



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

**ADRIANA FARIAS MELO**

**UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO POR METAS COMO AUXÍLIO À TOMADA  
DE DECISÃO NA COMPOSIÇÃO DA CESTA BÁSICA DE ALIMENTOS**

**FORTALEZA**

**2016**

ADRIANA FARIAS MELO

UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO POR METAS COMO AUXÍLIO À TOMADA DE  
DECISÃO NA COMPOSIÇÃO DA CESTA BÁSICA DE ALIMENTOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. João Vitor Moccellin

FORTALEZA  
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M485u Melo, Adriana Farias.  
Utilização de programação por metas como auxílio à tomada de decisão na composição da cesta básica de alimentos / Adriana Farias Melo. – 2016.  
81 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. João Vitor Moccellin.
1. Programação por metas. 2. Balanceamento nutricional. 3. Cesta básica. 4. Alimentos funcionais. 5. Nutrição. I. Título.

CDD 658.5

---

ADRIANA FARIAS MELO

UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO POR METAS COMO AUXÍLIO À TOMADA DE  
DECISÃO NA COMPOSIÇÃO DA CESTA BÁSICA DE ALIMENTOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. João Vitor Moccellin (Orientador)**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

**Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

---

**Prof. Dr. Bruno de Athayde Prata**  
**Universidade Federal do Ceará (UFC)**

A meus pais, que com todo amor sempre me incentivaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Adriano de Melo Neto e Glaucia Maria Mesquita Farias Melo, pelo exemplo de vida. Obrigada por todo o esforço que já fizeram e continuam a fazer por mim, obrigada por toda a oportunidade que vocês me ofereceram. Obrigada pelo amor incondicional, pelos conselhos e afagos.

A todos os professores do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará, por todo o conhecimento proporcionado, em especial, ao meu orientador, o professor João Vitor Moccellin, pela confiança depositada e pelo apoio irrestrito para a concretização desta etapa acadêmica. Ao professor Rogério Masih também meu sincero agradecimento pelos ensinamentos no grupo PET e todo apoio durante minha formação acadêmica.

Aos membros da banca, que dedicaram tempo e intelecto para a leitura e avaliação deste trabalho. A eles, agradeço pelas críticas, sugestões e opiniões.

Aos meus amigos que sempre tiveram ao meu lado durante essa jornada, em especial ao Leonardo André Colares Dantas pelo companheirismo e apoio durante esta fase acadêmica e ao Natan Cabral pelo apoio na fase final da concretização deste trabalho.

Aos companheiros da Proativa Jr, do PET, da Empresa Safran e Softtek que contribuíram na minha formação e ajudaram no meu desenvolvimento profissional.

A todos que direta ou indiretamente fizeram ou fazem parte da minha formação, o meu sincero muito obrigada.

## RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver um modelo de Programação por Metas como apoio à resolução do problema de balanceamento nutricional de uma cesta básica. Inicialmente é feita uma revisão da literatura sobre nutrição, pontuando os principais nutrientes e seus valores recomendados de ingestão, o conceito de alimentos funcionais, uma descrição da pirâmide alimentar brasileira, além de um breve histórico da cesta básica proposta por lei em 1938. Em seguida é abordado o processo de tomada de decisão com objetivos múltiplos, detalhando o método escolhido para o estudo: Programação por Metas, por ser bastante útil na análise de problemas onde os diversos objetivos não podem ser atingidos em sua totalidade. Assim, a formulação do problema de balanceamento nutricional de uma dieta permitiu avaliar o atendimento às seguintes metas: valores energéticos da cesta básica tendo como parâmetro os valores indicados na pirâmide alimentar brasileira; a adequação da quantidade de nutrientes ingeridos; e a viabilidade econômica de uma cesta básica. O modelo foi aplicado baseado nos dados da cidade de Fortaleza (CE), onde foram gerados três cenários a partir da alteração dos dados de entrada e restrições do problema. Através dos resultados obtidos, foi possível verificar o comportamento dos nutrientes em relação aos alimentos analisados em cada cenário juntamente com o seus custos, e principalmente constatar a inadequação nutricional da cesta básica de alimentos proposta no Decreto Lei nº 399 em 1938 que está em vigor até hoje. Além disso, foi comprovada a possibilidade de propor uma combinação alimentar nutricionalmente mais adequada com o mesmo custo da atual cesta básica. Dessa forma, o presente estudo confirma a necessidade de uma reavaliação da cesta básica proposta à população brasileira.

**Palavras-chave:** Programação por Metas; Balanceamento Nutricional; Cesta Básica

## ABSTRACT

The purpose of this work is to present a goal programming formulation in an effort to evaluate the nutrients of the Brazilian food basket. Initially, this work reviews the nutrition's concepts, highlighting the main nutrients and their recommended dietary, an explanation about the functional foods, a description of the Brazilian food pyramid and there is a brief historical about the food basket set by law on 1938. Then, the multiple objectives decision making process is analyzed, focusing on the chosen methods for the work: goal programming. The model allows the decision maker to evaluate the following goals: meets the energetic values of the food basket with the desired values indicated on the Brazilian food pyramid; the adequacy of the nutrients intake; and food basket's economic viability. The model was applied based on the dates from Fortaleza (CE), where three scenarios were generated build on the inputs and constraints alterations. According to the results, it was possible to verify the nutrients behavior as per the foods analyzed in each scenarios together with their costs. Mostly it was testified the nutritional inadequacy of the food basket set on the decree law n°399 entered into force until today. Moreover, it was proved the possibility of a food combination more healthy with the same costs of the current food basket. Thereby, this study confirms the need of a reformulation of the food basket proposed to the Brazilians.

**Keywords:** Goal Programming; Menu Planning; Food Basket



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide Alimentar Brasileira .....	22
Figura 2 - Hierarquia dos Objetivos .....	28
Figura 3 - Esquematização das Fases de um Estudo aplicando a PO.....	29
Figura 4 - Hierarquia dos objetivos e unidades de medidas .....	37
Figura 5 - Primeira parte da composição nutricional dos alimentos da Tabela 7.....	60
Figura 6 - Segunda parte da composição nutricional dos alimentos da Tabela 7.....	61
Figura 7 - Janela de resultado do Solver do primeiro cenário .....	66
Figura 8 - Resultado da primeira meta no primeiro cenário .....	67
Figura 9 - Resultado da segunda meta no primeiro cenário .....	67
Figura 10 - Resultado da segunda meta no primeiro cenário .....	67
Figura 11 - Resultado da primeira meta no segundo cenário .....	70
Figura 12 - Resultado da segunda meta no segundo cenário.....	71
Figura 13 - Resultado da terceira meta no segundo cenário.....	71
Figura 14 - Resultado da primeira meta no terceiro cenário .....	73
Figura 15 - Resultado da segunda meta no terceiro cenário.....	73

