

Modelagem Matemática aplicada a dietas alimentares e estudo da obesidade

Viviane Maritelli Bertuola Marques Araújo¹; Luciane de Fátima RodriguesSouza¹

¹ Departamento de Matemática - Faculdades Integradas Regionais de Avaré – Fundação Regional Educacional de Avaré
– Avaré – São Paulo – Brasil.

* E-mail: vivianemaritelli@hotmail.com

Resumo

Programação linear, que é uma pequena área dentro de Pesquisa Operacional, será aplicada na otimização de uma dieta alimentar voltada à diminuição de peso. Precisamente, um modelo de dieta alimentar, com 21 variáveis foi elaborado, implementado e resolvido visando minimizar custos sem haver perdas de quantidades mínimas a serem ingeridas de proteínas, lipídios e carboidratos. Os objetivos principais serão apresentar a modelagem matemática com a ajuda do método simplex aplicado em minimização de custos e a entender um pouco sobre obesidade. Os resultados obtidos mostraram que é possível fazer uma dieta alimentar balanceada a um custo diário de uma refeição por R\$ 10,10, sendo que a pessoa pode comer todos os itens normalmente, exceto o mamão que foi a metade da gramagem, devido o preço.

Palavras-Chave: Otimização, modelagem matemática, método Simplex, dietas Alimentares e estudo de obesidade.

Abstract

Linear programming, which is a small area within Operations Research, will be applied in the optimization of a diet aimed at weight loss. Precisely, a model diet including 21 variables was developed, implemented and solved, in order to minimize costs but with no loss of minimum quantities of proteins, lipids and carbohydrates to be ingested. The main goals are to present this

mathematical modeling with the help of the simplex method applied to minimize costs, and also to enable an understanding about obesity. The final results showed that it is possible to create a balanced diet with a daily cost for a meal for R\$10,10, allowing the person to eat regularly all the items listed, except for papaya which was halved due to its price.

Keywords: optimization, mathematical modeling, Simplex method, food diets and the study of obesity.

1. Introdução

Várias são as áreas em que a modelagem matemática é usada na resolução de problemas; estas vão desde biológicas, humanas, até, obviamente nas exatas. É uma área bastante grande, indo desde modelos matemáticos lineares, não lineares, etc.

Maioria dos problemas reais envolve mais de uma variável e por isto, torna-se importante o conhecimento de algumas técnicas de resolução de modelos. Atualmente, com o grande desenvolvimento tecnológico, isto se tornou fácil, já que qualquer computador é capaz de resolver grandes modelos, sejam quais forem.

A pesquisa operacional, nos últimos tempos, tem desenvolvido uma grande variedade de modelos e algoritmos de otimização para a resolução de problemas em diversas áreas como: logística, telecomunicações, produção, finanças etc.. As ferramentas de apoio à decisão se fundamentam fortemente nas técnicas de otimização. Entretanto, sua aplicação prática pode acarretar diversas dificuldades na fase de modelagem e no gerenciamento eficiente dos sistemas computacionais, o que muitas vezes inviabiliza o seu acesso por parte de diversas empresas e entidades governamentais.

Segundo Geoffring (1987) e Matura *et al.* (2004), os modelos matemáticos de otimização têm duas formas gerais de uso. Na primeira, o modelo é usado ao nível estratégico, implicando em uma resolução do problema usada a intervalos de tempo consideravelmente longos, o que é intrínseco em uma decisão estratégica. Na segunda, o modelo atende a uma necessidade ao nível tático-operacional, os modelos de solução são usados periodicamente e neste nível de decisão, nem sempre há necessidade de profissionais especializados em Pesquisa Operacional. O desenvolvimento das ferramentas, para cada um dos dois tipos, é obviamente distinto.

Para atender a estas demandas, existem, atualmente, diversos sistemas de modelagem que facilitam o processo de implementação e solução dos modelos utilizando linguagem algébrica: os

sistemas de Suporte Analítico à Decisão. Normalmente, o sistema de suporte analítico à decisão é um sistema interativo que enfatiza técnicas computacionais avançadas que, muitas vezes são transparentes para os usuários, oferecendo amplas facilidades de análise dos problemas por sua visibilidade externa.

