilitasse a reeducação alimentar de um paciente.

Nas entrevistas, buscou-se coletar dados que possibilitassem construir um modelo matemático para se determinar a ingestão mínima de calorias, para os sete dias de uma semana, tendo como referencia as refeições diárias sugeridas pela nutricionista.

Inicialmente, os dados coletados foram organizados em tabelas para que se pudesse modelar matematicamente o problema.

Pela complexidade do problema real analisado, optou-se, inicialmente, por realizar a otimização da dieta, através da otimização das seis refeições diárias realizadas separadamente, sendo estas otimizadas

para os sete dias da semana. Por exemplo, primeiramente foram otimizados todos os cafés da manhã, de segunda à domingo. E seguida, foram otimizados todos ao lanchas da manhã e assim, sucessivamente.

Assim, foram obtidos os modelos matemáticos que descrevem as seis refeições, os quais foram otimizados através do software *LINDO* onde se obteve as sugestões diárias para ingestão dos alimentos, de tal forma que o consumo de calorias fosse mínimo.

A nutricionista nos forneceu as quantidades mínimas e máximas de macro nutrientes (carboidratos, proteínas e lipídios) e para os micro nutrientes (cálcio, ferro, fibras, vitaminas A, B1, B2, B3, C) a serem ingeridos por dia, bem como os valores percentuais para os, a serem ingeridos por refeição (ver Quadro 1 e 2).

Além disso, forneceu também os alimentos com suas quantidades e quilocalorias, relacionadas a carboidratos, proteínas, vitaminas A, B1, B2, B3 e C, lipídios, cálcio, ferro e fibras (ver Quadro 3).

Quadro 1: Quantidades mínimas e máximas de macro e micro nutrientes a serem ingeridos por dia

Quant.	Carb.	Prot.	Vit. A	Vit. B1	Vit. B2	Vit. B3	Vit.C	Lip.	Cálcio	Ferro	Fibras
mínima	312 g	62 g	800 mg	900 mg	900 mg	11 mg	60 mg	55 g	1.000mg	15 mg	6 g
máxima	390 g	140 g	2.000 mg	3.000 mg	3.500 mg	50 mg	450 mg	83 g	1.650 mg	26 mg	15 g

Quadro 2: Quantidades percentuais de consumo de macro e micro nutrientes

Café da Manhã	Lanche da Manhã	Almoço	Lanche da Tarde	Jantar	Lanche da Noite
20%	5%	35%	5%	30%	5%

Partindo do Quadro 1 de quantidades mínimas e máximas de macro e micro nutrientes a serem ingeridos por dia , teremos, então, a relação de porcentagem mínima e máxima para as seis refeições(ver Quadro 4), sendo elas, café da manha (CM), lanche da manha (LM), almoço (A), lanche da tarde (LT), jantar (J) e lanche da noite (LN)., com as quantidades mínimas e máximas de macro e micro nutrientes a serem ingeridas por dia em uma determinada refeição.

A minimização da dieta diária foi dividida em seis subproblemas, onde se minimiza o consumo de calorias pela ingestão dos alimentos presentes em cada refeição.

Assim foi realizada a minimização de as calorias ingeridas, somente no café da manha, mediante o grupo de alimentos que podem ser ingeridos somente no café da manhã.

Assim, para todas as refeições, foram definidas as variáveis, de acordo com o grupo de alimentos consumidos como: x_i : quantidade de porções do alimento i.

Para cada refeição, foi definida a função objetivo, a ser minimizada, como o produto entre a quantidade de calorias do alimento i por x_i

Assim, foram modelados e resolvidos os seis casos conforme apresentados a seguir.

1^a Refeição: Café da manhã - foram considerados os seguintes alimentos:

1 Mamão maduro 10 Larania 19 Melancia 2 Pão francês 20 Melão 11 Leite desnatado 21 Biscoito de maizena 3 queijo prato 12 Margarina vegetal 4 Presunto magro 13 Geléia de frutas 22 Biscoito de doce 5 Leite integral 14 Maça vermelha crua 23 Biscoito salgado 6 Café solúvel 15 Bolacha maria 24 Iogurte 16 Bolacha cream cracker 7 Banana prata 25 Manga rosa 8 Aveia em flocos finos 17 Abacaxi 26 Queijo minas 9 Pão de centeio 18 Açúcar refina

Revista CIATEC – UPF, vol.6 (1), p.p.13-25, 2014

Quadro 3: Quantidades de nutrientes dos alimentos.

Qui	adro 3: Quantidade					T.T. A	77' D1	LT. DO	77' D2	11' C	T ' / 1'	G/I :	ь	E.1
	Alimento	Quant.	Kcal	Carboid.	Proteína	Vit. A	Vit. B1	Vit. B2	Vit. B3	Vit. C	Lipídios	Cálcio	Ferro	Fibras
1	Mamão maduro	100g	68	14,5	0,2	X	X	X	X	20,5	1	21	0,8	0,6
2	Pão Francês	75g	201,75	43,05	6,98	X	60	45	0,9	X	0,15	16,5	0,9	0,38
3	Queijo prato	15g	52,94	X	4,4	36	6	75	0,06	X	3,93	153,45	0,12	X
4	Presunto magro	15g	25,2	X	3,6	X	123	30	0,66	X	1,2	2,1	0,28	X
5	Leite integral	165mL	103,95	8,25	5,12	64,35	21,45	313,5	0,39	1,65	5,78	188,1	0,17	X
6	Café solúvel	4g	5,16	1,4	X	X	X	8,4	1,22	X	X	7,16	0,22	X
7	Banana prata	40g	35,6	9,12	0,52	4	36,8	41,2	0,32	6,92	0,12	6	0,08	0,16
8	Aveia flocos finos	15g	52,5	8,25	2,25	X	79,5	16,5	0,12	X	1,11	X	X	1,35
9	Pão de Centeio	60g	139,2	28,74	5,22	X	114	48	0,66	X	0,36	13,2	1,38	0,72
10	Laranja	180g	81,9	17,64	1,08	23,4	162	54	0,36	84,6	0,72	81	0,36	0,72
11	Leite Desnatado	165mL	59,57	8,25	5,94	X	49,5	297	0,2	1,65	0,17	204,6	0,13	X
12	Margarina vegetal	8g	57,6	0,05	0,03	73,92	X	X	X	X	6,48	1,6	X	X
13	Geléia de frutas	8g	19,04	4,93	0,01	0,08	0,8	2,4	0,01	0,24	0,01	1,44	0,1	X
14	Maçã verm. Crua	150g	94,8	21,3	0,6	6	58,5	73,5	0,35	8,85	0,75	10,5	0,45	1,05
15	Bolacha Maria	30g	135	22,37	2,34	X	54	15	0,12	X	3,92	X	X	X
16	Bolacha Cre Cracke	30g	129,6	20,91	2,91	X	9	12	0,04	X	3,81	14,7	0,48	X
17	Abacaxi	100g	52	13,7	0,4	5	80	128	0,82	27,2	0,2	18	0,5	0,4
18	Açúcar refinado	6g	23,88	5,97	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	Melancia	200g	62	13,8	1	46	40	60	0,4	18	0,4	14	0,46	0,4
20	Melão	115g	34,39	7,3	0,97	322	34,5	23	0,6	32,08	0,15	19,55	0,46	X
21	Biscoito maisena	30g	120,9	22,23	2,7	X	54	15	0,12	X	2,34	6,6	0,45	X
22	Biscoito doce	30g	113,64	20,18	2,69	X	54	15	0,12	Х	2,74	6,6	0,06	0,15
23	Biscoito salgado	30g	130,5	20,91	2,7	X	39	39	0,33	Х	3,96	14,7	0,48	0,15
24	Iogurte	120g	91,2	18,6	4,2	X	36	180	0,12	Х	0,12	144	0,12	X
25	Manga rosa	140g	98,42	23,1	0,56	210	14	85,4	0,29	60,2	0,42	35	0,55	1,12
26	Queijo minas	25g	93,38	X	7,7	67,5	7,5	0,35	0,02	Х	6,96	158,75	0,2	X
27	Beterraba crua	32g	15,65	2,88	0,96	0,64	16	16	0,12	11,26	0,03	10,24	0,8	0,32
28	Cenoura crua	48g	24	5,14	0,58	0,52	28,8	24	0,28	12,86	0,14	26,88	0,29	0,48
29	Arroz ag. Integral	100g	350,4	75,13	8,06	X	360	60	5,2	Х	1,96	Х	Х	0,9
30	Carne boi mag.crua	100g	111	X	21	5	130	170	5,5	Х	3	12	3,2	X
31	Óleo de soja	12g	108	X	Х	X	X	X	X	X	12	Х	Х	X
32	Cebola crua	70g	22,05	3,92	1,12	1,4	42	31,5	0,25	6,79	0,21	22,4	0,35	0,56
33	Tomate maduro	50g	10	1,7	0,5	30	40	56,5	0,22	17,15	0,15	4,5	0,84	0,3
34	Feijão preto	65g	223,34	40,54	13,48	X	102,7	69,55	0,81	X	0,83	94,25	2,8	3,19
35	Chuchu verde	60g	18,6	4,62	0,54	1,2	18	24	0,24	6,48	0,12	7,2	0,24	0,36
36	Macarrão cru	110g	388,63	75,9	15,4	24,2	968	418	6,6	Х	2,64	26,4	2,09	0,44
37	Carne frangoassada	150g	163,5	X	27,3	12	270	300	12,75	X	8,1	12	3	X
38	Repolho cru	60g	15	2,58	0,84	6	66	36	0,24	24,78	0,12	31,8	0,34	0,6
39	Vagem crua	60g	25,2	4,62	1,44	75	129	120	0,324	13,98	0,12	33	0,7	1,08
40	Couve manteiga	40g	10	1,8	0,56	300	38,4	98,8	0,14	43,2	0,04	132	0,88	X
41	Abóbora	36g	14,4	3,53	0,43	100,8	19,8	36	0,25	3,42	0,11	4,32	0,25	0,22
42	Batata ingle.cozida	140g	119,42	26,74	2,8	7	63	29,4	2,66	18,34	0,14	15,4	0,98	X
43	Peixe mar cozido	90g	93,6	X	20,61	39,6	189	123	3,96	X	0,63	25,2	1,67	X
44	Milho cozido	100g	99,9	20,2	2,7	20	75	120	1,5	0,7	0,7	5	0,23	X
45	Ervilha em conserva	38g	34,58	6,54	1,71	30,78	45,6	49,4	0,55	3,8	0,23	12,16	0,8	0,57
\Box			l	l	l			1		l		l		

Revista CIATEC – UPF, vol.6 (1), p.p.13-25, 2014

46	Fubá de milho	100g	344,6	73,4	7,8	3,8	85	720	2,07	X	2,2	16	0,9	X
47	Carne porco assada	80g	314,4	X	19,2	Х	448	184	4,53	X	26,4	8,8	2,48	X
48	Peito de frango	180g	309,6	X	37,62	X	X	X	X	X	16,67	19,8	1,33	X
49	Pizza	154g	374,22	41,89	12,32	89,32	200,2	154	1,84	X	18,48	87,78	1,39	X
50	Sorvete de creme	80g	166,4	16	4	40	40	136	0,16	4,8	9,6	120	0,32	X
51	Maionese	27g	179,06	0,16	0,54	9,18	5,4	8,1	X	X	19,63	X	X	X
52	Brócolos	60g	22,2	3,3	1,98	120	72	66	0,21	14,76	0,12	78	0,78	X
53	Atum	96g	140,16	X	23,81	9,6	96	57,6	9,6	X	4,99	18,24	1,15	X
54	Alface	80g	12,8	1,84	0,96	340	12	100	0,2	6,96	0,16	30,4	0,88	0,56
55	Pepino	54g	6,8	0,8	0,33	1,08	5,4	10,8	0,1	1,08	0,25	32,94	0,83	0,22
56	Rabanete	50g	7,95	1,4	0,3	X	15	15	0,15	9,15	0,07	69	0,86	0,35
57	Arroz polido cru	60g	218,4	47,82	4,32	X	52,8	24	0,46	X	0,36	5,4	0,48	0,36

Sabe-se que os valores de macro nutrientes (carboidratos, proteínas e lipídios) e para os micro nutrientes (cálcio, ferro, fibras, vitaminas A, B1, B2, B3, C), a serem ingeridas no café da manhã variam em torno de 20%. Assim considerou-se que as quantidades ingeridas variam de 19% a 21%, das quantidades mínimas e máximas totais ingeridas por dia.