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Provisões mínimas mensais estipuladas pelo Decreto Lei n399 .....	21
Quadro 2 - Valor energético e número de porções ao dia por grupo de alimentos de uma dieta de 2000Kcal.....	23
Quadro 3 - Transformações de objetivos em metas .....	31
Quadro 4 - Atributos e unidades encontradas na decomposição do objetivo geral.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ingestão Diária Recomendada para Adultos .....	19
Tabela 2 - Índices EAR e UL para homens e mulheres entre 31-50 anos.....	20
Tabela 3 - Propriedades nutracêuticas de alguns alimentos .....	25
Tabela 4 - Nutrientes avaliados no estudo de caso.....	35
Tabela 5 - Níveis de aspiração dos nutrientes .....	42
Tabela 6 - Valores máximos e mínimos de ingestão diária.....	48
Tabela 7 - Lista de alimentos analisados no exemplo de aplicação do modelo .....	59
Tabela 8 - Alimentos analisados no primeiro cenário .....	63
Tabela 9 - Divisão dos alimentos nos grupos da pirâmide alimentar.....	65
Tabela 10 - Quantidade diária dos alimentos gerada no primeiro cenário .....	68
Tabela 11 - Resumo dos resultados gerados pelo primeiro cenário .....	68
Tabela 12 - Provisões mínimas diárias estipuladas pelo Decreto Lei n399 .....	69
Tabela 13 - Lista de alimentos analisados no segundo cenário.....	70
Tabela 14 - Quantidades diárias dos alimentos geradas no segundo cenário.....	72
Tabela 15 - Resumo dos resultados gerados pelo segundo cenário.....	72
Tabela 16 - Quantidade diária dos alimentos gerada no terceiro cenário.....	74
Tabela 17 - Resumo dos resultados gerados pelo terceiro cenário.....	74
Tabela 18 - Resumo dos resultados gerados pelos três cenários .....	75

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS**

AI - *Adequate Intake*

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CONSEA - Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional

DRI - *Dietary Reference Intakes*

EAR - *Level Estimated Average Requirement*

IDR - Ingestão Diária Recomendada

PO - Pesquisa Operacional

POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares

RDA - *Recommended Dietary Allowances*

UL - *Tolerable Upper Intake*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Contextualização.....	13
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo Geral .....	14
1.3.2 Objetivos Específicos .....	14
1.4 Metodologia da Pesquisa .....	15
1.5 Estrutura do Trabalho .....	15
2. NUTRIÇÃO E ALIMENTOS FUNCIONAIS.....	17
2.1 Nutrição .....	17
2.2 Ingestão Diária Recomendada de Nutrientes.....	19
2.3 Breve Histórico da Cesta Básica Nacional .....	20
2.4 Nova Pirâmide Alimentar Brasileira .....	22
2.5 Alimentos Funcionais e Nutracêuticos .....	24
3. TOMADA DE DECISÃO COM OBJETIVOS MÚLTIPLOS .....	27
3.1 O Processo de Tomada de Decisão.....	27
3.2 Pesquisa Operacional.....	28
3.3 Programação por Metas .....	30
3.3.1 Algoritmo da Programação por Metas.....	32
4. MODELO PROPOSTO.....	34
4.1 O Ambiente de decisão.....	34
4.1.1 Composições dos alimentos.....	34
4.1.2 Critérios nutricionais avaliados .....	34
4.1.3 Preços dos alimentos .....	36
4.2 Formulação do Problema.....	36
4.3 Modelagem do Problema.....	37
4.3.1 Transformação dos Objetivos em Metas .....	38
4.3.2 Restrições do Problema .....	45
4.3.3 Priorização das Metas .....	48
4.3.4 Formação da Função Execução .....	49
4.3.5 Formulação Geral .....	49
4.4 Aplicação do Modelo.....	54

5. ESTUDO DE CASO .....	62
5.1 Definição dos cenários.....	62
5.2 Parâmetros do <i>Solver</i> .....	62
5.3 Resultados do Modelo .....	63
5.4 Comparação de resultados .....	74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
REFERÊNCIAS .....	78
APÊNDICE A – PESQUISA DE PREÇO DA LISTA DE ALIMENTOS FUNCIONAIS PROPOSTA POR PACHECO (2011) REALIZADA NOS DIAS 08, 09 e 10 DE NOVEMBRO DE 2016.....	81

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

O crescente número de casos de doenças crônicas relacionadas ao consumo excessivo de calorias e à oferta desequilibrada de nutrientes, está ocasionando a criação de novas políticas públicas que incentivem a população a ter uma alimentação equilibrada. O Guia Alimentar para a População Brasileira (2014) e a reformulação da Pirâmide Alimentar Brasileira são alguns dos frutos desta preocupação.

No entanto, a Cesta Básica de Alimentos, proposta no Decreto Lei nº399 em 1938, que teve como intuito apresentar uma combinação de alimentos com quantidades suficientes para garantir o sustento e bem estar de um trabalhador em idade adulta, não sofreu nenhuma atualização, estando em vigor até hoje.

A necessidade de atualização da cesta básica é comprovada pela drástica mudança dos hábitos dos brasileiros desde 1938. Naquela época, a população brasileira exercia predominantemente atividades profissionais braçais, exigindo assim uma alimentação com valor energético relativamente alto. Atualmente, o trabalho humano braçal foi substituído por tecnologias automatizadas, diminuindo sensivelmente o gasto calórico. Adicionando a essa mudança, vem o fato de, em 1938, o foco estava em combater as doenças relacionadas à fome e à miséria, e hoje, como comentado anteriormente, a preocupação está voltada a combater problemas de obesidade e doenças crônicas relacionadas ao excesso do consumo alimentar.

Além disso, vários estudos no âmbito da nutrição foram desenvolvidos desde então. No Brasil, por exemplo, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) divulgou em 2005 o Regulamento Técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais, o qual indica a quantidade de ingestão desses nutrientes que suprem às necessidades diárias de 97% a 98% dos indivíduos saudáveis.

Novas tendências e descobertas alimentares também estão surgindo, como o surgimento alimentos funcionais, que são alimentos que ao serem consumidos produzem efeitos metabólicos e fisiológicos, além da função básica de nutrir.

Diante dessa evolução em torno da ciência da nutrição, é possível fazer uma análise nutricional dos alimentos que compõem a Cesta Básica de Alimentos, avaliando suas quantidades de carboidratos, proteínas, lipídios, fibras alimentares, vitaminas e minerais, tendo como parâmetro os valores atuais de recomendação de ingestão. Também é possível analisar

novas combinações alimentares, que inclua os alimentos funcionais, possibilitando a proposição de uma nova cesta básica que se adeque aos atuais hábitos dos brasileiros.

## **1.2 Justificativa**

A partir das evidências da necessidade de atualização da cesta básica, surgem alguns questionamentos:

- Qual a adequação nutricional da cesta básica de alimentos proposta no Decreto Lei nº399 em relação aos atuais parâmetros nutricionais recomendados?
- Qual seria a melhor composição de uma cesta básica?
- Qual a relação entre o balanceamento nutricional de uma dieta e o seu custo?