Neste trabalho, programação linear, que é uma pequena área dentro de Pesquisa Operacional será aplicada na otimização de uma dieta alimentar voltada à diminuição de peso, visando minimizar seu custo sem prejudicar restrições, que vão desde quantidade mínima de calorias até quantidade mínima de proteínas.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso, primeiramente será elaborada uma dieta hipocalórica de 1200 calorias, elaborado o seu modelo matemático e em seguida esta será minimizada usando o software LINDO (Linear Interactive Discrept Optimizer).

2.1 Método simplex e suas aplicações

O método simplex é uma ferramenta dentro da pesquisa operacional que é um método científico de tomada de decisões. Consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, e através da experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema. (SILVA, 1998). Segundo Silva (1998) consiste de um exame de soluções básicas não negativas do problema numa sequência tal que, a cada passo, consegue-se passar de um vértice a outro realizando um ganho no sentido pretendido de otimização. Com isto em geral evita-se calcular as raízes de um número significativo de soluções básicas, reduzindo-se apreciavelmente o esforço computacional requerido para resolver o problema.

Alguns passos para o desenvolvimento do modelo são:

- Identificar quais decisões efetivamente resolvem o problema
- Definir Variáveis de decisão
- Identificar quais as restrições que limitam as decisões a tomar
- Definir Conjunto de equações ou inequações
- Definir **objetivos** capazes de indicar que uma decisão é preferível a outras
- Definir **Função Objetivo**

O modelo matemático de programação linear possui uma função objetivo, que apresenta restrições técnicas e um grupo de inequações também lineares. Um modelo a ser otimizado, num geral tem o seguinte formato:

$$\begin{aligned} \min(\text{ou max}) z &= c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\ \text{sujeito a} \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\sim b_1 \\ a_{22}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\sim b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\sim b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0, \text{ e inteiras} \\ \text{onde } \sim &\text{podeser } \geq, \leq, \text{ ou } = \end{aligned}$$

No problema, a função objetivo será a função Custo, sendo as variáveis quantidades de cada alimento e as restrições: carboidratos, proteínas e lipídios.

Na Tabela 1 estão apresentadas as sugestões com controle das calorias totais, sendo propostos grupos de substituições com equivalência calórica.

Tabela 1. Dieta Hipocalórica - 1.200 calorias

<i>Refeição</i>	<i>Preparações</i>	<i>Medida Caseira</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Substituição</i>
Desjejum	Chá	1 xícara de chá	200 ml	Sucos light/ diet.
	Pão Francês	1/2 unidade	25 g	1 grupo de cereais
	Margarina	1 pç individual	10 g	1 grupo de gord.
	Melão	1 fatia média	115 g	1/2 grupo de frutas
Lanche da Manhã	Pêra	1 unidade	79 g	1 grupo de frutas
Almoço	Arroz	2 col. De sopa	62 g	1 grupo de cereais
	Carne Assada			
	c/ legumes:			
	Carne magra,	1 fatia fina	65 g	1 grupo de carnes
	Cenoura picada,	2 rodela	8 g	1/2 grupo de Veg. 2
	Pimentão verde	2 fatias	12 g	1/2 grupo de Veg. 2
	Brócolis refogado	2 col. Sopa	39,7 g	1 grupo de Veg. 2
	Salada de tomate	3 rodela	45 g	1 grupo de Veg. 2

	Abacaxi	1 fatia fina	130 g	1 grupo de Frutas
	Laranjada	1 laranja	75 g	1 grupo de Frutas
Lanche da Tarde	Iogurte diet. c/ polpa de frutas	1 porção	150 ml	3/4 grupo Leite
	Barra de cereais	1 unidade	25 g	1 grupo de cereais
Jantar	Arroz	2 col. de sopa	62 g	1 grupo de cereais
	Filé de frango grelhado	1 ud. Pequena	75 g	1 grupo de carnes
	Salada de alface	1 pires chá	22 g	3/4 grupo de Veg. 1
	Espinafre refogado	2 col. de sopa	66 g	1 grupo de Veg. 2
	Mamão papaia	1 fatia média	110 g	1 grupo de Frutas
	Suco de uva	1 copo	150 ml	Sucos light/ diet.
Lanche da Noite	Maçã	1 unidade	120 g	1 grupo de frutas
OBS:	Óleo de oliva (Salada)	1 col. de chá	2,4 g	1/4 grupo de gord.
	Óleo de soja (cocção)	1 col. de sopa	9 g	1 grupo de gord.
	Sal total do dia	4 col. De café rasas	4 g	
VET: 1.239 Kcal				
% VET:				
Proteínas: 20 %				
Lip 30 %				
CH: 50 %				
Total de Sódio / dia : 2.620,01 mg Na				