Por exemplo, para calcularmos a quantidade mínima e máxima de carboidratos ingeridos no café da manhã, pegamos a quantidade mínima total do dia, que é de 312g, calcula-se 19% de 312, que corresponde a 59,28g, que corresponde à quantidade mínima de carboidratos que deve ser ingerida no café da manhã. Da mesma forma, para se obter a quantidade máxima de carboidratos a ser ingerida, somente no café da manhã, toma-se 21% de 390g, ou seja 81,90g. Procede-se da mesma forma para todos os macro e micro nutrientes obtendo-se as quantidades máximas e mínimas para o café da manha, com suas restricões.

Quadro 4: Quantidades máximas e mínimas de nutrientes para cada refeição

Ref.	%	Qua	ant.	Carb.	Prot.	Vit. A	Vit. B1	Vit. B2	Vit. B3	Vit. C	Lip.	Cálcio	Ferro	Fibras
CM	20%	Mín.	19%	59,28g	11,78g	152mg	171mg	171mg	2,09mg	11,4mg	10,45g	190mg	2,85mg	1,14g
		Máx.	21%	81,9g	29,4g	420mg	630mg	735mg	10,5mg	94,5mg	17,43g	346,5mg	5,46mg	3,15g
LM	5%	Mín.	4%	12,48g	2,48g	32mg	36mg	36mg	0,44mg	2,4mg	2,2g	40mg	0,6mg	0,24g
		Máx.	6%	23,4g	8,4g	120mg	180mg	210mg	3mg	27mg	4,98g	99mg	1,56mg	0,9g
A	35%	Mín.	34%	106,08g	21,08g	272mg	306mg	306mg	3,74mg	20,4mg	18,7g	340mg	5,1mg	2,04g
		Máx.	36%	140,4g	50,4g	720mg	1080mg	1260mg	18mg	162mg	29,88g	594mg	9,36mg	5,4g
LT	5%	Mín.	4%	12,48g	2,48g	32mg	36mg	36mg	0,44mg	2,4mg	2,2g	40mg	0,6mg	0,24g
		Máx.	6%	23,4g	8,4g	120mg	180mg	210mg	3mg	27mg	4,98g	99mg	1,56mg	0,9g
J	30%	Mín.	29%	90,48g	17,98g	232mg	261mg	261mg	3,19mg	17,4mg	15,95g	290mg	4,35mg	1,74g
		Máx.	31%	120,9g	43,4g	620mg	930mg	1085mg	15,5mg	139,5mg	25,73g	511,5mg	8,06mg	4,65g
LN	5%	Mín.	4%	12,48g	2,48g	32mg	36mg	36mg	0,44mg	2,4mg	2,2g	40mg	0,6mg	0,24g
		Máx.	6%	23,4g	8,4g	120mg	180mg	210mg	3mg	27mg	4,98g	99mg	1,56mg	0,9g

Assim foi possível construir o problema de programação linear que representa o Café da Manhã, apresentado a seguir, como exemplo:

MIN Z = 68 X1 + 201.75 X2 + 52.94 X3 + 25.2 X4 + 103.95 X5 + 5.16 X6 + 35.6 X7 + 52.5 X8 + 139.2 X9 + 81.9 X10 + 59.57 X11 + 57.6 X12 + 19.04 X13 + 94.8 X14 + 135 X15 + 129.6 X16 + 52 X17 + 23.88 X18 + 62 X19 + 34.39 X20 + 120.9 X21 + 113.64 X22 + 130.5 X23 + 91.2 X24 + 98.42 X25 + 93.38 X26

s/a

(Restrições de Carboidratos)

```
14.5 \times 1 + 43.05 \times 2 + 8.25 \times 5 + 1.4 \times 6 + 9.12 \times 7 + 8.25 \times 8 + 28.74 \times 9 + 17.64 \times 10 + 8.25 \times 11 + 0.05 \times 12 + 4.93 \times 13 + 12.00 \times 10^{-2} \times
21.3 \times 14 + 22.37 \times 15 + 20.91 \times 16 + 13.7 \times 17 + 5.97 \times 18 + 13.8 \times 19 + 7.3 \times 20 + 22.23 \times 21 + 20.18 \times 22 + 20.91 \times 23 + 20.18 \times 21 + 20.18 \times 2
  18.6 \text{ X} 24 + 23.1 \text{ X} 25 > 59.28
                    14.5 \times 1 + 43.05 \times 2 + 8.25 \times 5 + 1.4 \times 6 + 9.12 \times 7 + 8.25 \times 8 + 28.74 \times 9 + 17.64 \times 10 + 8.25 \times 11 + 0.05 \times 12 + 4.93 \times 13 + 12.00 \times 10^{-2} \times
21.3 \times 14 + 22.37 \times 15 + 20.91 \times 16 + 13.7 \times 17 + 5.97 \times 18 + 13.8 \times 19 + 7.3 \times 20 + 22.23 \times 21 + 20.18 \times 22 + 20.91 \times 23 + 20.18 \times 21 + 20.18 \times 22 + 20.91 \times 23 + 20.18 \times 21 + 20.18 \times 2
18.6 X24 + 23.1 X25 < 81.90
  (Restrições de Proteínas)
0.2 \times 1 + 6.98 \times 2 + 4.4 \times 3 + 3.6 \times 4 + 5.12 \times 5 + 0.52 \times 7 + 2.25 \times 8 + 5.22 \times 9 + 1.08 \times 10 + 5.94 \times 11 + 0.03 \times 12 + 0.01
X13 + 0.6 \ X14 + 2.34 \ X15 + 2.91 \ X16 + 0.4 \ X17 + 1 \ X19 + 0.97 \ X20 + 2.7 \ X21 + 2.69 \ X22 + 2.7 \ X23 + 4.2 \ X24 + 0.56 \ X25
  +7.7 \text{ X}26 \ge 11.78
0.2 \times 1 + 6.98 \times 2 + 4.4 \times 3 + 3.6 \times 4 + 5.12 \times 5 + 0.52 \times 7 + 2.25 \times 8 + 5.22 \times 9 + 1.08 \times 10 + 5.94 \times 11 + 0.03 \times 12 + 0.01
X13 + 0.6 \ X14 + 2.34 \ X15 + 2.91 \ X16 + 0.4 \ X17 + 1 \ X19 + 0.97 \ X20 + 2.7 \ X21 + 2.69 \ X22 + 2.7 \ X23 + 4.2 \ X24 + 0.56 \ X25
  +7.7 \text{ X} 26 \le 29.4
  (Restrições de Vitamina A)
  36 \times 3 + 64.35 \times 5 + 4 \times 7 + 23.4 \times 10 + 73.92 \times 12 + 0.08 \times 13 + 6 \times 14 + 5 \times 17 + 46 \times 19 + 322 \times 20 + 210 \times 25 + 67.5 \times 26 \ge 100.00 \times 100.00 \times
  36 \times 3 + 64.35 \times 5 + 4 \times 7 + 23.4 \times 10 + 73.92 \times 12 + 0.08 \times 13 + 6 \times 14 + 5 \times 17 + 46 \times 19 + 322 \times 20 + 210 \times 25 + 67.5 \times 26 \le 100 \times 10
420
(Restrições de Vitamina B1)
  60\ X2+6\ X3+123\ X4+21.45\ X5+36.8\ X7+79.5\ X8+114\ X9+162\ X10+49.5\ X11+0.8\ X13+58.5\ X14+54\ X15+9.8
  X16 + 80 X17 + 40 X19 + 34.5 X20 + 54 X21 + 54 X22 + 39 X23 + 36 X24 + 14 X25 + 7.75 X26 \ge 171
  60\ X2 + 6\ X3 + 123\ X4 + 21.45\ X5 + 36.8\ X7 + 79.5\ X8 + 114\ X9 + 162\ X10 + 49.5\ X11 + 0.8\ X13 + 58.5\ X14 + 54\ X15 + 9.80\ X12 + 10.00\ X12 + 10.00\ X13 + 10.00\ 
  X16 + 80 X17 + 40 X19 + 34.5 X20 + 54 X21 + 54 X22 + 39 X23 + 36 X24 + 14 X25 + 7.75 X26 \le 630
  (Restrições de Vitamina B2)
  45 \times 2 + 75 \times 3 + 30 \times 4 + 313.5 \times 5 + 8.4 \times 6 + 41.2 \times 7 + 16.5 \times 8 + 48 \times 9 + 54 \times 10 + 297 \times 11 + 2.4 \times 13 + 73.5 \times 14 + 15
X15 + 12 \times X16 + 128 \times X17 + 60 \times X19 + 23 \times X20 + 15 \times X21 + 15 \times X22 + 39 \times X23 + 180 \times X24 + 85.4 \times X25 + 0.35 \times X26 \ge 171
  45 \times 2 + 75 \times 3 + 30 \times 4 + 313.5 \times 5 + 8.4 \times 6 + 41.2 \times 7 + 16.5 \times 8 + 48 \times 9 + 54 \times 10 + 297 \times 11 + 2.4 \times 13 + 73.5 \times 14 + 15
X15 + 12 \times X16 + 128 \times X17 + 60 \times X19 + 23 \times X20 + 15 \times X21 + 15 \times X22 + 39 \times X23 + 180 \times X24 + 85.4 \times X25 + 0.35 \times X26 \le 735
  (Restrições de Vitamina B3)
  0.9 \times 2 + 0.06 \times 3 + 0.66 \times 4 + 0.39 \times 5 + 1.22 \times 6 + 0.32 \times 7 + 0.12 \times 8 + 0.66 \times 9 + 0.36 \times 10 + 0.2 \times 11 + 0.01 \times 13 + 0.35 \times 10 + 0.00 \times 10 + 0.
  X14 + 0.12 \ X15 + 0.04 \ X16 + 0.82 \ X17 + 0.4 \ X19 + 0.6 \ X20 + 0.12 \ X21 + 0.12 \ X22 + 0.33 \ X23 + 0.12 \ X24 + 0.29 \ X25 + 0.12 \ X27 + 0.12 \ X28 + 0.12 \ X29 +
  0.02 \text{ X} 26 \ge 2.09
0.9 \times 2 + 0.06 \times 3 + 0.66 \times 4 + 0.39 \times 5 + 1.22 \times 6 + 0.32 \times 7 + 0.12 \times 8 + 0.66 \times 9 + 0.36 \times 10 + 0.2 \times 11 + 0.01 \times 13 + 0.35 \times 10 + 0.00 \times 10 + 0.
  X14 + 0.12 \ X15 + 0.04 \ X16 + 0.82 \ X17 + 0.4 \ X19 + 0.6 \ X20 + 0.12 \ X21 + 0.12 \ X22 + 0.33 \ X23 + 0.12 \ X24 + 0.29 \ X25 + 0.12 \ X27 + 0.12 \ X28 + 0.12 \ X29 +
  0.02 \text{ X}26 \le 10.5
  (Restrições de Vitamina C)
  20.5 \times 1 + 1.65 \times 5 + 6.92 \times 7 + 84.6 \times 10 + 1.65 \times 11 + 0.24 \times 13 + 8.85 \times 14 + 27.2 \times 17 + 18 \times 19 + 32.08 \times 20 + 60.2 \times 25 \geq 20.5 \times 10^{-2} \times
  20.5 \times 1 + 1.65 \times 5 + 6.92 \times 7 + 84.6 \times 10 + 1.65 \times 11 + 0.24 \times 13 + 8.85 \times 14 + 27.2 \times 17 + 18 \times 19 + 32.08 \times 20 + 60.2 \times 25 \leq 20.5 \times 10^{-2} \times
  94.5
  (Restrições de Lipídios)
  1 \times 1 + 0.15 \times 2 + 3.93 \times 3 + 1.2 \times 4 + 5.78 \times 5 + 0.12 \times 7 + 1.11 \times 8 + 0.36 \times 9 + 0.72 \times 10 + 0.17 \times 11 + 6.48 \times 12 + 0.01 \times 13
+0.75 \times 14 + 3.92 \times 15 + 3.81 \times 16 + 0.2 \times 17 + 0.4 \times 19 + 0.15 \times 20 + 2.34 \times 21 + 2.74 \times 22 + 3.96 \times 23 + 0.12 \times 24 + 0.42 \times 19 + 0.12 
X25 + 6.96 X26 \ge 10.45
1 \times 1 + 0.15 \times 2 + 3.93 \times 3 + 1.2 \times 4 + 5.78 \times 5 + 0.12 \times 7 + 1.11 \times 8 + 0.36 \times 9 + 0.72 \times 10 + 0.17 \times 11 + 6.48 \times 12 + 0.01 \times 13
+0.75 \times 14 + 3.92 \times 15 + 3.81 \times 16 + 0.2 \times 17 + 0.4 \times 19 + 0.15 \times 20 + 2.34 \times 21 + 2.74 \times 22 + 3.96 \times 23 + 0.12 \times 24 + 0.42 \times 19 + 0.12 
  X25 + 6.96 X26 \le 17.43
  (Restrições de Cálcio)
  21 X1 + 16.5 X2 + 153.45 X3 + 2.1 X4 + 188.1 X5 + 7.16 X6 + 6 X7 + 13.2 X9 + 81 X10 + 204.6 X11 + 1.6 X12 + 1.44 X13
+ 10.5 X14 + 14.7 X16 + 18 X17 + 14 X19 + 19.55 X20 + 6.6 X21 + 6.6 X22 + 14.7 X23 + 144 X24 + 35 X25 + 158.75 X26
21 \times 1 + 16.5 \times 2 + 153.45 \times 3 + 2.1 \times 4 + 188.1 \times 5 + 7.16 \times 6 + 6 \times 7 + 13.2 \times 9 + 81 \times 10 + 204.6 \times 11 + 1.6 \times 12 + 1.44 \times 13 \times 10 + 12.11 \times 10^{-2} \times 
+ 10.5 X14 + 14.7 X16 + 18 X17 + 14 X19 + 19.55 X20 + 6.6 X21 + 6.6 X22 + 14.7 X23 + 144 X24 + 35 X25 + 158.75 X26
  \leq 346.5
```