Assim o presente trabalho propõe investigar as questões apresentadas acima em busca de alternativas para analisar diferentes composições de cesta básica que melhor atendam às necessidades dos brasileiros.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo Geral***

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um modelo de Programação por Metas, como apoio à resolução do problema de balanceamento nutricional da cesta básica, para analisar combinações alimentares, visando encontrar uma que se adeque aos atuais hábitos dos brasileiros.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

Os objetivos específicos do trabalho são:

1. Pesquisar e compreender os estudos divulgados na área da ciência da nutrição;
2. Estudar o método de Programação por Metas, bem como sua formulação;
3. Identificar os fatores e parâmetros que devem ser considerados na formulação do problema;
4. Modelar o problema através de Programação por Metas, utilizando o suplemento Solver do programa Microsoft Excel 2013;



5. Aplicar o modelo proposto para os alimentos da cesta básica estabelecido no Decreto Lei n399, assim como para outras combinações alimentares;
6. Avaliar os resultados gerados nos cenários.

#### **1.4 Metodologia da Pesquisa**

O presente trabalho pode ser caracterizado do ponto de vista da sua natureza como pesquisa aplicada que, segundo Silva e Menezes (2005), objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, que, neste estudo, foi o balanceamento nutricional de uma dieta.

Em relação à abordagem, de acordo com Silva e Menezes (2005), as pesquisas podem ser classificadas em quantitativa, que busca traduzir opiniões e informações em números, visando classificá-las e analisá-las, e em qualitativa, a qual examina a relação do ambiente com os dados do trabalho, sem utilizar técnicas matemáticas. No presente estudo, a abordagem de pesquisa utilizada foi quantitativa devido à utilização de técnicas matemáticas para resolução do problema proposto.

Tratando-se da categoria quanto aos objetivos, segundo a definição de Gil (2008), este estudo classifica-se como pesquisa exploratória. Já do ponto de vista dos procedimentos técnicos, este estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, experimental e estudo de caso. Ainda de acordo com Gil (2008), pesquisa bibliográfica é aquela elaborada com base em material já divulgado; pesquisa experimental determina um objeto de estudo, selecionando variáveis que poderiam influenciá-lo, além de formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto; por fim, estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

A análise deste trabalho será realizada por meio de pesquisas e coleta de dados a partir de estudos já elaborados e publicados, procurando sempre dados que atendam a 97% a 98% da população. Alguns dados relacionados à precificação dos alimentos foram coletados em campo, realizando visitas aos supermercados.

#### **1.5 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho foi dividido em seis capítulos, onde cada capítulo foi subdividido em seções objetivando uma organização adequada e de fácil acompanhamento por parte do leitor.

O primeiro capítulo, Introdução, traz uma apresentação da monografia, onde é abordada a contextualização do desenvolvimento do estudo. Descreve também a justificativa do estudo, os objetivos geral e específicos e a metodologia de trabalho implantada no estudo.

O segundo capítulo apresenta o tema nutrição, abordando o conceito e aspectos nutricionais importantes para o bom funcionamento do corpo humano. Também é apresentado os índices de Ingestão Diária Recomendada (IDR) de nutrientes e a pirâmide alimentar brasileira, além de realizar um breve histórico da cesta básica alimentar e dos alimentos funcionais.

No terceiro capítulo é feita uma revisão de literatura sobre os métodos de tomada de decisão com objetivos múltiplos, explanando o processo de tomada de decisão e os conceitos de pesquisa operacional. Por fim é detalhado o método escolhido para o estudo, a Programação por Metas.

O quarto capítulo aborda o modelo proposto para realizar o balanceamento nutricional da cesta básica. É apresentado o ambiente de decisão, definição dos parâmetros considerados na formulação do problema, e formulação do modelo através do método de Programação por Metas.

O quinto capítulo é referente ao estudo de caso. Nele é realizada a aplicação do modelo proposto. Inicialmente são definidos os cenários onde o modelo seria aplicado, depois são apresentados os parâmetros do Solver quanto à execução, variáveis e restrições do modelo. Por fim, são apresentados os resultados obtidos em cada um dos cenários e uma comparação entre eles.

O sexto capítulo apresenta as conclusões do trabalho e recomendações para novos estudos.

Por fim, todo referencial bibliográfico utilizado como base na elaboração deste estudo é apresentado ao final do trabalho.

## 2. NUTRIÇÃO E ALIMENTOS FUNCIONAIS

Neste capítulo se encontra o referencial teórico sobre os conceitos básicos de nutrição, índices recomendados de ingestão dos nutrientes, uma análise histórica da cesta básica nacional, descrição da nova pirâmide alimentar brasileira e um esclarecimento sobre os alimentos funcionais.

Esses conhecimentos são necessários para o entendimento do cenário atual brasileiro, da importância de uma alimentação equilibrada e para compreensão das análises nutricionais dos alimentos que serão apresentadas no estudo de caso.

### 2.1 Nutrição

Segundo Cuppari (2005), a nutrição é a ciência que estuda os alimentos, seus nutrientes, sua ação e interação em relação à saúde e à doença. Ela analisa também os processos pelos quais o organismo ingere, absorve, transporta, utiliza e excreta os nutrientes.

De acordo com Pacheco (2011), para uma composição alimentar saudável é necessário analisar os nutrientes inseridos nos alimentos e suas funções no organismo. O estudo desses nutrientes é fundamental para manter uma alimentação equilibrada, além de auxiliar a formulação de políticas e ações destinadas a prevenir carências nutricionais específicas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014).

A seguir, são descritas brevemente as características e as funções dos principais nutrientes encontrados na literatura, sendo eles carboidratos, proteínas, lipídios, fibras alimentares, vitaminas e minerais, de acordo com as definições apresentadas por Pacheco (2011):

- **Carboidrato:** sua principal função no corpo humano é a reserva energética em forma de glicogênio. Quando consumidos em quantidades suficientes, os carboidratos poupam a proteína da função energética, além de impedir que os lipídios sejam oxidados, pois eles formam cetonas durante a sua oxidação, o que gera o risco de causar acidose metabólica, podendo levar ao coma e à morte do paciente.
- **Proteína:** além da sua função energética, ela fornece substratos necessários para o crescimento, reparo e manutenção dos tecidos corpóreos. A deficiência de proteína nos adultos pode produzir emagrecimento, anemia e letargia. Já nas crianças ocasiona parada de crescimento, distúrbios mentais, dermatite e diarreia. O excesso também pode acarretar problemas de saúde, como alterações renais e cardiovasculares e redução da longevidade.

- **Lipídios:** na alimentação, o lipídio melhora a palatabilidade dos alimentos, diminui o volume de comida a ser ingerida, por ele ser sacietogênico. Ele também aumenta o tempo do processo digestivo, transporta vitaminas lipossolúveis e serve como reserva energética. O lipídio é o que mais colabora energeticamente nas dietas, porém o consumo excessivo de gordura, diferentemente do carboidrato, pode contribuir para problemas de obesidade.
- **Fibras alimentares:** são capazes de retardar o esvaziamento gástrico e diminuir a absorção dos carboidratos, o que ocasiona redução dos níveis de glicose no sangue, auxiliando no controle glicêmico. A fibra também melhora as funções intestinais e previne o câncer de cólon, além de atuar no tratamento da obesidade, uma vez ela apresenta efeito sobre a saciedade.
- **Vitaminas:** são essenciais para a manutenção do metabolismo normal, desempenhando funções fisiológicas específicas. Atualmente existem pelo menos 13 vitaminas consideradas nutrientes essenciais. Elas devem ser ingeridas com moderação, pois algumas delas possuem efeitos prejudiciais à saúde caso ingeridas em excesso.
- **Minerais:** agem tanto na forma iônica quanto na constituição de compostos orgânicos, como agentes catalisadores, hormônios, secreções e proteínas do tecido orgânico. Assim como as vitaminas, a ingestão em excesso de alguns minerais pode ocasionar toxicidade no corpo humano. Alguns exemplos de minerais são o cálcio, ferro, zinco, sódio e manganês.