Tabela 2. Custos das refeições diárias

Custo da Refeição diária			
<i>Refeição</i>	<i>Preparações</i>	<i>Medida Caseira</i>	<i>Valor da preparação</i>
Desjejum	Chá	200 ml	0,13
	Pão Francês	25 g	0,15
	Margarina	10 g	0,05
	Melão	115 g	0,93
Lanche da Manhã	Pêra	79 g	2,00

Almoço	Arroz	62 g	0,10
	Carne Assada		
	c/ legumes:		
	Carne magra,	65 g	0,56
	Cenoura picada,	8 g	0,02
	Pimentão verde	12 g	0,04
	Brócolis refogado	39,7 g	0,15
	Salada de tomate	45 g	0,18
	Abacaxi	130 g	0,46
	Laranjada	100 ml	0,20
Lanche da Tarde	Iogurte diet c/ polpa	150 ml	1,15
	de frutas		
	Barra de cereais	25 g	1,20
Jantar	Arroz	62 g	0,10
	Filé de frango grelhado	75 g	0,52
	Salada de alface	22 g	0,08
	Espinafre refogado	66 g	0,13
	Mamão papaia	110 g	1,24
	Suco de uva	150 ml	0,20
Lanche da Noite	Maçã	1 unidade	0,51
		Total	R\$ 10,10

Tabela 3 Composição Química dos Cardápios hipocalóricos

Composição Química dos Cardápios Hipocalóricos		
Calorias Kcal = 1.200		
Prot.	G	63,7
Lip.	G	40,6
CH	G	154,6
Fibras	FAT*g	18,9
Na**	MG	1.115,20
Ca	MG	498,5
P	MG	742,6
Fe	MG	11,1
K	MG	2.176,40
Vit. C	MG	235,7
Retinol	Mcg	1.040,60

B1	MG	0,9
B2	MG	0,8
B6	MG	1,4
B12	MG	2,5
Niacina	MG	18,9
Vit. E	MG	14,7
Colesterol	MG	127,2
Cobre	MG	0,9
Selênio	Mcg	53,5

3. Breve estudo de obesidade

A obesidade é uma condição no qual os depósitos de gordura (adiposidade) são excessivos para a altura, o peso, o sexo e a raça do indivíduo, o ponto de provocar desfechos adversos à saúde (MANN & TRUSWELL, 2009). Existem várias técnicas para se avaliar e se definir a obesidade (Tabela 1.2).

Na prática clínica e na pesquisa epidemiológica, a obesidade é, com mais frequência, definida pelo índice de massa corporal (IMC), que é um cálculo que fornece uma aproximação razoável da adiposidade. O IMC é obtido dividindo-se o peso em quilogramas do paciente pela altura em metros quadrados (Kg/m^2). Os adultos com IMC de 25 a 29,9 Kg/m^2 são classificados como acima do peso, e aqueles com IMC superior a 30 Kg/m^2 são classificados como obesos (Tabela 1.1). Entretanto, nas crianças ou nos idosos, ou naqueles com condicionamento físico ou musculaturas excelentes, as definições de IMC antes mencionadas não são úteis como avaliação para obesidade. Nas crianças, os gráficos do IMC de acordo com a idade podem ser utilizados para avaliar o sobrepeso e a obesidade nesse grupo etário (MANN & TRUSWELL, 2009).

Esses parâmetros do IMC foram baseados em estudos epidemiológicos que revelaram aumento constante no risco das consequências da obesidade com IMC aumentando acima 2.. Medidas > 102 cm dos homens e > 88 cm das mulheres indicam risco substancialmente aumentando doenças. Medidas > 94 cm nos homens e > 80 cm nas mulheres sugerem risco aumentado. Os indivíduos de origem asiática tendem a ter mais gordura abdominal, e foi sugerido que circunferências da cintura > 90 cm nos homens e > 80 cm nas mulheres indicam risco aumentado nos asiáticos. A circunferência da cintura, ou abdominal, é medida com uma fita métrica não elástica no plano horizontal ao redor do abdômen, no nível médio, entre a crista ilíaca e a margem da costela inferior as linhas mesoaxilares (MANN & TRUSWELL, 2009).