(Restrições de Ferro)

Revista CIATEC – UPF, vol.6 (1), p.p.13-25, 2014

 $0.8 \ X1 + 0.9 \ X2 + \ 0.12 \ X3 + 0.28 \ X4 + 0.17 \ X5 + 0.22 \ X6 + 0.08 \ X7 + 1.38 \ X9 + 0.36 \ X10 + 0.13 \ X11 + 0.1 \ X13 + 0.45 \ X14 + 0.48 \ X16 + 0.5 \ X17 + 0.46 \ X19 + 0.46 \ X20 + 0.45 \ X21 + 0.06 \ X22 + 0.48 \ X23 + 0.12 \ X24 + 0.55 \ X25 + 0.2 \ X26 \ge 2.85$

 $0.8 \; X1 + 0.9 \; X2 + \; 0.12 \; X3 + 0.28 \; X4 + 0.17 \; X5 + 0.22 \; X6 + 0.08 \; X7 + 1.38 \; X9 + 0.36 \; X10 + 0.13 \; X11 + 0.1 \; X13 + 0.45 \; X14 + 0.48 \; X16 + 0.5 \; X17 + 0.46 \; X19 + 0.46 \; X20 + 0.45 \; X21 + 0.06 \; X22 + 0.48 \; X23 + 0.12 \; X24 + 0.55 \; X25 + 0.2 \; X26 \leq 5.46$

(Restrições de Fibras)

 $0.6\ X1 + 0.38\ X2 +\ 0.16\ X7 + 1.35\ X8 + 0.72\ X9 + 0.72\ X10 + 1.05\ X14 + 0.4\ X17 + 0.4\ X19 + 0.15\ X22 + 0.15\ X23 + 1.12\ X25 \geq 1.14$

 $0.6\ X1 + 0.38\ X2 +\ 0.16\ X7 + 1.35\ X8 + 0.72\ X9 + 0.72\ X10 + 1.05\ X14 + 0.4\ X17 + 0.4\ X19 + 0.15\ X22 + 0.15\ X23 + 1.12 \\ X25 \leq 3.15$

(Restrição de Consumo de Café Solúvel)

X6 ≤ 1

(Restrição de Consumo de Açúcar)

X18 ≤ 1

Para a construção dos demais problemas que representassem as demais refeições foram considerados os seguintes alimentos:

2ª Refeição: Lanche da manhã:

1 Mamão maduro 10 Laranja 19 Melancia 25 Manga rosa

2 Pão francês 13 Geléia de frutas 20 Melão

3 queijo prato14 Maça vermelha crua21 Biscoito de maizena4 Presunto magro15 Bolacha maria22 Biscoito de doce7 Banana prata16 Bolacha cream cracker23 Biscoito salgado

9 Pão de centeio 17 Abacaxi 24 Iogurte

3ª Refeição: Almoço:

1 Mamão Maduro 41 Abóbora

7 Banana Prata 42 Batata Ingl. Cozida 10 Laranja 43 Peixe De Mar Cozido

14 Maçã Vermelha Crua 44 Milho Cozido

17 Abacaxi45 Ervilha Em Conserva19 Melancia46 Fubá De Milho20 Melão47 Carne Porco Assada25 Manga Rosa48 Peito De Frango

27 Beterraba Crua49 Pizza28 Cenoura Crua51 Maionese29 Arroz Ag. Integral52 Brócolos30 Carne Boi Magra Crua53 Atum31 Óleo De Soja54 Alface

31 Oleo De Soja 54 Alface 32 Cebola Crua 55 Pepino 33 Tomate Maduro 56 Rabanete

34 Feijão Preto 57 Arroz Polido Cru

35 Chuchu Verde

36 Macarrão(C/Ovos)Cru

37 Carne Frango Assada

38 Repolho Cru

39 Vagem Crua

40 Couve Manteiga

4^a Refeição: Lanche da tarde:

1 Mamão maduro 10 Laranja 19 Melancia 25 Manga

rosa

2 Pão francês 13 Geléia de frutas 20 Melão

3 queijo prato14 Maça vermelha crua21 Biscoito de maizena4 Presunto magro15 Bolacha maria22 Biscoito de doce7 Banana prata16 Bolacha cream cracker23 Biscoito salgado

9 Pão de centeio 17 Abacaxi 24 Iogurte

5^a Refeição: Jantar:

1 Mamão Maduro	32 Cebola Crua	45 Ervilha Em Conserva
7 Banana Prata	33 Tomate Maduro	46 Fubá De
10 Laranja	34 Feijão Preto	47 Carne Porco Assada
14 Maçã Vermelha Crua	35 Chuchu Verde	48 Peito De Frango
17 Abacaxi	36 Macarrão(C/Ovos)Cru	49 Pizza51 Maionese
19 Melancia	37 Carne Frango Assada	52 Brócolis
20 Melão	38 Repolho Cru	53 Atum
25 Manga Rosa	39 Vagem Crua	54 Alface
27 Beterraba Crua	40 Couve Manteiga	55 Pepino
28 Cenoura Crua	41 Abóbora	56 Rabanete

29 Arroz Ag. Integral 42 Batata Ingl. Cozida 57 Arroz Polido Cru

30 Carne Boi Magra Crua 43 Peixe De Mar Cozido

31 Óleo De Soja 44 Milho Cozido

6ª Refeição: Lanche da noite:

1 Mamão maduro	14 Maça vermelha crua	20 Melão
7 Banana prata	17 Abacaxi	24 Iogurte
10 Laranja	19 Melancia	25 Manga rosa

Uma vez construídos todos os problemas de programação linear referentes a todas as refeições, como já foi dito, inicialmente foram realizadas, separadamente, as sete minimizações consecutivas, com o uso do programa *LINDO*, para se obter as refeições otimizadas, de segunda a domingo.

No processo de modelagem, também se observou a necessidade de considerar dois tipos de modelos, com possibilidades de considerar variáveis por porções unitárias ou não unitárias (ver Quadro 5).

Além disso, ao longo do processo de otimização também foi necessário acrescentar restrições que pudessem favorecer, de acordo com os dados da nutricionista, os resultados da dieta ao longo da semana, evitando, por exemplo, a ingestão de alimentos iguais repetidamente, em dias consecutivos ou ao consumo excessivo de um único tipo de alimento.

Por exemplo, no café da manhã, considerando porções unitárias ou não, foram acrescentadas restrições referentes a frutas, pães e bolachas. Neste caso se restringiu que a pessoa pudesse comer no máximo duas frutas, que pudesse comer apenas um tipo de pão, que pudesse comer apenas um tipo de bolacha, sendo que também foram restringidos os itens para se passar no pão.

Para exemplificar, no caso do café da manhã, foram acrescentadas ao problema de programação linear anterior as seguintes restrições:

Frutas: a pessoa pode comer no máximo duas frutas

 $X1 + X7 + X10 + X14 + X17 + X19 + X20 + X25 \le 2$

A quantidade de fruta e no máximo uma unidade

 $X1 \le 2$

 $X7 \le 2$

 $X10 \le 2$

 $X14 \le 2$

 $X17 \le 2$

 $X19 \le 2$

 $X20 \le 2$

 $X25 \le 2$

Pães: a pessoa pode comer no máximo um tipo de pão

 $X2 + X9 \le 1$

A quantidade de pão e no máximo uma unidade

X2 <= 1

X9 <= 1

Itens para passar no pão

 $X12 + X13 \le 2$

 $X12 \le 1$

 $X13 \le 2$

Bolacha: a pessoa pode comer no máximo um tipo de bolacha

 $X15 + X16 + X21 + X22 + X23 \le 6$

A quantidade de bolacha e no máximo uma unidade

 $X15 \le 6$

 $X16 \le 6$

 $X21 \le 6$

 $X22 \le 6$

 $X23 \le 6$

Quadro 5: Relações dos alimentos em gramas e suas porções

n.	Alimento	Quant.	Porção
1	Mamão maduro	100g	1 fatia pequena
2	Pão Francês	75g	1 unidade e meia
3	Queijo prato	15g	1 fatia média
4	Presunto magro	15g	1 fatia média
5	Leite integral	165mL	1 copo pequeno cheio
6	Café solúvel	4g	1 colher de chá
7	Banana prata	40g	1 unidade média
8	Aveia flocos finos	15g	1 colher de sopa cheia
9	Pão de Centeio	60g	2 fatias
10	Laranja	180g	1 unidade média
11	Leite Desnatado	165mL	1 copo pequeno cheio
12	Margarina vegetal	8g	1 colher de chá cheia
13	Geléia de frutas	4g	1 colheres de cha rasas
14	Maçã verm. Crua	150g	1 unidade média
15	Bolacha Maria	30g	6 unidades
16	Bolacha Cre Cracke	30g	6 unidades
17	Abacaxi	100g	1 fatia grande
18	Açucar refinado	6g	3 colheres de chá cheias
19	Melancia	200g	1 fatia média
20	Melão	115g	1 fatia grande
21	Biscoito maisena	30g	6 unidades
22	Biscoito doce	30g	6 unidades
23	Biscoito salgado	30g	6 unidades
24	Iogurte	120g	1 unidade
25	Manga rosa	140g	1 espada média