Resumidamente, conforme Pacheco (2011), uma dieta balanceada deve conter energia suficiente para manter seu nível de atividade física e peso saudável, proteína suficiente para reparo, regeneração e rejuvenescimento dos tecidos, ácidos graxos essenciais suficientes, vitaminas e minerais na quantidade indicadas na Ingestão Diária Recomendada (IDR) e líquidos suficientes para manter o equilíbrio hídrico normal.

Conforme o Guia Alimentar para a População Brasileira (2014), a necessidade de políticas que incentivem a população a ter uma alimentação equilibrada é comprovada com o aumento da frequência de casos de obesidade e diabetes no mundo, incluindo o Brasil. A obesidade é o maior problema de saúde mundial atualmente, ela está relacionada com alto consumo de comidas calóricas combinada com a baixa prática de atividade física.

Além disso, vem-se notando maior incidência de algumas doenças crônicas relacionadas ao consumo excessivo de calorias e à oferta desequilibrada de nutrientes, como hipertensão, doenças do coração e certos tipos de câncer. Essas doenças estão atingindo cada vez mais crianças, adolescentes e adultos jovens.

## 2.2 Ingestão Diária Recomendada de Nutrientes

Segundo Padovani *et al.* (2006), Ingestão Diária Recomendada (IDR), do inglês *Recommended Dietary Allowances* (RDA), é a quantidade de nutrientes que deve suprir às necessidades diárias de 97% a 98% dos indivíduos saudáveis do mesmo sexo e estágio de vida. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução RDC nº 260, de 22 de setembro de 2005, divulgou o Regulamento Técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Ingestão Diária Recomendada para Adultos

<b>Nutriente</b>	<b>Unidade</b>	<b>Adulto</b>
Proteína	g	50
Vitamina A	mcg ER/d	600
Vitamina D	mcg/d	5
Vitamina C	mg/d	45
Vitamina E	mg/d	10
Tiamina	mg/d	1,2
Riboflavina	mg/d	1,3
Niacina	mg/d	16
Vitamina B6	mg/d	1,3
Ácido fólico	mcg/d	400
Vitamina B12	mcg/d	2,4
Biotina	mcg/d	25
Ácido pantotênico	mg/d	5
Vitamina K	mcg/d	65
Cálcio	mg/d	1000
Ferro	mg/d	14
Magnésio	mg/d	260
Zinco	mg/d	7
Iodo	mcg/d	130
Fósforo	mg/d	700
Flúor	mg/d	4
Cobre	mcg/d	900
Selênio	mcg/d	34
Molibdênio	mcg/d	45
Cromo	mcg/d	35
Manganês	mg/d	2,3
Colina	mg/d	550

Fonte: ANVISA. REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE A INGESTÃO DIÁRIA RECOMENDADA (IDR) DE PROTEÍNA, VITAMINAS E MINERAIS (2005).

Alguns valores recomendados pela ANVISA são originários das *Dietary Reference Intakes* (DRI). As DRI são publicadas em forma de relatório pelo *Institute of Medicine* em parceria com a agência *Health Canada* e constituem os valores recomendados de ingestão de nutrientes e energia adotados pelos Estados Unidos e Canadá.

Em suas publicações mais recentes, além da IDR, foram apresentadas três novas categorias, o *Tolerable Upper Intake Level* (UL), o *Estimated Average Requirement* (EAR) e o *Adequate Intake* (AI) (PADOVANI, *et al.*, 2006).

O UL indica o valor mais alto de ingestão diária prolongada de um nutriente que não oferece risco à saúde, pois, ao contrário do que muitos pensam, alguns nutrientes podem ser nocivos à saúde caso ingeridos em quantidades superiores aos valores de recomendação. O EAR fornece o valor de referência correspondente a mediana da distribuição das necessidades de um nutriente em um grupo de indivíduos saudáveis do mesmo sexo e estágio de vida, assim esse valor atende às necessidades de 50% da população. Já o AI é o valor de consumo recomendável, baseado em levantamentos ou aproximações de dados experimentais (PADOVANI *et al.*, 2006).

O valor de AI é empregado quando não se obtém o conjunto de informações suficientemente consistentes para o estabelecimento de EAR ou de IDR.

Segundo Padovani *et al.* (2006), valores habituais de consumo abaixo do EAR geram grande probabilidade de inadequação nutricional. Quando a ingestão é acima do UL, denota risco de desenvolvimento de efeitos adversos. Alguns desses valores que são utilizados neste trabalho estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Índices EAR e UL para homens e mulheres entre 31-50 anos

Categoria/ Nutriente	EARHomem Adulto	EAR Mulher Adulta	UL Homem Adulto	UL Mulher Adulta
Cálcio (g)	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	2500	2500
Fósforo (mg)	580	580	4000	4000
Ferro (mg)	8.1	6	45	45
Magnésio (mg)	350	265	350	350
Cobre (mcg)	700	7000	10000	10000
Manganês (mg)	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	11	11
Zinco (mg)	9.4	6.8	40	40
Riboflavina (mg)	1.1	0.9	ND	ND
Vitamina C (mg)	75	60	2000	2000
Tiamina (mg)	1	0.9	ND	ND
Niacina (mg)	12	11	35	35
Vitamina B6 (mg)	1.1	1.1	100	100
Vitamina A (mcg)	625	500	3000	3000
Sódio (g)	ND <sup>1</sup>	ND <sup>1</sup>	2300	2300

Fonte: Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (2002/2005)

ND<sup>1</sup>: não foi possível estabelecer este valor.

### 2.3 Breve Histórico da Cesta Básica Nacional

Segundo Vasconcelos (2005), a partir de 1930, com as diversas transformações políticas, sociais e econômicas ocorridas no Brasil, constatou-se a emergência do processo simultâneo de descoberta científica da fome, de criação da prática do profissional em nutrição e de instituições destinadas a políticas sociais de alimentação e nutrição.

Nesse contexto, foram realizados diversos estudos sobre as condições de vida de famílias operárias. Em um desses estudos, Josué de Castro observou que o consumo alimentar do brasileiro era à base de açúcar, café, charque, farinha, feijão e pão. Essa dieta fornecia apenas 1645 calorias diárias, era pobre em vitaminas e sais minerais (VASCONCELOS, 2005).

Os resultados desses estudos estimularam a regulamentação, pelo Decreto-Lei nº 399, do que seria a ração essencial mínima, chamada de cesta básica nacional, mostrada no Quadro 1. O decreto também estabeleceu o salário mínimo do brasileiro. A ideia da cesta básica era ser composta de quantidade balanceadas de calorias, proteínas, ferro, cálcio e fósforo a fim de garantir o sustento e bem-estar de um trabalhador em idade adulta (VASCONCELOS, 2005).