Avaliar a espessura da prega cutânea em varias regiões do corpo pode gerar altos índices de erro pelo profissional, a menos que ele tenha recebido treinamento apropriado e formal. Os outros

métodos (Tabela 4) são mais caros e utilizados predominantemente para fins de pesquisa, embora várias das técnicas elaboradas estejam cada vez mais disponíveis e sendo mais utilizadas nas práticas clínicas.

Tabela 4 - Definição de obesidade recomendado de acordo com a OMS (2000) para a população europeia e da OMS (Western Pacific Region) / IOTF (2000) para a população asiática.

	IMC (Kg/m²)		
Classificação	Caucasiana	Asiática	Risco de comorbidades
Abaixo peso	< 18,5	<18,5	Baixo (mas o risco de outros problemas clínicos está aumentando)
Faixa normal	18,5 a 24,9	18,5 a 22,9	Médio
Sobrepeso	≥ 25,0	≥ 23,0	
Pré-obeso	25 a 29,9	23,0 a 24,9	Discretamente aumentando
Obeso	≥ 30	≥ 25	
Classe I	30,0 a 34,9	25,0 a 29,9	Moderado
Classe II	35,0 a 39,9	≥ 30	Alto
Classe III	≥ 40,0		Muito alto

Na Tabela 5 serão mostradas as principais técnicas para medir a adiposidade.

Tabela 5. Técnicas para medir a adiposidade

Índice de massa corporal (IMC)
Circunferência da cintura
Relação cintura/ quadril (C/Q)
Espessura da prega cutânea

Apesar dos fatores genéticos que fundamentam o sobrepeso e a obesidade, os fatores ambientais e do estilo de vida são determinantes muito importantes da atual epidemia da obesidade. As taxas de obesidade cresceram nas últimas décadas, enquanto o reservatório de genes permaneceu estável. O potencial que os fatores ambientais possuem para sobrepujar os efeitos genéticos é bem ilustrado por dois grupos de índios Pima semelhante geneticamente, aqueles que vivem em reservas no Arizona, EUA, realizam pouca atividade física e consomem muito alimento com grande potencial energético (MANN & TRUSWELL, 2009).

É difícil quantificar com certeza a contribuição do total de alimento consumido que contribui para a obesidade. Os indivíduos com sobrepeso ou obesos tentem a subestimar seu consumo energético total, às vezes, em até 50 % (MANN & TRUSWELL, 2009).

Parece improvável que a prevalência aumentada da obesidade seja totalmente explicada pela redução no débito de energia e que o aumento da ingestão contribua, de alguma forma, para o acúmulo excessivo de gordura corporal. Os métodos para se avaliar de forma acurada, a ingestão energética não pode ser utilizada facilmente nos estudos epidemiológicos.

Baixos níveis de atividade física voluntária e incidental também são importantes fatores para o ganho ponderal. Esse ganho ponderal pode ser resultado de alterações no estilo de vida como abandono da prática de esportes e competição; assumir mais atividades, responsabilidades profissionais sedentárias; ter filhos, de envelhecimento ou doença como artrite, que limita a mobilidade, ou doença respiratória ou cardiovascular, que diminui a capacidade de exercício. Além disso, a urbanização, a fartura e a moderação no estilo de vida resultaram em alterações na quantidade e no padrão dos exercícios.

Outros possíveis fatores etiológicos incluem cessação do tabagismo (ganho ponderal de 1 a 4 kg é habitual), gestação ou início de tratamento com alguns medicamentos, particularmente alguns hipoglicemiantes, alguns antiepilépticos e antipsicóticos. As alterações hormonais são com frequência, culpadas pela obesidade, mas, na verdade, esses distúrbios raramente provocam obesidade.