26Queijo minas25g1 fatia média27Beterraba crua32g2 colheres de sopa cheias raladas28Cenoura crua48g4 colheres de sopa cheia ralada29Arroz ag. Integral100g5 colheres de sopa cheia30Carne boi mag.crua100g5 colheres de sopa cheia31Óleo de soja12g6 colheres de chá32Cebola crua70g1 unidade média33Tomate maduro50g1 unidade pequena34Feijão preto65g1 concha pequena cheia35Chuchu verde60g1 fatia pequena36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51		Г		
28Cenoura crua48g4 colheres de sopa cheia ralada29Arroz ag. Integral100g5 colheres de sopa cheia30Carne boi mag.crua100g5 colheres de sopa cheia31Óleo de soja12g6 colheres de chá32Cebola crua70g1 unidade média33Tomate maduro50g1 unidade pequena34Feijão preto65g1 concha pequena cheia35Chuchu verde60g1 fatia pequena36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia53A	26	Queijo minas	25g	1 fatia média
29 Arroz ag. Integral 100g 5 colheres de sopa cheia 30 Carne boi mag.crua 100g 5 colheres de sopa cheia 31 Óleo de soja 12g 6 colheres de chá 32 Cebola crua 70g 1 unidade média 33 Tomate maduro 50g 1 unidade pequena 34 Feijão preto 65g 1 concha pequena cheia 35 Chuchu verde 60g 1 fatia pequena 36 Macarrão cru 110g 1 escumadeira média cheia 37 Carne frangoassada 150g 3 sobre-coxas pequenas 38 Repolho cru 60g 4 escumadeira média rasa picada 39 Vagem crua 60g 3 colheres de sopa cheia 40 Couve manteiga 40g 2 colheres de sopa cheia picada 41 Abóbora 36g 1 colher de sopa rasa picada 42 Batata ingle.cozida 140g 1 unidade média 43 Peixe mar cozido 90g 4 colheres de sopa cheias 44 Milho cozido 100g 1 espiga 45 Ervilha em conserva 38g 1 colher de arroz cheia 46 Fubá de milho 100g 5 colheres de sopa cheia 47 Carne porco assada 80g 1 pedaço médio 48 Peito de frango 180g 1 peito médio 49 Pizza 154g 2 fatias médias 50 Sorvete de creme 80g 1 bola média 51 Maionese 27g 1 colher de sopa cheia 52 Brócolis 60g 2 colheres de sopa cheia 53 Atum 96g 6 colheres de sopa cheia 66 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres de sopa cheia picada 570 Colheres 670 Colh	27	Beterraba crua	32g	2 colheres de sopa cheias raladas
30Carne boi mag.crua100g5 colheres de sopa cheia31Óleo de soja12g6 colheres de chá32Cebola crua70g1 unidade média33Tomate maduro50g1 unidade pequena34Feijão preto65g1 concha pequena cheia35Chuchu verde60g1 fatia pequena36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 co	28	Cenoura crua	48g	4 colheres de sopa cheia ralada
31Óleo de soja12g6 colheres de chá32Cebola crua70g1 unidade média33Tomate maduro50g1 unidade pequena34Feijão preto65g1 concha pequena cheia35Chuchu verde60g1 fatia pequena36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres <td>29</td> <td>Arroz ag. Integral</td> <td>100g</td> <td>5 colheres de sopa cheia</td>	29	Arroz ag. Integral	100g	5 colheres de sopa cheia
32Cebola crua70g1 unidade média33Tomate maduro50g1 unidade pequena34Feijão preto65g1 concha pequena cheia35Chuchu verde60g1 fatia pequena36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 c	30	Carne boi mag.crua	100g	5 colheres de sopa cheia
Tomate maduro 50g	31	Óleo de soja	12g	6 colheres de chá
34Feijão preto65g1 concha pequena cheia35Chuchu verde60g1 fatia pequena36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	32	Cebola crua	70g	1 unidade média
35Chuchu verde60g1 fatia pequena36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	33	Tomate maduro	50g	1 unidade pequena
36Macarrão cru110g1 escumadeira média cheia37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	34	Feijão preto	65g	1 concha pequena cheia
37Carne frangoassada150g3 sobre-coxas pequenas38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	35	Chuchu verde	60g	1 fatia pequena
38Repolho cru60g4 escumadeira média rasa picada39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	36	Macarrão cru	110g	1 escumadeira média cheia
39Vagem crua60g3 colheres de sopa cheia40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	37	Carne frangoassada	150g	3 sobre-coxas pequenas
40Couve manteiga40g2 colheres de sopa cheia picada41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	38	Repolho cru	60g	4 escumadeira média rasa picada
41Abóbora36g1 colher de sopa rasa picada42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	39	Vagem crua	60g	3 colheres de sopa cheia
42Batata ingle.cozida140g1 unidade média43Peixe mar cozido90g4 colheres de sopa cheias44Milho cozido100g1 espiga45Ervilha em conserva38g1 colher de arroz cheia46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	40	Couve manteiga	40g	2 colheres de sopa cheia picada
43 Peixe mar cozido 90g 4 colheres de sopa cheias 44 Milho cozido 100g 1 espiga 45 Ervilha em conserva 38g 1 colher de arroz cheia 46 Fubá de milho 100g 5 colheres de sopa cheia 47 Carne porco assada 80g 1 pedaço médio 48 Peito de frango 180g 1 peito médio 49 Pizza 154g 2 fatias médias 50 Sorvete de creme 80g 1 bola média 51 Maionese 27g 1 colher de sopa cheia 52 Brócolis 60g 2 colheres de sopa cheia 53 Atum 96g 6 colheres de sopa cheia 54 Alface 80g 8 folhas médias 55 Pepino 54g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres	41	Abóbora	36g	1 colher de sopa rasa picada
44 Milho cozido 100g 1 espiga 45 Ervilha em conserva 38g 1 colher de arroz cheia 46 Fubá de milho 100g 5 colheres de sopa cheia 47 Carne porco assada 80g 1 pedaço médio 48 Peito de frango 180g 1 peito médio 49 Pizza 154g 2 fatias médias 50 Sorvete de creme 80g 1 bola média 51 Maionese 27g 1 colher de sopa cheia 52 Brócolis 60g 2 colheres de sopa cheia 53 Atum 96g 6 colheres de sopa cheia 54 Alface 80g 8 folhas médias 55 Pepino 54g 2 colheres de sopa cheia picada 66 Rabanete 50g 2 colheres	42	Batata ingle.cozida	140g	1 unidade média
45 Ervilha em conserva 38g 1 colher de arroz cheia 46 Fubá de milho 100g 5 colheres de sopa cheia 47 Carne porco assada 80g 1 pedaço médio 48 Peito de frango 180g 1 peito médio 49 Pizza 154g 2 fatias médias 50 Sorvete de creme 80g 1 bola média 51 Maionese 27g 1 colher de sopa cheia 52 Brócolis 60g 2 colheres de sopa cheia 53 Atum 96g 6 colheres de sopa cheia 54 Alface 80g 8 folhas médias 55 Pepino 54g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres	43	Peixe mar cozido	90g	4 colheres de sopa cheias
46Fubá de milho100g5 colheres de sopa cheia47Carne porco assada80g1 pedaço médio48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	44	Milho cozido	100g	1 espiga
47 Carne porco assada 80g 1 pedaço médio 48 Peito de frango 180g 1 peito médio 49 Pizza 154g 2 fatias médias 50 Sorvete de creme 80g 1 bola média 51 Maionese 27g 1 colher de sopa cheia 52 Brócolis 60g 2 colheres de sopa cheia 53 Atum 96g 6 colheres de sopa cheia 54 Alface 80g 8 folhas médias 55 Pepino 54g 2 colheres de sopa cheia picada 56 Rabanete 50g 2 colheres	45	Ervilha em conserva	38g	1 colher de arroz cheia
48Peito de frango180g1 peito médio49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	46	Fubá de milho	100g	5 colheres de sopa cheia
49Pizza154g2 fatias médias50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	47	Carne porco assada	80g	1 pedaço médio
50Sorvete de creme80g1 bola média51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	48	Peito de frango	180g	1 peito médio
51Maionese27g1 colher de sopa cheia52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	49	Pizza	154g	2 fatias médias
52Brócolis60g2 colheres de sopa cheia picada53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	50	Sorvete de creme	80g	1 bola média
53Atum96g6 colheres de sopa cheia54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	51	Maionese	27g	1 colher de sopa cheia
54Alface80g8 folhas médias55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	52	Brócolis	60g	2 colheres de sopa cheia picada
55Pepino54g2 colheres de sopa cheia picada56Rabanete50g2 colheres	53	Atum	96g	6 colheres de sopa cheia
56 Rabanete 50g 2 colheres	54	Alface	80g	8 folhas médias
	55	Pepino	54g	2 colheres de sopa cheia picada
57 Arroz polido cru 60g 4 colheres de sopa cheias	56	Rabanete	50g	2 colheres
	57	Arroz polido cru	60g	4 colheres de sopa cheias

Como exemplo, no Quadro 6 pode ser visualizada a lista de alimentos para a dieta do café da manhã sugerido pela nutricionista, cujo valor calórico total para a semana corresponde a 3.756,22 Kcal.

Quadro 6: Lista de alimentos para a dieta do café da manhã sugerido pela nutricionista

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
1 fatia de mamão maduro	1 fatia de mamão maduro	1 maçã	1 fatia de abacaxi	1 fatia de melancia	1 fatia de mamão maduro	1 fatia de mamão maduro
1,5 pão francês	4 fatias de pão de centeio	1 pão francês	1pão francês	1 pão francês	1 copo de leite desnatado	1,5 copo de leite desnatado
1 fatia de queijo prato	2 fatias de queijo prato	5,5 colheres de geleia de frutas	2 fatias de queijo prato	4 colheres de geleia de frutas	1 colher de chá de café solúvel	1 laranja
1 fatia de presunto magro	1 fatia de presunto magro	2 fatias de queijo prato	1 fatia de presunto magro	2 copos de leite desnatado	6 bolachas Maria	1 colher de aveia em flocos
1 copo de leite integral	1 copo de leite desnatado	1 copo de leite desnatado	2 copos de leite integral	1 colher de chá de café solúvel	1,4 banana prata	2 fatias de pão de centeio
1 colher de chá de café solúvel	2 fatias de queijo prato	6 bolachas cream cracker	2 colheres de geleia de frutas			
1 banana	4 colheres de geleia de frutas	6 bolachas cream cracker	3 colheres de açúcar	1 fatia de presunto magro	1 colher de margarina vegetal	2 fatias de queijo minas
F.O. = 492,60	F.O. = 580,28	F.O. = 581,86	F.O. = 554,51	F.O. = 489,94	F.O. = 503,88	F.O. = 553,15

Foram realizados diversos testes, sendo as otimizações realizadas através do *LINDO*. Os melhores resultados otimizados foram obtidos pelos modelos:

- a) Café da Manhã 1: com são porções não unitárias, utilizando somente com restrições básicas (sem restrições adicionais). Obteve-se:
 Valor calórico otimizado total para a semana = 3.024,00 (19,49% de redução calórica)
- b) Café da Manhã 1/2: com porções unitárias, com restrições de frutas, pães, bolachas e itens para passar no pão. Obteve-se:
 Valor calórico otimizado total para a semana = 3.033,68 (19,23% de redução calórica)
- c) Café da Manhã 1/3: com porções não unitárias, com restrições de frutas, pães, bolachas e itens para passar no pão. Obteve-se:
 Valor calórico otimizado total para a semana = 3.064,07 (18,42 % de redução calórica)

Como o primeiro modelo gerou o maior percentual de redução calórica, suas características foram consideradas como norteadoras para as otimizações das demais refeições realizadas ao longo do dia. A dieta otimizada para o Café da Manhã, obtida pelo modelo 1 pode ser visualizada no Quadro 7.