Quadro 1 - Provisões mínimas mensais estipuladas pelo Decreto Lei n399

Alimentos	Região 1	Região 2	Região 3	Nacional
Carne	6,0 kg	4,5 kg	6,6 kg	6,0 kg
Leite	7,5 l	6,0 l	7,5 l	15,0 l
Feijão	4,5 kg	4,5 kg	4,5 kg	4,5 kg
Arroz	3,0 kg	3,6 kg	3,0 kg	3,0 kg
Farinha	1,5 kg	3,0 kg	1,5 kg	1,5 kg
Batata	6,0 kg	-	6,0 kg	6,0 kg
Legumes (Tomate)	9,0 kg	12,0 kg	9,0 kg	9,0 kg
Pão francês	6,0 kg	6,0 kg	6,0 kg	6,0 kg
Café em pó	600 gr	300 gr	600 gr	600 gr
Frutas (Banana)	90 unid	90 unid	90 unid	90 unid
Açúcar	3,0 kg	3,0 kg	3,0 kg	3,0 kg
Banha/Óleo	750 gr	750 gr	900 gr	1,5 kg
Manteiga	750 gr	750 gr	750 gr	900 gr

Fonte: Dieese

As divisões dos estados nas regiões são:

- Região 1: Estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Goiás e Distrito Federal.
- Região 2: Estados de Pernambuco, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Amazonas, Pará, Piauí, Tocantins, Acre, Paraíba, Rondônia, Amapá, Roraima e Maranhão.
- Região 3: Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.
- Nacional: Cesta normal média para a massa trabalhadora em atividades diversas e para todo o território nacional.

Observou-se pelos Dados de Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 (POF) que esses itens da Cesta Básica Nacional ainda servem como base da alimentação brasileira até hoje. Entretanto os hábitos e costumes dos brasileiros passaram por diversas mudanças. Até a metade do século XX, a população brasileira exercia predominantemente atividades profissionais rurais, braçais, exigindo assim uma alimentação com valor energético relativamente alto. A partir de 1950, houve um intenso êxodo rural e reestruturação produtiva, substituindo o trabalho humano braçal por tecnologias automatizadas. Isso gerou uma redução considerável de atividades de alto gasto calórico (PASSOS et al., 2013).

Essa mudança na vida do brasileiro ocasionou uma alteração dos principais problemas de saúde pública. Antes a preocupação era com as doenças relacionadas à fome e à miséria, atualmente, em contraposição, observa-se um aumento sensível de problemas como obesidade e doenças crônicas relacionadas ao excesso do consumo alimentar (VASCONCELOS, 2005).

Diante disso, Chico Menezes, presidente do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA), afirma que a cesta básica definida em 1938 está inadequada para as condições atuais do brasileiro, pois está defasada e traz alimentos que não são mais consumidos pela população (REVISTA RADIS, 2003).

#### **2.4 Nova Pirâmide Alimentar Brasileira**

A Pirâmide Alimentar é um instrumento visual prático que fornece conceitos alimentares importantes, como variedade, proporção e moderação. Ela é destinada a pessoas saudáveis maiores de 2 anos de idade. Seu objetivo principal é informar e alertar quais são os alimentos conhecidos que comprovadamente melhoram a saúde e diminuem o risco de doenças crônicas não transmissíveis (PACHECO, 2011).

Para acompanhar as mudanças dos hábitos e costumes dos brasileiros, diferentemente da cesta básica, a pirâmide alimentar brasileira passou por uma atualização. A última versão da Pirâmide Alimentar foi realizada em 2013. Ela foi baseada na proposta do guia alimentar americano com adaptações para se encaixar nos hábitos alimentares dos brasileiros (PHILIPPI, 2013).

Figura 1 - Pirâmide Alimentar Brasileira





Fonte: Ministério da Saúde

A atual pirâmide alimentar, ilustrada na Figura 1, apresenta a indicação do equivalente de energia que deve ser consumido em cada grupo de alimentos baseado numa dieta de 2000 kcal, como indica a Quadro 2.

Quadro 2 - Valor energético e número de porções ao dia por grupo de alimentos de uma dieta de 2000Kcal

Grupos alimentares	porção (kcal)	nº de porções	total (kcal)
Arroz, pão, massa, batata, mandioca	150	6	900
Legumes e verduras	15	3	45
Frutas	70	3	210
Carnes e ovos	190	1	190
Leite, queijo e iogurte	120	3	360
Feijões	55	1	55
Óleos e gorduras	73	1	73
Açúcares e doces	110	1	110
Total	-	-	1943

Fonte: Philippi (2013)

De acordo com Philippi (2013), a proposta do redesenho da pirâmide foi realizada para inclusão e destaque de alimentos importantes na dieta do brasileiro. As modificações em cada grupo foram:

- Grupo do arroz, pão, massa, batata, mandioca: destacou-se os alimentos integrais e houve a inclusão da quinoa e do cereal tipo matinal.
- Grupo das frutas: houve a inclusão dos sucos e salada de frutas, além do destaque para as frutas regionais.
- Grupo das verduras e legumes: foram incluídas as folhas verdes escuras.

- Grupo do leite, queijo e iogurte: foi dado maior visibilidade para esses alimentos como fonte importante de riboflavina (B<sub>2</sub>) e cálcio.
- Grupo das carnes e ovos: destacou-se os peixes regionais, o salmão e sardinha, além do frango sem pele, ovos e os cortes mais magros e grelhados.
- Grupo dos feijões e oleaginosas: destacou-se o feijão e a soja como preparação culinária, a lentilha, o grão de bico, as oleaginosas.
- Grupo dos óleos e gorduras: destacou-se o uso do azeite
- Grupo de açúcares: acrescentou-se o chocolate e o açucareiro.

Além disso, houve a inclusão das mensagens de importância das 6 refeições diárias e das atividades físicas, ressaltando essencialidade do binômio alimentação saudável e atividade física diária (PHILIPPI, 2013).

## 2.5 Alimentos Funcionais e Nutraceuticos

Segundo Carvalho *et al.* (2013), desde os primórdios da história, os alimentos são utilizados com o intuito de reduzir o risco de doenças, como, por exemplo, a utilização das mais variadas espécies de vegetais, sob as diversas formas, para tratar as enfermidades. A intensificação desses pensamentos levou os alimentos funcionais e os nutraceuticos a representarem uma das tendências mais recentes para o mercado dos alimentos.

Os alimentos funcionais podem ser definidos como alimentos que ao serem consumidos, além da função de nutrir, produzem efeitos metabólicos e fisiológicos. Eles se caracterizam por oferecer vários benefícios à saúde, podendo desempenhar um papel potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônicas degenerativas. Esse termo foi introduzido no Japão nos anos 80, referindo-se aos alimentos processados, contendo ingredientes que auxiliam funções específicas do corpo além de serem nutritivos (GOZZOLINO, 2012).

A portaria nº 398 de 30/04/99, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde no Brasil fornece a definição legal de alimento funcional: *“todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica.”*

Os alimentos e ingredientes funcionais podem ser classificados quanto à fonte, podendo ser de origem animal ou vegetal, ou quanto aos benefícios que oferecem. Os benefícios podem atuar em seis áreas do organismo: no sistema gastrointestinal, no sistema cardiovascular, no

metabolismo de substratos, no crescimento, no desenvolvimento e diferenciação celular, no comportamento das funções fisiológicas e como antioxidantes (NOGUEIRA, 2007).