Não existem dúvidas quanto aos efeitos adversos da obesidade para a saúde; alguns efeitos estão relacionados na Tabela 6. O sobrepeso está associado a modesto aumento no risco das condições discutidas adiante, e os riscos aumentam com o grau da obesidade, de modo que para aqueles com IMC > 30 kg/m², as taxas de mortalidade total são 2 (para as mulheres) a 2,5 (para os homens) maiores do que naqueles com IMC na faixa saudável. (MANN & TRUSWELL, 2009).

Tabela 6. Consequências da obesidade

<i>Metabólicas:</i> Resistência a insulina, comprometimento da tolerância à glicose e diabetes tipo 2. Dislipidemia VLDL, triglicerídeos e LDL colesterol aumentados HDL colesterol reduzido	<i>Mecânicas:</i> Osteoartrite Complicações na coluna vertebral Apnéia obstrutiva do sono
<i>Cardiovasculares:</i> Hipertensão Doença arterial coronariana (DAC)	<i>Sociais</i> Baixa auto-estima Julgamento adverso pela sociedade

Veias varicosa Edema periférico	
<i>Câncer:</i> Mama Endométrio Próstata Rins Pâncreas Cólon	<i>Outras:</i> Risco anestésico aumentado Risco aumentado de fraturas nas crianças

A alta prevalência do sobrepeso e da obesidade em muitos países inviabiliza p tratamento individualizado porque representaria um ônus insustentável para os recursos da saúde publica. As abordagens da saúde pública para reduzir os riscos de pessoas desenvolverem sobrepeso ou obesidade são prioridades para aqueles que já o apresentam, e as tentativas sociais para diminuir a “obesogenicidade” do meio ambiente facilitarão a perda ponderal. Para os indivíduos saudáveis com sobrepeso e obesidade e para aqueles sem historia familiar de diabetes e de cardiopatia, o aconselhamento nutricional e o encorajamento para aumentar a atividade física podem já ser suficientes.

Entretanto parece importante oferecer encorajamento continuo e acompanhamento que garantem que as alterações no estilo de vida sejam mantidas. Para aqueles com IMC > 27 e adiposidade abdominal, síndrome metabólica ou outras complicações clinicas e para aqueles com IMC >30, são necessários aconselhamento nutricional intenso (de preferência fornecido por um nutrólogo ou um nutricionista) e supervisão medica (para decidir a necessidade de tratamento adjunto se não houver perda ponderal apenas com dieta e aumento de atividade física).

4. Dietas Alimentares

4.1 Dietas Hipocalóricas

Como já foi mencionada, a obesidade é um fator de risco principalmente para as doenças cardiovasculares, por isso é necessário manter um peso saudável. Para alcançar esse peso, é importante a programação de redução de peso, com planejamento individual das necessidades, nutricionais, estabelecendo a reeducação alimentar.

Torna-se necessário salientar que o processo de programação de peso deve ser gradativo e exige acompanhamento com profissionais, como por exemplo, médico, nutricionistas, psicólogos e professores de educação física. Muitas vezes, conciliar o atendimento individual e o de grupo é uma boa alternativa, no sentido de estimular a aderência e seguimento do programa. Isso ocorre

especialmente pela troca de experiências entre pacientes. Além disso, o envolvimento da família é imprescindível para o sucesso no tratamento.

5. Estudo dos Casos de Minimização

Nesta seção, será apresentado o modelo matemático elaborado a partir da dieta alimentar e os resultados obtidos depois implementado e resolvido este usando o software LINDO.

5.1. O Modelo Matemático

A Tabela 7 a seguir mostra as variáveis a serem usadas no modelo.

Tabela 7. Variáveis usadas no modelo.