Quadro 7: Alimentos para café 1 (porções não unitárias, utilizando somente restrições básicas de nutrientes)

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
1 fatia de mamão maduro	1 fatia de mamão maduro	1 fatia de presunto magro	1 fatia de queijo prato	1 pão francês	2 fatias de mamão maduro	2 fatias de mamão maduro
1 fatia de queijo prato	1 fatia de queijo prato	1 colher de chá de café solúvel	1 colher de chá de café solúvel	1 fatia de queijo prato	1 colher de chá de café solúvel	1,5 fatia de presunto magro
1 fatia de presunto magro	0,5 fatia de presunto magro	3 fatias de pão de centeio	3 fatias de pão de centeio	2 fatias de presunto magro	1 colher de sopa de aveia em flocos	1 colheres de chá de café solúvel
1 colher de chá de café solúvel	1 colher de chá de café solúvel	1 copo de leite desnatado	1 colher de margarina vegetal	1 colher de chá de café solúvel	0,5 copo de leite desnatado	0,5 copo de leite desnatado
2 colheres de geléia de frutas	1 banana prata	1,5 colher de margarina vegetal	1,5 fatia de melancia	0,5 colher de margarina vegetal	2 fatias de melancia	1 colher de geléia de frutas
1 fatia de abacaxi	2 fatias de pão de centeio	0,5 espada de manga rosa		2 fatias de abacaxi	1 fatia de queijo minas	6 bolachas Maria
1 fatia de melão	1 colher de margarina vegetal			0,5 fatia de melancia		1 fatia de melão
6 biscoitos salgados	0,5 espada de manga rosa			0,5 espada de manga rosa		0,5 fatia de queijo minas
F.O. = 387,23	F.O. = 420,31	F.O. = 434,34	F.O. = 417,50	F.O. = 462,73	F.O. = 440,83	F.O. = 461,06

Também é importante salientar que, neste caso do modelo 1, para o Café da Manhã, ao serem realizadas as otimizações para os demais dias da semana, foram sendo acrescentadas restrições, consideradas necessárias, tendo em vista as exigências indicadas pela dieta da nutricionista e também observando os alimentos que o programa ia fornecendo ao longo do processo. No exemplo, foram consideradas:

- 1) No café da manhã de terca:
 - X13 = 0 (não deve comer geleia, pois comeu na segunda).
 - X17 = 0 (não deve comer abacaxi, pois comeu na segunda).
 - X20 = 0 (não deve comer melão, pois comeu na segunda).
 - X23 = 0 (não deve comer biscoito salgado, pois comeu na segunda).

2) No café da manhã da quarta:

- X1 = 0 (não deve comer mamão, pois comeu na segunda e terça).
- X11 >= 1 (deve tomar no mínimo um copo de leite desnatado, pois não tomou na segunda nem terça).
- X13 = 0 (não deve comer geleia, pois comeu na segunda).
- X17 = 0 (não deve comer abacaxi, pois comeu na segunda).
- X20 = 0 (não deve comer melão, pois comeu na segunda).
- X23 = 0 (não deve comer biscoito salgado, pois comeu na segunda).

3) No café da manhã da quinta:

- X1 = 0 (não deve comer mamão, pois comeu na segunda e terça).
- X2 = 0 (não deve comer pão francês, pois deverá comer pão de centeio).
- X4 = 0 (não deve comer presunto magro, pois comeu na segunda, terça e quarta).
- X9 >= 0 (não deve comer ou comer no mínimo um pão de centeio, pois não comerá pão francês).
- X17 = 0 (não deve comer abacaxi, pois comeu na segunda).
- X20 = 0 (não deve comer melão, pois comeu na segunda).
- X23 = 0 (não deve comer biscoito salgado, pois comeu na segunda).

4) No café da manhã da sexta:

- X1 = 0 (não deve comer mamão, pois comeu na segunda e terça)
- X2 >= 0.7 (deve comer no mínimo um pão francês, pois comeu pão de centeio na terça, quarta e quinta).
- X4 <= 2 (deve comer no máximo duas fatias de presunto, pois comeu na segunda, terça e quarta).
- X9 = 0 (não deve comer pão de centeio, pois comeu na terça, quarta e quinta).
- X17 <= 2 (deve comer no máximo duas fatias de abacaxi, pois comerá outras frutas).
- X20 = 0 (não deve comer melão, pois comeu na segunda).

5) No café da manhã de sábado:

- X3 = 0 (não deve comer queijo prato, pois comeu na segunda, terça, quinta e sexta).
- X4 = 0 (não deve comer presunto magro, pois comeu na segunda, terça, quarta e sexta).
- X5 = 0 (não deve tomar leite integral, pois tomará leite desnatado).
- X9 = 0 (não deve comer pão de centeio, pois comeu na terça, quarta e quinta).
- X10 = 0 (não deve comer laranja, pois comerá outras frutas).
- X12 = 0 (não deve comer margarina, pois comeu na terça, quarta, quinta e sexta).
- X13 = 0 (não deve comer geléia, pois comeu na segunda).
- X17 = 0 (não deve comer abacaxi, pois comeu na segunda).
- X20 = 0 (não deve comer melão, pois comeu na segunda).
- X23 = 0 (não deve comer biscoito salgado, pois comeu na segunda).
- X25 = 0 (não deve comer manga, pois comeu na terça, quarta e sexta).

6) No café da manhã de domingo:

- X2 = 0 (não deve comer pão francês, pois comeu na sexta).
- X3 = 0 (não deve comer queijo prato, pois comeu na segunda, terça, quinta e sexta).
- X5 = 0 (não deve tomar leite integral, pois tomará leite desnatado).
- X9 = 0 (não deve comer pão de centeio, pois comeu na terça, quarta e quinta).
- X12 = 0 (não deve comer margarina, pois comeu na terça, quarta, quinta e sexta).
- X13> = 0.5 (deve comer no mínimo meia colher de geléia, pois não comerá margarina).
- X15 >= 1 (não deve comer geléia, pois comeu na segunda).
- X25 = 0 (não deve comer manga, pois comeu na terça, quarta e sexta).

Da mesma forma, procedeu-se a otimização das demais cinco refeições diárias, onde se obteve os percentuais de variações calóricas, de acordo com o Quadro 8.

É importante dizer que para que o processo de otimização fosse possível, foi necessário considerar que as variáveis fossem contínuas. Esta simplificação foi necessária, pois ao restringirmos as variáveis como inteiras, para a maioria dos problemas, o programa não gerava soluções factíveis. Assim, para gerarmos os cardápios das refeições fizemos aproximações para valores não inteiros das porções para ½, ½, ¾ das porções, quando necessário. Desta forma ocorreu, em algumas refeições, que alguns valores otimizados aproximados, acabaram por não respeitar as restrições impostas pela nutricionista.

Porém, ao realizamos o cálculo total de nutrientes da dieta otimizada por dia, observamos que os limites superiores e inferiores para cada nutriente, estabelecidos para o dia, estavam sendo respeitados (mesmo considerando a simplificação matemática no modelo elaborado, onde os limites foram divididos para que fossem respeitados por refeição otimizada e foi considerada uma margem de erro de 1% para os limites estabelecidos). Assim, verificou-se que esta pequenas violações eram aceitáveis e não eram significativas, de forma que pudesse prejudicar a dieta como um todo.

Quadro 8: Quantidades de calorias por refeição e percentuais de variação

Refeição	Fonte	S	T	Q	Q	S	S	D	Total	Percentual
Café da	Nutr.	492,60	580,28	581,86	554,51	489,94	503,88	553,15	3.756,22	19,49%
Manhã	Ot.	387,23	420,31	434,34	417,50	462,73	440,83	461,06	3.024,00	redução
Lanche da	Nutr.	157,80	189,67	146,70	130,85	181,64	164,89	130,77	1.102,32	22,83 %
Manhã	Ot.	93,77	122,25	125,66	144,38	127,07	107,86	129,67	850,66	Redução
Almoço	Nutr.	979,96	917,95	811,91	844,04	904,05	931,34	764,64	6.153,89	21,54 %
	Ot.	676,05	726,83	695,45	679,76	641,18	705,10	703,56	4.828,18	Redução
Lnache da	Nut.	299,24	304,92	285,34	331,18	299,24	326,84	462,54	2.309,3	63,79 %
Tarde	Ot.	88,13	132,24	122,65	134,51	126,90	104,67	127,07	836,17	Redução
Jantar	Nutr.	477,70	432,94	577,49	547,10	518,77	509,71	496,20	3.559,91	17,58 %
	Ot.	560,65	598,44	597,88	569,98	578,30	579,77	700,90	4.185,92	Aumento
Lanhe da	Nutr.	91,20	62,00	91,20	91,20	91,20	62,00	91,20	580	57,71 %
Noite	Ot.	126,65	132,90	126,65	134,55	126,42	141,16	126,42	914,75	Aumento

Nota-se, pelo Quadro 8 que nas refeições do café da manhã, lanche da manhã, almoço e lanche da tarde, foram obtidas reduções calóricas em relação aos dados da dieta da nutricionista. No entanto, para as refeições do jantar e do lanche da noite foi obtido um aumento calórico em relação aos dados da dieta fornecida pela nutricionista.

Assim, percebeu-se que ao se otimizar o jantar e o lanche da noite, verificou-se que a quantidade de calorias gerada pelo programa era maior que a quantidade fornecida na dieta da nutricionista. Como estes resultados não eram matematicamente possíveis, passamos a investigar se a dieta da nutricionista, para estas refeições, respeitavam as restrições de macro e micro nutrientes estabelecidas e foi possível verificar que estas as soluções não respeitam tais restrições, ou seja, que eram soluções que estavam fora da região factível do problema. Assim, se esclareceu o motivo de não ser possível obter uma solução otimizada para redução calórica em relação à dieta da nutricionista.

Percebendo a complexidade de respeitar as restrições, resolvemos investigar todas as refeições da dieta da nutricionista, a fim de verificar se estes respeitam as restrições impostas pela mesma. Foi possível verificar que ocorriam violações em todas as refeições, de todos os dias da dieta da nutricionista, o que foi algo surpreendente, pois acreditávamos que a sugestão da nutricionista deveria estar de acordo com os critérios estabelecidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início do processo de modelagem matemática, optou-se por trabalhar com as refeições diárias separadamente. Com isso, as quantidades de macro e micro nutrientes a serem ingeridas no dia, fornecidas pela nutricionista, foram divididas conforme o percentual de ingestão atribuído a cada refeição diária. Percebendo a ocorrência de violações na dieta fornecida pela nutricionista, a redução de calorias em algumas refeições e o acréscimo em outras na dieta gerada pelo programa, acreditamos que a simplificação realizada (separação dos percentuais por refeição) acabou implicado nos erros encontrados. Também foi possível concluir que os percentuais, que foram atribuídos para cada refeição, poderiam ser melhor

distribuídos para satisfazer as quantidades diárias dos nutrientes e não apenas por refeição, separadamente.

De qualquer forma, analisando aos resultados otimizados obtidos, considerando as quatro refeições nas quais foram obtidas reduções calóricas, sendo elas: café da manhã, lanche da manhã, almoço e lanche da tarde, foi possível encontrar um percentual de redução calórica semanal, de quatro refeições de 29,31% em relação a dieta da nutricionista (ver Quadro 9).

Além disso, mesmo considerando as duas refeições as quais não foram obtidas reduções calóricas, foi possível encontrar um percentual de redução calórica semanal, das seis refeições de 16,85% em relação a dieta da nutricionista (ver Quadro 10).

Quadro 9: Percentual de Redução calórica do dia (quatro refeições)

Quantidade de calorias total	S	T	Q	Q	S	S	D	Total da Semana
Nutricionista	1929,60	1992,82	1825,80	1860,58	1874,87	1926,94	1911,10	13.321,71
Otimizada	1245,18	1401,63	1257,07	1376,15	1357,88	1358,46	1421,36	9.417,73
Percentual de Redução	35,46%	29,66%	31,15%	26,03%	27,57%	29,50%	25,62%	29,31%

Quadro 10: Percentual de Redução calórica do dia (seis refeições)

Quantidade de calorias total	S	T	Q	Q	S	S	D	Total da Semana
Nutricionista	2498,50	2487,76	2494,49	2498,88	2484,84	2498,65	2498,50	17.461,62
Otimizada	1932,48	2132,97	1981,60	2080,68	2062,60	2079,39	2248,68	14.518,40
Percentual de Redução	22,65%	14,26%	20,56%	16,74%	17,00%	16,78%	10,00%	16,85%

Visando melhorar ainda mais os resultados obtidos na minimização da dieta alimentar, a próxima etapa foi modelar o problema de maneira que os resultados fornecessem a dieta otimizada diária de todas as seis refeições e não apenas de cada refeição separadamente.