Já o termo “nutracêuticos” se refere a uma substância de ocorrência natural com evidente efeito benéfico à saúde. Tais substâncias podem abranger desde os nutrientes isolados, suplementos dietéticos na forma de cápsulas e dietas até os produtos benéficamente projetados e alimentos processados tais como cereais, sopas e bebidas (NOGUEIRA, 2007).

Moraes e Colla (2006) apontam duas diferenças básicas entre os nutracêuticos e os alimentos funcionais. Primeiro, os nutracêuticos incluem suplementos dietéticos e outros tipos de alimentos, enquanto os alimentos funcionais devem estar na forma de um alimento comum. Além disso, os alimentos funcionais buscam apenas a redução do risco de doenças, já os nutracêuticos estão envolvidos com a prevenção e o tratamento de doenças.

No entanto, do ponto de vista legal, os alimentos funcionais e nutracêuticos possuem conceituações semelhantes em muitas partes do mundo, persistindo assim a dificuldade de regulamentação dos termos. A fim de evitar controvérsias, foi definido que os alimentos funcionais se relacionam à venda e ao consumo dos mesmos como alimentos, ao passo que os nutracêuticos são ingredientes funcionais isolados e são consumidos sob diferentes formas, dadas pela indústria farmacêutica (MORAES, COLLA, 2006).

A Tabela 3 lista alguns exemplos de alimentos que apresentam propriedades nutracêuticas e seus benefícios ao corpo humano.

Tabela 3 - Propriedades nutracêuticas de alguns alimentos

Alimentos	Compostos bioativos	Ações no organismo
Acelga	Kaempferol	Anticoagulante, antialérgico, anti-inflamatório, diurético, combate viroses
Alho	Kaempferol, ácido ferrúlico, aliína, alicina, alixina, sulfeto e bissulfeto de alila	Analgésico, anticoagulante, antialérgico, anti-inflamatório, antioxidante, antibiótico, hipocolesterolêmico, combate viroses e fungos, previne diabetes, estimula o sistema imunológico, ajuda a prevenir o câncer, ajuda na redução da pressão arterial, ajuda na redução de LDL, etc
Arroz	Orizacistatina, gama-orizanol	Antioxidante, antiviral
Berinjela	Ácido ferrúlico, hidroxitriptamina	Antidepressivo, analgésico, hipocolesterolêmico, estimula o sistema imunológico, ajuda a prevenir o câncer
Brócolis	Allisotiocianato, ácido cinâmico, índole-3-acetonitrila, kaempferol, ácido-p-cumárico, ácido fítico, ácido sinápico, rutina, indol-3-carbinol	Anti-inflamatório, descongestionante, antibiótico, anticoagulante, analgésico, reduz pressão arterial, combate viroses, fungos e a dor muscular, etc
Cebola	Kaempferol, aliína, alicina, alixina, flavonoides, sulfeto e bissulfeto de alila	Antioxidante, anti-inflamatório, anestésico, antibiótico, ajuda na prevenção de doenças cardiovasculares, hipocolesterolêmico, hipotrigliceridêmico, etc
Cenoura	Xantotoxina, ácido cinâmico, kaempferol, ácido ferrúlico, beta-caroteno, quercetina, licopeno	Antialérgico, anti-inflamatório, anestésico, antioxidante, hipocolesterolêmico, vasodilatador, combate dor muscular e viroses, ajuda na prevenção da catarata, laxante, etc
Chás-verdes	Polifenóis	Ajuda na prevenção de alguns tipos de câncer e de doenças cardíacas

Ervilha	Ácido gentísico, lupeol, ácido fítico, ácido salicílico	Analgésico, anti-inflamatório, antibiótico, hipolesterolêmico, combate viroses, etc
Espinafre	Kaempferol, ácido ferrúlico, quercetina, glutatona, rutina	Antioxidante, anticoagulante, analgésico, ajuda na prevenção de câncer, auxilia no tratamento de inflamações na pele e de dores musculares, estimula o sistema imunológico
Gengibre	Gingerol	Antioxidante
Gergelim	Sesaminol	Antioxidante
Grão-de-bico	Ácido gentísico, daideína	Anti-inflamatório, antibiótico, combate dores musculares e fungos
logurte	Bifidobactérias	Auxilia na prevenção do câncer de intestino
Leite	Peptídeo de caseína, fosfopeptídeo da caseína, lactoferrina, gangliosídeo	Ativação macrofágica, função opioide, efeito hipotensivo, acelera a captação de cálcio, etc
Lagosta	Quitina, quitosana	Imunoestimulante, hipocolesterolêmico, ajuda na redução de LDL
Limão	Limonoides (ômega limoneno, pinemo e eucalipto)	Ajuda na prevenção de alguns tipos de câncer, hipocolesterolêmico
Linhaça	Lignana, betacaroteno, glicosídeos, linamarina, taninos, mucilagens, ácido linolênico (ômega-3)	Melhora o sistema imune, ajuda na redução de LDL, regularização intestinal, revitalização da pele, etc
Maçã	D-catequina, hiperosídeo, isoquercitrina, avicularina, ácido benzoico, flavonoides, rutina	Antibiótico, anti-inflamatório, anestésico, diurético, fortalece artérias e veias, etc
Milho	Peptídeo de zeína	Auxilia na redução da pressão arterial
Morango	D-catequina, ácido elágico	Anti-inflamatório, antioxidante, estimula o funcionamento cardíaco, ajuda na prevenção de alguns tipos de câncer
Óleos de sementes	Ácido gamalinoleico	Hipocolesterolêmico
Pimenta-vermelha	Capsaicina	Efeito antiobesidade
Pêssego	Quercetina, criptoxantina, licopeno	Antioxidante, anticoagulante, estimula a ação da insulina, auxilia no tratamento da asma
Repolho	Ácido p-cumárico, rutina, ácido sinápico, indol-3-carbinol	Antibiótico, auxilia na prevenção de câncer, combate a dor muscular
Salmão	Ácido linolênico (ômega-3)	Anti-inflamatório, ajuda a dissolver placas de gorduras nas artérias, auxilia no tratamento de câncer, principalmente mama e etc.
Salsão	Xantotoxina, isoquercitrina	Antialérgico, diurético
Soja	Kaempferol, daidzeína, quercitina, ácido gentísico (genisteína), isoquercitrina, lupeol	Ajuda a diminuir a retenção de líquido no corpo, combate cálculo renal e fungos, ajuda na prevenção do câncer, antioxidante e etc.
Tomate	Licopeno	Antioxidante, auxilia no tratamento e prevenção do câncer de mama e próstata principalmente e etc.
Uva	D-catequina, composto fenólicos	Anticoagulante, hipocolesterolêmico, protetor cardiovascular
Vinho tinto	Compostos fenólicos	Antioxidante, hipocolesterolêmico

Fonte: Adaptação Pacheco (2011)

### 3. TOMADA DE DECISÃO COM OBJETIVOS MÚLTIPLOS

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o processo de tomada de decisão, pesquisa operacional e programação por metas, método escolhido para o desenvolvimento do estudo de caso.