Variável	Substância alimentar	Gramagem	Calorias	Carboidratos	Proteínas	Lipídios
x_1	Chá	200	18,9	4,7	0,14	0
x_2	Pão francês	25	67,2	14,3	2,3	0,05
x_3	Margarina	10	74	0,01	0,01	8,2
x_4	Melão	115	36,8	8,2	0,7	0,5
x_5	Pêra	79	46,6	11,9	0,3	0,3
x_6	Arroz	124	154,6	31,6	2,8	1,5
x_7	Carne	65	176,1	0,31	16,9	9,1
x_8	Cenoura	8	3,6	0,8	0,08	0,01
x_9	Pimentão	12	3,3	0,8	0,1	0,02
x_{10}	Brócolis	39,7	11,1	2	1,1	0,1
x_{11}	Tomate	45	9,4	2	0,3	0,1
x_{12}	Abacaxi	130	63,7	16,1	0,5	0,5
x_{13}	Laranjada	100	35,6	8,4	0,4	0,1
x_{14}	Iogurte	150	88,5	10,9	6,4	2,1
x_{15}	Barra de cereais	25	102,5	17,8	3,2	1,2
x_{16}	Alface	22	3,9	0,8	0,3	0,06
x_{17}	Espinafre	66	15	2,4	1,9	0,2
x_{18}	Mamão	110	35	9,1	0,6	0,1
x_{19}	Suco de uva	150	92	22,6	0,4	0
x_{20}	Maçã	120	70	18,4	0,2	0,4
x_{21}	Frango	75	132	0,2	22,2	4,7
Total de Carboidratos, Proteínas e Lipídios.				183,32	60,83	29,24
Total de calorias				733,28	243,32	263,16
Soma Total					1239,76	

Depois de criadas as variáveis do modelo, foi elaborada a função objetivo e as restrições do modelo.

A função objetivo do modelo, como dito anteriormente, apresenta o custo da dieta alimentar a ser minimizado.

Função Objetivo

$$0.13x_1 + 0.15x_2 + 0.05x_3 + 0.93x_4 + 2x_5 + 0.2x_6 + 0.56x_7 + 0.02x_8 + 0.04x_9 + 0.15x_{10} + 0.18x_{11} + 0.46x_{12} + 0.2x_{13} + 1.15x_{14} + 1.2x_{15} + 0.08x_{16} + 0.13x_{17} + 1.99x_{18} + 0.2x_{19} + 0.51x_{20} + 0.52x_{21}$$

As restrições do modelo estão apresentadas a seguir e são, respectivamente, referentes à: carboidratos, proteínas e lipídios.

Carboidratos

$$4.7x_1 + 14.3x_2 + 0.01x_3 + 8.2x_4 + 11.9x_5 + 31.6x_6 + 0.31x_7 + 0.8x_8 + 0.8x_9 + 2x_{10} + 2x_{11} + 16.1x_{12} + 8.4x_{13} + 10.9x_{14} + 17.8x_{15} + 0.8x_{16} + 2.4x_{17} + 9.1x_{18} + 22.6x_{19} + 18.4x_{20} + 0.2x_{21} \leq 190$$

$$4.7x_1 + 14.3x_2 + 0.01x_3 + 8.2x_4 + 11.9x_5 + 31.6x_6 + 0.31x_7 + 0.8x_8 + 0.8x_9 + 2x_{10} + 2x_{11} + 16.1x_{12} + 8.4x_{13} + 10.9x_{14} + 17.8x_{15} + 0.8x_{16} + 2.4x_{17} + 9.1x_{18} + 22.6x_{19} + 18.4x_{20} + 0.2x_{21} \geq 150$$

Proteínas

$$0.14x_1 + 2.3x_2 + 0.01x_3 + 0.7x_4 + 0.3x_5 + 2.8x_6 + 16.9x_7 + 0.08x_8 + 0.1x_9 + 1.1x_{10} + 0.3x_{11} + 0.5x_{12} + 0.4x_{13} + 6.4x_{14} + 3.2x_{15} + 0.3x_{16} + 1.9x_{17} + 0.6x_{18} + 0.4x_{19} + 0.2x_{20} + 22.2x_{21} \leq 70$$

$$0.14x_1 + 2.3x_2 + 0.01x_3 + 0.7x_4 + 0.3x_5 + 2.8x_6 + 16.9x_7 + 0.08x_8 + 0.1x_9 + 1.1x_{10} + 0.3x_{11} + 0.5x_{12} + 0.4x_{13} + 6.4x_{14} + 3.2x_{15} + 0.3x_{16} + 1.9x_{17} + 0.6x_{18} + 0.4x_{19} + 0.2x_{20} + 22.2x_{21} \geq 50$$