Assim, optou-se por otimizar a dieta alimentar diária (otimizando as seis refeições conjuntamente) através do *Solver* do Excel, onde foi possível trabalhar com um número maior de variáveis e, com isso, obter a minimização da ingestão de calorias da dieta para cada dia da semana

Partindo dos dados obtidos, calculou-se o percentual de redução calórica total do dia, das seis refeições conjuntamente através do *Solver* do Excel e encontramos um percentual de redução calórica semanal de 22,52% em relação a dieta da nutricionista.

Quadro 11: Percentual de Redução calórica do dia (seis refeições) Utilizando Solver do Excel

Quantidade de calorias total	S	T	Q	Q	S	S	D	Total da Semana
Nutricionista	2.498,50	2.487,76	2.494,49	2.498,88	2.484,84	2.498,65	2.498,50	17.461,62
Otimizada	1.995,6	2.056,2	2.021,7	2.034,8	2.072,7	2.069,3	2.078,50	13.528,8
Percentual de Redução	20,13%	17,35%	18,95%	18,57%	16,59%	17,18%	16,65%	22,52%

As dietas da nutricionista, otimizada separadamente por refeição, utilizando o software *LINDO* e otimizada por dia, através do *Solver* do Excel, para cada dia da semana podem ser visualizadas no quadros 12, 13 e 14 respectivamente.

	adio 12. Illimentos da v	aicta compic	ta fornecida pel nutricion	nsta		
	C	LM	Â	LT	J	LN
	1 fatia de mamão maduro 1,5 pão francês	1,5 fatia de melancia	12 folhas de alface 3 colheres de beterraba	2 fatias de pão centeio	8 folhas de alface 1 colher de beterraba	1 iogurte
	1 fatia de queijo prato	3 bolachas	4 colheres de cenoura	1 fatia presunto	2 colheres de brócolis	
da	1 fatia de presunto magro	cream cracker	5 colheres de arroz int.	1 fatia queijo prato	2 tomates	
툂	1 copo de leite integral		5 colheres de carne boi	1 laranja	1 batata inglesa	
Segunda	1 colher de chá de café		1 maça		6 colheres de atum	
91	solúvel		6 colheres de óleo		1 fatia de mamão	
	1 banana		1 cebola		4,5 colheres de óleo	
			1 tomate		0,28 cebola	
			1 concha de feijão			
	C	LM	A	LT	J	LN
	1 fatia de mamão maduro	2 fatias de	12 folhas de alface	0,75 pão francês	3 folhas de alface	1 fatia de
	4 fatias de pão de centeio	melão	3 colheres de beterraba	5,5 colheres de	2 colheres de beterraba	melancia
	2 fatias de queijo prato	6 biscoitos de	1,33 fatia de chuchu	geleia	2 colheres cenoura	
e5.	1 fatia de presunto magro	maizena	2 tomates	3 bolachas Maria	1 tomate	
Terça	1 copo de leite desnatado 1 colher de chá de café		1 escumadeira de macarrão	0,60 maçã	2 fatias de pão de centeio	
ì	solúvel		3 sobrecoxas de frango 9 colheres de óleo		2 fatias de presunto 1,4 banana	
	4 colheres de geleia de frutas		6 escumadeiras repolho		1,4 banana 1 fatia queijo minas	
	4 conteres de gereia de frutas		1 laranja		1 Tatia queijo ililias	
			0,5 cebola			
\neg	С	LM	A	LT	J	LN
	1 maçã	1 laranja	10 folhas de alface	2 fatias de pão	10 folhas de alface	1 iogurte
	1 pão francês	3 bolachas	2 colheres de beterraba	centeio	3 colheres de beterraba	
	5,5 colheres de geleia de	cream cracker	3 colheres de vagem	1 fatia presunto	3 colheres de cenoura	
rta	frutas		7 colheres de arroz integral	1 fatia queijo prato	1,33 fatia de chuchu	
Quarta	2 fatias de queijo prato		6 colheres carne boi	1 fatia de mamão	1 batata inglesa	
O	1 copo de leite desnatado		1,6 tomates	maduro	4,4 sobrecoxas de frango	
	1 colher de chá de café solúvel		0,4 cebola 4 colheres de óleo		1 fatia de melancia 3 colheres de óleo	
	6 bolachas cream cracker		2 colheres couve		2 tomates	
	6 bolaciias cream crackei		1 colher abobora		2 tomates	
-	C	LM	A	LT	J	LN
	1 fatia de abacaxi	1,37 banana	10 folhas de alface	6 biscoito salgado	8 folhas de alface	1 iogurte
	1pão francês	1 laranja	4 colheres de cenoura	6 biscoitos doces	2 colheres pepino	1 loguite
	2 fatias de queijo prato		3 colheres de beterraba	2 colheres geleia	2 colheres de beterraba	
ta	1 fatia de presunto magro		2 batata inglesa	1 fatia de mamão	1 colher abobora	
- <u>E</u>	2 copos de leite integral		10 escumadeiras peixe de mar		1 batata inglesa	
Õ	1 colher de chá de café		7 colheres de óleo		3 colheres arroz int.	
	solúvel		1 espiga		2 colheres de óleo	
	3 colheres de açúcar		1 colher ervilha		4,4 sobrecoxas de frango	
			1 cebola		1 maçã	
-	С	LM	2 tomates A	LT	1 tomate J	LN
	1 fatia de melancia	1 fatia de	10 folhas de alface	2 fatias de pão	8 folhas de alface	1 iogurte
	1 pão francês	mamão	1 colher abobora	centeio	2 fatias de melão	1 loguite
	4 colheres de geleia de frutas	maduro	2 tomates	1 fatia presunto	2 colheres de cenoura	
æ	2 copos de leite desnatado	6 biscoitos	4 colheres vagem	1 fatia queijo prato	2 colheres rabanete	
Sexta	1 colher de chá de café	doces	5 colheres de fubá	1 laranja	4 colheres arroz polido	
S	solúvel		1 pedaço carne de porco	1	4 colheres carne boi	
	2 fatias de queijo prato		2 colheres de óleo	1	1,6 tomates	
	1 fatia de presunto magro		1 cebola		1 cebola	
			6,6 colheres repolho		4 colheres de óleo	
	С	LM	1,5 fatias de abacaxi A	LT	J	LN
	1 fatia de mamão maduro	6 biscoitos	10 folhas de alface	2 fatias de pão	10 folhas de alface	1 fatia de
	1 copo de leite desnatado	salgados	1 fatia chuchu	centeio	3 colheres de beterraba	melancia
	1 colher de chá de café	1 fatia de	2 colheres de beterraba	0,86 maçã	3 colheres de cenoura	mounicia
ဥ	solúvel	melão	1 tomate	1,5 colheres de	2 tomates	
Sábado	6 bolachas Maria		0,88 abobora	geleia	0,6 pão francês	
Sá	1,4 banana prata		1 peito de frango	1 iogurte	2 fatias presunto	
	6 bolachas cream cracker		2 fatias pizza	1	1 laranja	
	1 colher de margarina vegetal		1 cebola		1 copo leite desnatado	
				1	2 fatias queijo prato	
_		134	_	1.7	Y	T 3-7
	_					LN 1 iogurte
						1 loguite
0 g						
-ii			1 colher maionese	ac acacan		
Jor	2 colheres de geleia de frutas		4,5 colheres de carne boi	1	0,6 maçã	
_	2 fatias de queijo minas		3 sobrecoxas de frango		3 colheres óleo	
			4 escumadeiras repolho		0,17 cebola	
			3 colheres de óleo	1	0,6 tomate	
			4 colheres de cenoura	1		
Domingo	C 1 fatia de mamão maduro 1,5 copo de leite desnatado 1 laranja 1 colher de aveia em flocos 2 fatias de pão de centeio 2 colheres de geleia de frutas	LM 1 fatia de melancia 2 fatias de melão	3 colheres de óleo 1 manga A 10 folhas de alface 1 cebola 1,2 tomate 1,5 batata inglesa 1 colher maionese 4,5 colheres de carne boi 3 sobrecoxas de frango 4 escumadeiras repolho	LT 6 biscoito salgado 6 biscoitos doces 1 bola de sorvete 1 fatia de abacaxi	2 fatias queijo prato J 5 folhas de alface 2 colheres de beterraba 1 colher de cenoura 3,6 colheres arroz int. 4 colheres peixe mar 0,6 maçã 3 colheres óleo 0,17 cebola	1