#### 3.1 O Processo de Tomada de Decisão

Segundo Gomes (2006), decisão é um processo que leva, direta ou indiretamente, à escolha de ao menos uma dentre diferentes alternativas, sendo todas candidatas a resolver determinado problema. A maioria das situações reais que exigem uma tomada de decisão são caracterizadas pela existência de vários objetivos, ou “desejos”, a serem atingidos. Esses objetivos são muitas vezes conflitantes e até mesmo incomensuráveis (MORAIS NETO, 1988).

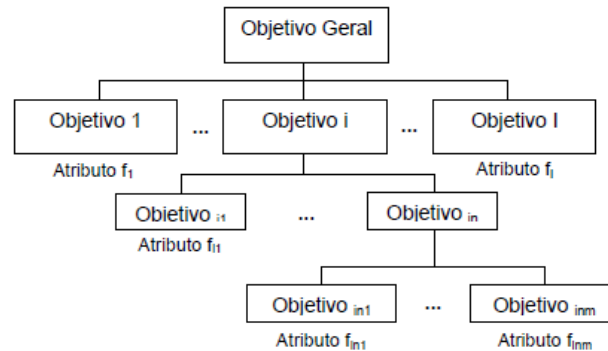
De acordo com Marins (2011), apesar de cada tomada de decisão ter seu próprio procedimento de análise e solução de problemas, o processo de tomada de decisão pode ser resumido em quatro passos:

- Identificar o problema: o decisor realiza um diagnóstico do sistema. É importante analisar quais são os demais sistemas que interagem com o sistema onde o problema a ser tratado está inserido.
- Formular objetivos: o decisor deve identificar e formular quais são os objetivos que deverão ser atingidos.
- Analisar limitações: nesta etapa, deve ser verificado as restrições que limitarão as soluções a serem propostas.
- Avaliar alternativas: o decisor deve escolher a melhor solução que poderá ser aplicada ao sistema. Nesse processo de avaliação, pode ser utilizado uma abordagem qualitativa ou quantitativa.

De acordo com Moraes Neto (1988), para compreender qualquer tomada de decisão é necessário entender os conceitos de objetivo e atributo. Objetivo é uma expressão que reflete a vontade do decisor acerca de um determinado estado do sistema em questão, onde pode ser completamente alcançado ou não. Geralmente o objetivo geral é expresso de forma vaga, incomensurável, tendo, assim, que ser decomposto em vários outros objetivos até encontrar maneiras de medir cada um deles, apresentando uma estrutura hierárquica semelhante a mostrada na Figura 2.

Atributo, por sua vez, é a medida adotada, no qual seu valor reflete o grau de atingimento de um objetivo a ele associado.

Figura 2 - Hierarquia dos Objetivos



Fonte: Morais Neto, 1988

Para Uliana (2010), cada vez mais os tomadores de decisão são forçados a considerar uma grande variedade de critérios para a avaliação das diferentes alternativas que lhe são oferecidas. Assim a tomada de decisão com objetivos múltiplos tem como principal meta auxiliar o decisor a articular suas preferências em presença de ambiguidades, conflitos e incertezas, tornando sua decisão mais coerente com seus interesses (MARANHÃO, 2006).

### 3.2 Pesquisa Operacional

De acordo com Taha (2008), Pesquisa Operacional (PO) é uma ferramenta de tomada de decisões. Ela é uma ciência e uma arte. É considerada ciência devido às técnicas matemáticas que incorpora, e uma arte pelo fato do sucesso das fases que resultam na solução do modelo matemático depender em grande parte da criatividade e da experiência da equipe.

Nessa mesma linha de pensamento, Winston (2004) define PO como uma abordagem científica da tomada de decisão que busca a melhor performance do sistema considerado, geralmente sob restrições de recursos.

Essa abordagem científica frequentemente envolve o uso de um ou mais modelos matemáticos. Esses modelos são a representação matemática da situação a ser analisada com o objetivo de apoiar nas tomadas decisões ou de simplesmente auxiliar na compreensão do cenário a ser estudado (WINSTON, 2004).

Em PO, não existe uma única técnica para resolver todos os modelos matemáticos que podem surgir na prática, pois o tipo e a complexidade do modelo é que determinam a natureza

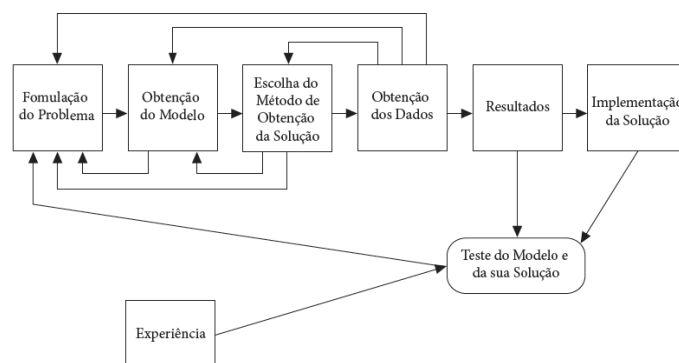
do método de solução. Algumas das técnicas utilizadas são a programação linear (PL), a programação inteira, programação dinâmica, otimização de rede e programação não linear. (TAHA, 2008)

Essas ferramentas são determinadas através de algoritmos, que fornecem regras de cálculo fixas que são aplicadas repetidas vezes ao problema, sendo que, a cada nova iteração, a solução fica mais próxima de se tornar a ótima (TAHA, 2008).

Segundo Marins (2011), a resolução de um problema de PO pode ser dividido em cinco etapas:

- **Formulação do problema (identificação do sistema):** essa etapa deve responder às seguintes perguntas básicas: Quem tomará as decisões? Quais são os seus objetivos, as variáveis de decisão e as restrições? Quais são os aspectos que estão envolvidos no processo que fogem ao controle de quem decide?
- **Construção do modelo matemático:** o modelo matemático de um problema real é uma representação através de expressões matemáticas que descrevem a essência do problema. Nessa etapa, normalmente é levado em consideração a técnica que poderá vir a ser utilizada.
- **Obtenção da solução:** uma vez construído o modelo matemático, procura-se a solução através da aplicação de uma ou mais técnicas utilizadas em PO.
- **Teste do modelo e da solução obtida:** devido à complexidade dos problemas e à dificuldade de compreensão de todos os aspectos, é necessário que o modelo seja testado. Em cada situação específica pode ser definida uma sistemática para testar o modelo e sua solução.
- **Implementação:** é nessa fase que os resultados do estudo serão obtidos. Essa etapa envolve um aspecto essencialmente técnico e um aspecto pessoal, onde a equipe que irá utilizar os resultados deve estar bem preparada.

Figura 3 - Esquematisação das Fases de um Estudo aplicando a PO



Fonte: Marins, 2011

Hebert Simon, cientista e ganhador do Prêmio Nobel em economia, instituiu o termo *satisficing*, uma combinação das palavras em inglês *satisfactory* e *optimizing* (satisfatório e otimização). Ele indica que, na prática, *satisficing* é mais prevalente que otimização. A distinção entre otimização e *satisficing* reflete a diferença entre a teoria e a realidade frequentemente enfrentada ao se tentar implementar tal teoria na prática (HILLIER & LIEBERMAN, 2013).