Lipídios

$$0x_1 + 0.05x_2 + 8.2x_3 + 0.5x_4 + 0.3x_5 + 1.5x_6 + 9.1x_7 + 0.01x_8 + 0.02x_9 + 0.1x_{10} + 0.1x_{11} + 0.5x_{12} + 0.1x_{13} + 2.1x_{14} + 1.2x_{15} + 0.06x_{16} + 0.2x_{17} + 0.1x_{18} + 0x_{19} + 0.4x_{20} + 4.7x_{21} \leq 30$$

$$0x_1+0.05x_2+8.2x_3+0.5x_4+0.3x_5+1.5x_6+9.1x_7+0.01x_8+0.02x_9+0.1x_{10}+0.1x_{11}+0.5x_{12}+0.1x_{13}+2.1x_{14}+1.2x_{15}+0.06x_{16}+0.2x_{17}+0.1x_{18}+0x_{19}+0.4x_{20}+4.7x_{21} \geq 25$$

Depois de elaborado o modelo, este foi implementado no LINDO, como mostrado abaixo. A tela de entrada é como apresentada a seguir: Para fazer comentários, é usado o símbolo de exclamação!.

Como a princípio tivemos problema, pois o resultado não foi “desejável”, pois vários alimentos foram zerados, incluímos outras restrições impunham que cada substância fosse no mínimo ingerida meia porção.

6. Resultados e Discussão

O modelo implementado apresentou como resultados ótimos, R\$10,10 para a função objetivo, ou seja, de custo mínimo para a dieta, e com relação às variáveis, 1 porção de cada, exceto para o mamão, cujo preço estava alto na época da pesquisa. Isto está mostrado na Tabela 8.

Variável	Substância Alimentar	Gramagem do alimento
x_1	Chá	= 1
x_2	Pão francês	= 1
x_3	Margarina	= 1
x_4	Melão	= 1
x_5	Pêra	= 1
x_6	Arroz	= 1
x_7	Carne	= 1
x_8	Cenoura	= 1
x_9	Pimentão	= 1
x_{10}	Brócolis	= 1
x_{11}	Tomate	= 1
x_{12}	Abacaxi	= 1
x_{13}	Laranjada	= 1
x_{14}	Iogurte	= 1
x_{15}	Barra de cereais	= 1
x_{16}	Alface	= 1
x_{17}	Espinafre	= 1
x_{18}	Mamão	= ½
x_{19}	Suco de uva	= 1

x_{20}	Maça	= 1
x_{21}	Frango	= 1

Estes resultados foram obtidos após 55 iterações.

7. Conclusão

Um modelo de dieta alimentar, com 21 variáveis foi elaborado, implementado e resolvido visando minimizar custos sem haver perdas de quantidades mínimas a serem ingeridas de proteínas, lipídios e carboidratos. Seria inviável resolver este modelo analiticamente devido ao número grande de variáveis.

Os sistemas de suporte analítico à decisão permitem melhorar a tomada de decisões, através do uso de modelos matemáticos que permitem o uso das ferramentas da Pesquisa Operacional. O Software LINDO, usado neste trabalho, fornece ferramentas para se desenvolver e se construir sistemas de apoio à decisão, desde procedimentos que ajudam na modelagem, até aplicativos com interface amigável para usuários finais. Pôde-se verificar também, que é de fácil manipulação e entendimento de resultados.

Nos resultados obtidos tivemos o custo diário de uma refeição por R\$ 10,10, sendo que a pessoa pode comer a dieta normal exceto o mamão que foi a metade da gramagem, devido o preço.

8. Referências bibliográficas

- KESSLER, M.; Halpern, A. Zukerfeld, R. **Emagreça mudando o corpo e a cabeça**. Editora Record. Rio de Janeiro, São Paulo 2002.
- PHILIPPI, T., Sônia. **Tabela de composição de alimentos: Suporte para decisão nutricional**. Editora Gráfica Coronário. 2º Edição, São Paulo, 2002.
- TRUSWELL, A.; MANN J. **Nutrição humana**, Volume 1. Editora Guanabara Koogan S.A., 3º edição, Rio de Janeiro 2009; Páginas 1005.
- WAITZBERG D. L.; **Nutrição Enteral e Parenteral na Prática Clínica**, Editora Atheneu, 2º Edição, 1995.
- MATURA, A.; Ferrer, J.C. & Barañao, F. **Design and implementation-based decision support system generator**. *European Journal of Operational Research*, (2004).