Quadro 13: Alimentos da dieta obtida separadamente por refeição através do LINDO

Qua	Quadro 13: Alimentos da dieta obtida separadamente por refeição através do LINDO								
	C	LM	A	LT	J	LN			
	1 fatia de mamão maduro	0,25 fatia de	5 colheres de arroz	0,25 fatia de	4,25 banana prata	0,25 fatia de			
	1 fatia de queijo prato	mamão	integral	queijo prato	6 colheres de óleo de soja	mamão			
	1 fatia de presunto magro	maduro	6 colheres de óleo de soja	0,75 fatia de	8,5 fatias de chuchu	0,25 fatia de			
	1 colher de chá de café	0.5 fatia de	5 fatias de chuchu	presunto	1,50 carne de frango	abacaxi			
da	solúvel	queijo prato	0.75 coxa de frango	0,5 maçã	2 colheres de couve	0.25 fatia de			
E			,			.,			
Segunda	2 colheres de geleia de	0,25 fatia de	assado	0,25 fatia de	manteiga	melão			
"	frutas	presunto	4 colheres de couve	melão	2,75 colheres de abóbora	3 biscoitos			
	1 fatia de abacaxi	0,25 fatia de	manteiga		3,5 colheres de pepino	salgados			
	1 fatia de melão	abacaxi	1 colheres de abóbora			0,25 iogurte			
	6 biscoitos salgados	0,5 fatia de	2,5 colheres de pepino						
	_	melancia							
	С	LM	A	LT	J	LN			
	1 fatia de mamão maduro	0,25 fatia de	1,25 fatia de mamão	0,25 fatia de	2,5 fatias de abacaxi	0,25 de maçã			
	1 fatia de queijo prato	mamão	maduro	mamão maduro	3 colheres de óleo de soja	3 bolachas			
	0,5 fatia de presunto magro	maduro	6 colheres de óleo de soja	0,25 fatia de	5 fatias de chuchu	cream cracker			
	1 colher de chá de café	0,5 fatia de	1 escumadeira de		0,75 carne de frango	0,25 fatia de			
ça		/		queijo prato	,	/			
Terça	solúvel	melão	macarrão	0,5 fatia de	5 colheres de abóbora	abacaxi			
	1 banana prata	3 biscoitos	2,5 colheres de abóbora	presunto	1 fatia de pizza	0,25 fatia de			
	2 fatias de pão de centeio	salgados	0,25 de feito de frango	3 bolachas	0,5 colher de brócolis	melão			
	1 colher de marg. vegetal	0,25 iogurte	8 colheres de rabanete	Cream cracker	4 colheres de rabanete	0,25 iogurte			
	0,5 espada de manga rosa			0,25 espada de					
1]			manga rosa					
	С	LM	A	LT	J	LN			
1	1 fatia de presunto magro	0,25 fatia de	3 fatias de melancia	0,50 fatia de	3 fatias de mamão	0,25 fatia de			
1	1 colher de chá de café	abacaxi	2,5 colheres de couve	abacaxi	0,75 espada de manga	mamão			
1	solúvel	3 biscoitos	3,5 colheres de ervilha	0,25 fatia de	5 colheres de cenoura	0,25 fatia de			
12	3 fatias de pão de centeio	salgados	2 fatias de pizza	melão	1,5 carne de frango	abacaxi			
Quarta	1 copo de leite desnatado	0,25 iogurte	0,5 colher de pepino	3 biscoitos	0.5 colher de couve	0,25 fatia de			
Õ			0,5 comer de pepino		1 fatia de pizza	melão			
	1,5 colher de marg.vegetal	0,25 espada		salgados					
	0,5 espada de manga rosa	de manga		0,25 iogurte	5,5 colheres de pepino	3 biscoitos			
						salgados			
						0,25 iogurte			
	C	LM	A	LT	J	LN			
	1 fatia de queijo prato	0,50 fatia de	6,50 bananas	0,25 fatia de	2,5 bananas	0,75 fatia de			
	1 colher de chá de café	queijo prato	3 fatias de abacaxi	queijo prato	2,5 fatias de abacaxi	melancia			
25	solúvel	1 fatia de	2,25 coxa de frango ass.	1 colher de geleia	2 fatias de chuchu	3 biscoitos			
Quinta	3 fatias de pão de centeio	pão de	0,75 colher de maionese	de frutas	5,75 colheres de abóbora	salgados			
ō	1 colher de margarina	centeio	6 folhas de alface	0,75 fatia de	0,75 colher de maionese	0,25 iogurte			
	vegetal	0,25 maçã	6,5 colheres de rabanete	melancia	3 colheres de atum	, ,			
	1,5 fatia de melancia	vermelha	-,	3 biscoitos	3 colheres de pepino				
	1,5 facia de meianeia	0,25 manga		salgados	4 colheres de rabanete				
	C	LM	A	LT	J.	LN			
	1 pão francês	0,50 fatia de	1.25 fatia de abacaxi	1 fatia de	1,5 banana	0,25 fatia de			
	1 fatia de queijo prato	queijo prato	11,25 fatias de chuchu	presunto	6 colheres de óleo de soja	mamão			
	2 fatias de presunto magro	1 fatia de	3,5 colheres de abóbora	1,5 bolachas	8.75 fatias de chuchu	0,25 abacaxi			
	1 colher de chá de café		1,25 colher de fubá de	,	1,5 carne de frango	1,5 bol. cream			
ta e		pão de	/	cream cracker	,				
Sexta	solúvel	centeio	milho	0,75 fatia de	2 colheres de couve	cracker			
1	0,5 colher de margarina	0,50 fatia de	0,75 colher de maionese	melancia	2,75 colheres de abóbora	0,25 fatia de			
1	vegetal	melancia	5,5 colheres de brócolis	0,25 iogurte	4 colheres de pepino	melão			
1	2 fatias de abacaxi		1,5 colher de atum		2 colheres de arroz cru	1,5 biscoitos			
1	0,5 fatia de melancia					salgados			
	0,5 espada de manga rosa					0,25 iogurte			
1	С	LM	A	LT	J	LN			
1	2 fatias de mamão maduro	0,25 fatia de	3 fatias de melancia	0,50 fatia de	4,5 bananas	0,25 fatia de			
1	1 colher de chá de café	queijo prato	2,50 colher de carne de	queijo prato	0,25 fatias de melão	abacaxi			
40	solúvel	0,50 fatia de	boi magra crua.	1 fatia de pão de	8,5 fatias de chuchu	0,25 fatia de			
Sábado	1 colher de sopa de aveia	melancia	7,5 colheres de óleo de	centeio	0,75 colher de maionese	melancia			
Sá	em flocos	3 biscoitos	soja	0,25 fatia de	2,5 colheres de brócolis	3 biscoitos			
1	0,5 copo de leite desnatado	salgados	3,25 tomates	melão	3 colheres de atum	salgados			
1	2 fatias de melancia	0,25 iogurte	7 colheres de brocolis		8 folhas de alface	0,25 iogurte			
1	1 fatia de queijo minas	.,20 1084110	4 colheres de arroz cru		2 colheres de rabanete	0,25 manga			
\vdash	C.	LM	A	LT		LN			
1	2 fatias de mamão maduro	0,25 unidade	2,75 fatias de mamão	0,50 fatia de	1,25 fatias de mamão	0,25 fatia de			
			maduro	queijo prato	0,75 maças vermelhas	mamão			
		de larania		i daeile biam	o, io mayas vermemas	mamao			
	1,5 fatia de presunto magro	de laranja		1 fatia de pão de	1.5 fatias de abasavi	1.5 holooboo			
	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café	3 bolachas	3 maças vermelhas	1 fatia de pão de	1,5 fatias de abacaxi	1,5 bolachas			
05	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel	3 bolachas cream	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass.	centeio	0,5 tomate maduro	cream cracker			
ningo	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel 0,5 copo de leite desnatado	3 bolachas cream cracker	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass. 4 colheres de couve	centeio 0,50 fatia de	0,5 tomate maduro 0,75 carne de frango	cream cracker 0,25 fatia de			
)omingo	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel 0,5 copo de leite desnatado 1 colher de geleia de frutas	3 bolachas cream cracker 0,25 fatia de	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass.	centeio	0,5 tomate maduro 0,75 carne de frango assado	cream cracker 0,25 fatia de abacaxi			
Domingo	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel 0,5 copo de leite desnatado 1 colher de geleia de frutas 6 bolachas Maria	3 bolachas cream cracker 0,25 fatia de abacaxi	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass. 4 colheres de couve	centeio 0,50 fatia de	0,5 tomate maduro 0,75 carne de frango assado 1,5 colheres de couve	cream cracker 0,25 fatia de abacaxi 0,25 fatia de			
Domingo	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel 0,5 copo de leite desnatado 1 colher de geleia de frutas 6 bolachas Maria 1 fatia de melão	3 bolachas cream cracker 0,25 fatia de	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass. 4 colheres de couve	centeio 0,50 fatia de	0,5 tomate maduro 0,75 carne de frango assado 1,5 colheres de couve 2,25 colheres de abóbora	cream cracker 0,25 fatia de abacaxi			
Domingo	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel 0,5 copo de leite desnatado 1 colher de geleia de frutas 6 bolachas Maria	3 bolachas cream cracker 0,25 fatia de abacaxi 0,25 fatia de melão	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass. 4 colheres de couve	centeio 0,50 fatia de	0,5 tomate maduro 0,75 carne de frango assado 1,5 colheres de couve 2,25 colheres de abóbora 2 fatia de pizza	cream cracker 0,25 fatia de abacaxi 0,25 fatia de melão 1,5 biscoitos			
Domingo	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel 0,5 copo de leite desnatado 1 colher de geleia de frutas 6 bolachas Maria 1 fatia de melão	3 bolachas cream cracker 0,25 fatia de abacaxi 0,25 fatia de	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass. 4 colheres de couve	centeio 0,50 fatia de	0,5 tomate maduro 0,75 carne de frango assado 1,5 colheres de couve 2,25 colheres de abóbora	cream cracker 0,25 fatia de abacaxi 0,25 fatia de melão			
Domingo	1,5 fatia de presunto magro 1 colheres de chá de café solúvel 0,5 copo de leite desnatado 1 colher de geleia de frutas 6 bolachas Maria 1 fatia de melão	3 bolachas cream cracker 0,25 fatia de abacaxi 0,25 fatia de melão	3 maças vermelhas 2,25 coxa de frango ass. 4 colheres de couve	centeio 0,50 fatia de	0,5 tomate maduro 0,75 carne de frango assado 1,5 colheres de couve 2,25 colheres de abóbora 2 fatia de pizza	cream cracker 0,25 fatia de abacaxi 0,25 fatia de melão 1,5 biscoitos			

Quadro 14: Alimentos da dieta obtida por dia com o Solver do Excel

gunda	~		a por dia com o <i>Solver</i> do			
	C	LM	A	LT	J	LN
	1 fatia de mamão,	1 banana	1 fatia de abacaxi	6 colheres de	0,6 laranja	0,4 fatia de
	1 colher de café solúvel	1 fatia de	4 colheres de cenoura ralada	geléia	0,4 manga	melão
pung	0,4 laranja	melancia	5 colheres de carne de boi	1 maçã	4 colheres de cenoura ralada	0,6 manga
5.0	1 colher margarina		3,6 colheres de óleo de soja	6 biscoitos doces	4 escumadeiras de repolho	
	3 colheres geléia		1 tomate	0,7 iogurte	2 colheres de couve	
	3 colheres de açúcar		2 fatias de chuchu		1 batata	
	6 biscoitos salgados 1iogurte		4 escumadeiras de repolho 1batata		1 pedaço de carne de porco 2 colheres de pepino picado	
	rioguite		2 colheres de pepino picado		2 colheres de pepino picado 2 colheres de rabanete	
			2 colheres de rabanete		2 conferes de l'abanete	
\dashv	С	LM	A	LT	J	LN
F	0,5 copo de leite integral	1 fatia de	2 colheres de beterraba ralada	0,5 fatia de	5 colheres de carne de boi	1 larania
	1 colher de café solúvel	mamão	4 colheres de cenoura ralada	queijo prato	1 tomate	- muiju
	1 banana	1 fatia de	1,8 colheres de óleo de soja	6 biscoitos	1 fatia de chuchu	
g	0,4 colher margarina	abacaxi	1 cebola	salgados	4 escumadeiras de repolho	
Terça	6 bolachas cream cracker		1 fatia de chuchu	1,5 iogurte	5 colheres de fubá de milho	
I			3 colheres de vagem	1 manga	8 folhas de alface	
			2 colheres de couve		2 colheres de pepino picado	
			1 pedaço de carne de porco			
			8 folhas de alface			
\dashv			4 colheres de arroz polido			
L	C	LM	A	LT	J	LN
	0,4 fatia de mamão	0,6 fatia de	0,6 banana	1 laranja	0,4 fatia de melão	1 fatia de
	1 colher de café solúvel	mamão	0,4 manga	6 biscoitos doces	0,6 manga	abacaxi
	2 fatias de pão de centeio	0,4 banana 1 fatia de	5 colheres de carne de boi	2 iogurtes	4 colheres de cenoura ralada 1 cebola	
	3 colheres geléia 1 maçã	melancia	1,8 colheres de óleo de soja 1 cebola		1 fatia de chuchu	
rta	3 colheres de açúcar	incialicia	1 tomate		1 batata	
Quarta	5 comerco de açueai		4 escumadeiras de repolho		1 pedaço de carne de porco	
Õ			0,9 colheres de vagem		8 folhas de alface	
			2 colheres de couve		2 colheres de rabanete	
			1 colher de abóbora			
			1batata			
			0,7 colher de maionese			
			2 colheres de rabanete			
L	C	LM	A	LT	J	LN
	1 fatia de mamão	0,4 maçã	0,6 banana	0,4 banana	5 colheres de carne de boi	1 laranja
	1 colher de café solúvel	1 fatia de	1,8 colheres de beterraba	3 colheres	4 escumadeiras de repolho	
	1 colher de margarina	abacaxi	4 colheres de cenoura	de geléia	3 colheres de vagem	
ta	3 colheres de açúcar	0,6 fatia de	1,8 colheres de óleo de soja	0,6 maçã	2 colheres de couve	
	6 biscoitos salgados	melancia	3 colheres de vagem	6 biscoitos	8 folhas de alface	
ō	1 iogurte	1 iogurte	1 batata 1 pedaço de crne de porco	salgados	2 colheres de pepino	
	1 manga		0,1 colher de maionese		4 colheres de arroz polido	
			1,4 colheres de brócolis			
			8 folhas de alface			
			2 colheres de pepino			
\Box	С	LM	À	LT	J	LN
Γ	1 colher de café solúvel	1 fatia de	1 fatia de abacaxi	0,5 pão francês	1 laranja	1 banana
	1 maçã	mamão	5 colheres de carne de boi	2 fatias de queijo	4 colheres de cenoura ralada	
	6 bolachas crem cracker	1 fatia de	1,8 colheres de óleo de soja	prato	1 cebola	
۔ ا	3 colheres de açúcar	melancia	0,8 cebola	3 biscoitos doces	1 tomate	
Sexta	0,6 biscoito doce		1 tomate	1 manga	1,6 colheres de couve	
Š			2 fatias de chuchu		0,2 colheres de abóbora	
			1 escumadeira de macarão		1 batata	
			4 escumadeiras de repolho		1 pedaço de carne de porco 2 colheres de rabanete	
			1,6 folhas de alface 2 colheres de pepino		2 conicies de l'abanete	
			2 colheres de pepino 2 colheres de rabanete			
+	С	LM	A	LT	.I.	LN
F	0,5 fatia de presunto	1 banana	1 fatia de mamão	1 fatia de pão de	4 colheres de cenoura ralada	1 iogurte
	0,8 copo de leite integral	1 maçã	4 colheres de cenoura ralada	centeio	1 fatia de chuchu	1 5 5
	1 colher de café solúvel	0,1 iogurte	1,8 colheres de óleo de soja	6 colheres de	4 escumadeiras de repolho	
	1 fatia de pão de centeio		1 tomate	geleia	4 colheres de peixe de mar	
	1 laranja		3 sobrecoxas de frango	1 fatia de abacaxi	1 colher de maionese	
	3 colheres de açúcar		4 escumadeiras de repolho	3 biscoitos	8 folhas de alface	
	3 biscoitos salgados		2 colheres de couve	salgados	4 colheres de arroz polido	
	1 manga		1 colher de abóbora			
		I	0,5 batata			
			1 fatia de pizza	1		1
			8 folhas de alface			
	C	LM	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete	LT	I	LN
	C 0.5 pão francês	LM 1 fatia de	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A	LT 0.7 banana	J 2 colheres de beterraba	LN 1 larania
	0,5 pão francês	1 fatia de	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada	0,7 banana	J 2 colheres de beterraba 1 tomate	LN 1 laranja
			8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada 5 colheres de carne de boi	0,7 banana 6 biscoitos doces	2 colheres de beterraba 1 tomate	_
	0,5 pão francês 1,4 copo de leite integral	1 fatia de mamão	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada	0,7 banana	2 colheres de beterraba	_
	0,5 pão francês 1,4 copo de leite integral 1 colher de café solúvel 0,3 banana 0,3 colher de margarina	1 fatia de mamão 1 fatia de	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada 5 colheres de carne de boi 1,8 colheres de óleo de soja	0,7 banana 6 biscoitos doces 1 iogurte	2 colheres de beterraba 1 tomate 4 escumadeira de repolho	_
Domingo	0,5 pão francês 1,4 copo de leite integral 1 colher de café solúvel 0,3 banana 0,3 colher de margarina 3 bolachas cream cracker	1 fatia de mamão 1 fatia de	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada 5 colheres de carne de boi 1,8 colheres de óleo de soja 1 cebola	0,7 banana 6 biscoitos doces 1 iogurte	2 colheres de beterraba 1 tomate 4 escumadeira de repolho 3 colheres de vagem	_
Domingo	0,5 pão francês 1,4 copo de leite integral 1 colher de café solúvel 0,3 banana 0,3 colher de margarina	1 fatia de mamão 1 fatia de	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada 5 colheres de carne de boi 1,8 colheres de óleo de soja 1 cebola 2 fatias de chuchu 0,5 escumadeira e macarrão 3 colheres de vagem	0,7 banana 6 biscoitos doces 1 iogurte	2 colheres de beterraba 1 tomate 4 escumadeira de repolho 3 colheres de vagem 2 colheres de couve	_
Domingo	0,5 pão francês 1,4 copo de leite integral 1 colher de café solúvel 0,3 banana 0,3 colher de margarina 3 bolachas cream cracker	1 fatia de mamão 1 fatia de	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada 5 colheres de carne de boi 1,8 colheres de óleo de soja 1 cebola 2 fatias de chuchu 0,5 escumadeira e macarrão 3 colheres de vagem 0,5 batata	0,7 banana 6 biscoitos doces 1 iogurte	2 colheres de beterraba 1 tomate 4 escumadeira de repolho 3 colheres de vagem 2 colheres de couve 5 colheres de fubá	_
Domingo	0,5 pão francês 1,4 copo de leite integral 1 colher de café solúvel 0,3 banana 0,3 colher de margarina 3 bolachas cream cracker	1 fatia de mamão 1 fatia de	8 folhas de alface 2 colheres de rabanete A 2 colheres de beterraba ralada 5 colheres de carne de boi 1,8 colheres de óleo de soja 1 cebola 2 fatias de chuchu 0,5 escumadeira e macarrão 3 colheres de vagem	0,7 banana 6 biscoitos doces 1 iogurte	2 colheres de beterraba 1 tomate 4 escumadeira de repolho 3 colheres de vagem 2 colheres de couve 5 colheres de fubá	_

Posteriormente, com o propósito de minimizar ainda mais a ingestão de calorias, pensou-se em realizar a minimização da ingestão diária de calorias para a dieta semanal completa, ou seja, para todas as quarenta e duas refeições conjuntamente.

Assim, visando trabalhar com as todas as variáveis do problema, realizando as otimizações de todas as refeições para todos os dias da semana, foi necessário renomear todas as variáveis e para realizar esta otimização, trabalhou-se com o software Lingo, onde se tem um limite maior de variáveis, sendo possível realizar a otimização da dieta semanal.

Com as variáveis renomeadas, num total de 1078 variáveis, sendo 154 variáveis por dia, construiu-se o novo modelo matemático, o qual foi inserido no software Lingo, o qual, realizou-se a otimização para a dieta semanal. Como não foram acrescentadas restrições adicionais ao longo do processo, o software forneceu a ingestão dos mesmos alimentos para todos os dias da semana, conforme apresentado no Quadro 15, o que corresponde a um total de ingestão de calorias de 12.239,28 na semana.

Partindo dos dados obtidos, calculou-se o percentual de redução calórica total da semana em relação ao consumo total de calorias da dieta da nutricionista que corresponde a 17.461,62 e encontramos um percentual de redução calórica semanal de 29,91% em relação a dieta da nutricionista

Ouadro 15: Alimentos gerados pela otimização da dieta semanal completa pelo Lingo.

C	LM	A	LT	J	LN
0.7 fatia de queijo	0.3 fatia de mamão	4.3 banana prata	0.3 fatia de mamão	4.2 banana prata	0.2 fatia de mamão
prato	maduro	6.4 colheres de Óleo	maduro	5,5colheres de Óleo	maduro
1.8 fatia de Presunto	0.4 fatia de queijo	de soja	0.4 fatia de queijo	de soja	0.7 laranja
magro	prato	11 fatias de chuchu	prato	8.4 fatias de chuchu	0.2 fatias de
1 colher de Café	0.5 fatia de	verde	0.5 fatia de	verde	abacaxi
solúvel	presunto magro	1,1 sobrecoxa de	presunto	1 sobre coxa de carne	0.4 fatia de melão
0.1 fatia de Pão de	0.6 fatia de abacaxi	carne frango assada	0.6 fatia de abacaxi	frango assada	2.9 biscoitos
Centeio	0.4 fatia de melão	2,2 colheres de	0.4 fatia	2 colheres de couve	salgado
0.7 colher de		couve manteiga	de melão	manteiga	0.2 iogurte
Margarina vegetal		3.5 colheres de		2.8 colheres de	
1.8 colher de Geléia		abóbora		abóbora	
de frutas		4,4 colheres de		3.2 colheres de	
3.3 fatia de Abacaxi		pepino		pepino	
0.2 fatia de melão					

5. CONCLUSÃO

De maneira geral, percebe-se que no mercado financeiro, a otimização de problemas reais, tem grande importância, pois possibilita encontrar a melhor solução financeira possível, de acordo com os limites de recursos existentes, para que se obtenha, por exemplo, o lucro máximo de uma empresa ou o custo mínimo de produção de um determinado artigo.

Desmistificando um pouco esta ideia, nesta pesquisa, ao buscarmos a resolução otimizada um problema real do cotidiano de qualquer se humano, consciente da importância de cuidar bem de sua saúde, foi possível perceber que a modelagem matemática não está presente somente em contextos organizacionais de empresas de grande porte, auxiliando no processo de tomada de decisões, mas que também possibilita a resolução de problemas reais de nosso dia a dia, da melhor forma possível.

Com os dados coletados da pesquisa de campo realizada, procedeu-se a modelagem matemática, que possibilitou a obtenção de sugestões otimizadas de refeições diárias que possuem valores calóricos inferiores aos praticados pela nutricionista.

Na primeira etapa da pesquisa, quando as refeições foram otimizadas separadamente, para todos os dias da semana, mesmo considerando as duas refeições nas quais não foram

obtidas reduções calóricas, foi possível encontrar um percentual de redução calórica semanal de 16,85% em relação a dieta da nutricionista.

Numa segunda etapa da pesquisa, ao serem otimizadas as todas as refeições para cada dia, através da resolução pelo *Solver* do Excel, foi possível encontrar um percentual de redução calórica de 22,52 % em relação à dieta da nutricionista.

Na última etapa, onde se realizou, através do software *LINGO*, a minimização da ingestão diária de calorias para a dieta semanal completa, obteve-se como dieta otimizada a ingestão dos mesmos alimentos para todos os dias da semana, como sendo a melhor solução possível encontrada. Além disso, como não foram consideradas restrições adicionais ao longo do processo de otimização, a melhor solução foi gerada várias vezes. Para melhorar esta solução encontrada, acreditamos que o próximo passo da pesquisa seria estabelecer e inserir restrições adicionais às refeições diárias, a fim de se obter resultados otimizados diferenciados para cada dia da semana, o que traduziria melhor a realidade investigada.

Acreditamos que a otimização aplicada a problemas reais possibilita a obtenção de soluções muito melhores, pois permite, dentre as infinitas possibilidades existentes, a escolha da melhor solução, que otimiza o objetivo principal e que utiliza da melhor maneira os recursos disponíveis.

No entanto, percebe-se que devido às especificidades do problema real abordado, dependendo dos pacientes e de características específicas de cada ser humano, tais como o gosto pessoal de cada um, as soluções para este problema sempre poderão ser refinadas pela investigação de novas restrições, de modo que a dieta otimizada realmente possa ser adequada ao uso diário de uma pessoa que deseje a reeducação alimentar, com ingestão mínima de calorias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CADENAS, J.M.; PELTA, D.A.; PELTA, H.R. &VERDEGAY, J.L. Application of fuzzy optimization to diet problems in Argentinean farms. *European Journal of Operational Research*, vol. 158,p. 218–228, 2004.

DANTZIG. G.B. *Linear Programming and Extensions*. PrincetonUniversity Press, Princenton, New Jersey, 1963. 627 p.

GOLDBARG, M. C.; LUNNA, H. P. Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 511 p.

JUSTUS, C. C.; SPAK, M.D.S.; COLMENERO, J.C. Planejamento de dietas para restaurantes universitários utilizando programação linear inteira e programação por metas. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO*, 2012, Ponta Grossa. Gestão estratégica: Empreendedorismo e Sustentabilidade, 2012. v. 25. p. 125-131.

LANCASTER, L.M. The history of the application of mathematical programming to menu planning. *European Journal of Operational Research*, vol. 52, p. 339–347, 1992.

LACHTERMACHER, G. Pesquisa Operacional na tomada de decisões: Modelagem em Excel.3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier,2007.

LINDO. Disponível em: http://www.LINDO.com. Acesso em: 09 mai. 2013.

MOREIRA, F. R. Programação linear aplicada a problemas da saúde. *Einstein*. São Paulo, v.1, n.2, p. 105-109, 2004.

MUNFORD, A.G. The use of iterative linear programming in practical applications of animal diet formulation. *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 42, p. 255–261, 1996.

NAMEN, A. A.; BORNSTEIN, C.T. Uma ferramenta para avaliação de resultados de diversos modelos de otimização de dietas. *Pesquisa Operacional*, v. 24, n. 3, p. 445-465, set./dez. 2004.

NOLET, B.A.; VAN DER VEER, P.J.; EVERS, E.G.J. & OTTENHEIM, M.M. A linear programming model of diet choice of free-living beavers. *Netherlands Journal of Zoology*, vol. 45, p. 315–337, 1995.

SHEARER, K.D. The use of factorial modeling to determine the dietary requirements for essential elements in fishes. *Aquaculture*, vol. 133, p. 57–72, 1995.