De acordo com Marins (2011), deve-se também observar o porte do modelo a ser desenvolvido, pois ele deve ser adequado às suas finalidades. Em muitos casos são utilizados modelos extremamente complexos, onde o custo da implementação e operação desses modelos pode superar os benefícios proporcionados.

Hoje constata-se que ainda há várias restrições relacionadas ao conhecimento e domínio das técnicas da PO nas empresas, mesmo essas ferramentas já estando bem divulgadas no meio acadêmico. A falta de tradição no uso de técnicas sofisticadas no mundo empresarial brasileiro, aliada a dificuldades de comunicação com as universidades, explicam o fato do uso da PO por empresas estar bem aquém do que seria desejável (MARINS, 2011).

### **3.3 Programação por Metas**

Por volta dos anos 60, começaram a aparecer os primeiros trabalhos relacionados a um problema muito prático: a existência de vários critérios de decisão, geralmente conflitantes entre si. Na realidade, essa é uma situação encontrada em praticamente todas as tomadas de decisão. No entanto, por questão de vontade e, às vezes, necessidade de simplificar os estudos, os pesquisadores e profissionais analisavam os problemas considerando apenas um único critério de decisão (TSOUKIAS, 2006).

Diante dessa nova necessidade, em 1961, Charnes e Cooper propuseram o método Programação por Metas (GUERREIRO *et al*, 1990). Essa técnica pode ser utilizada em situações onde a programação linear se apresenta inviável, por não encontrar nenhuma solução que satisfaça todos os objetivos (WINSTON, 2004).

A Programação por Metas é vista como uma extensão da programação linear que permite estabelecer objetivos múltiplos, expressos como metas a serem atingidas. O propósito da Programação por Metas é minimizar os desvios relacionados às suas metas, seguindo as prioridades previamente estabelecidas (LEE, KANG e CHANG, 2008).



Morais Neto (1988) lista alguns conceitos fundamentais para compreensão do modelo de Programação por Metas:

- Objetivo: expressão que reflete o desejo do decisor, como maximização de lucro, minimização de custos, etc.;
- Nível de aspiração: valor associado ao nível de atingimento de um objetivo que se deseja alcançar;
- Meta: equação formada pela associação entre objetivo e nível de aspiração;
- Desvio da meta: é a diferença que poderá ocorrer entre o nível de atingimento alcançado para uma meta e o nível de atingimento inicialmente desejado.

Ainda de acordo com Moraes Neto (1988), uma das diferenças básicas entre programação linear (PL) e programação por metas é o fato da programação linear trabalhar com objetivos e restrições, enquanto a programação por metas lida com metas. Para transformar esses objetivos em metas, há três formas básicas que são diferenciadas pelas relações entre o objetivo e o seu nível de aspiração:

- $f_i(x) \leq b_i$ : quando se tem uma meta na qual deseja-se que  $f_i(x)$  seja igual ou menor que  $b_i$ ;
  - $f_i(x) \geq b_i$ : quando se tem uma meta na qual deseja-se que  $f_i(x)$  seja igual ou maior que  $b_i$ ;
  - $f_i(x) = b_i$ : quando se tem uma meta na qual deseja-se que  $f_i(x)$  seja exatamente igual a  $b_i$ ;
- onde:

$f_i(x)$ : representação matemática do objetivo  $i$  como uma função linear de variáveis de decisão  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ;

$b_i$ : valor do nível de aspiração associado ao objetivo  $i$ .

Na formulação típica de programação linear com objetivos múltiplos, as três formas básicas de metas apresentadas são transformadas, adicionando a variável de desvio negativo ( $\eta$ ) e subtraindo a variável de desvio positivo ( $\rho$ ). Essas variáveis de desvio são, por definição, positivas ( $\eta_i \geq 0, \rho_i \geq 0$ ). A exigência de que  $\eta_i \times \rho_i = 0$  assegura que a existência de um desvio implica a anulação do outro, ou seja, se  $\eta_i = 0$ , então  $\rho_i \geq 0$ , e vice-versa. O Quadro 3 mostra tais transformações (MORAIS NETO, 1988).

Quadro 3 - Transformações de objetivos em metas

Metas básicas	Formulação em Programação Linear por Objetivos Múltiplos	Minimizar
$f_i(x) \leq b_i$	$f_i(x) + \eta_i - \rho_i = b_i$	$\rho_i$
$f_i(x) \geq b_i$	$f_i(x) + \eta_i - \rho_i = b_i$	$\eta_i$
$f_i(x) = b_i$	$f_i(x) + \eta_i - \rho_i = b_i$	$\eta_i + \rho_i$

Vale ressaltar que as transformações acima são válidas também para as restrições quando houver.

Para Guerreiro *et al.* (1990), a formalização dos problemas de programação por metas é dividida em três tarefas, sendo elas:

- Definição das variáveis de decisão e especificação das metas: nessa primeira tarefa, o decisor deve definir as variáveis sobre as quais o decisor tem controle e também deve especificar as metas que se pretende atingir.
- Formalização das restrições: nessa etapa deve-se expressar as relações existentes entre as variáveis de decisão e entre as metas a atingir.
- Formalização da função objetivo: trata-se de traduzir o posicionamento da função objetivo frente às diferentes metas impostas pelo decisor.

### 3.3.1 Algoritmo da Programação por Metas

Taha (2008) descreve dois algoritmos para resolver os problemas de Programação por Metas, o método de pesos e o método hierárquico. No método de pesos, para cada desvio associado às metas, é estabelecido um peso em função da importância relativa dada pelo decisor à meta. A função objetivo para esse método é definida como:

$$\text{Minimizar } Z = w_1G_1 + w_2G_2 + \dots + w_nG_n \quad (1)$$

Em que  $G_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  são as metas e  $w_i$  são pesos positivos que refletem as preferências de quem toma as decisões em relação à importância relativa de cada meta. Assim, todas as metas ponderadas são consideradas simultaneamente. A limitação desse método vem do fato de a determinação dos valores específicos desses pesos ser subjetiva.

Já no método hierárquico, o tomador de decisões deve classificar as metas do problema em ordem de importância, onde a solução obtida de uma meta de prioridade mais baixa nunca degrada qualquer solução de prioridade mais alta. Dessa forma, os desvios das metas com maior prioridade são minimizados ao máximo, para posteriormente serem considerados os desvios seguintes.

Guerreiro *et al.* (1990) propõem a seguinte formulação de Programação por Metas por hierarquia:

Encontrar  $x = (x_1, x_2, \dots, x_j)$  tal que minimize a função:

$$Z = \{ h_1(\eta, \rho), h_2(\eta, \rho), \dots, h_k(\eta, \rho) \} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + \eta_i - \rho_i = b_i \quad (3)$$

$$x_j, \eta_i, \rho_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

onde:

$$\eta = [\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m];$$

$$\rho = [\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m];$$

$\eta_i, \rho_i$ : variáveis de desvio, negativo e positivo da meta  $i$ ;

$b_i$ : nível de aspiração da meta  $i$

$a_{ij}$ : coeficiente da variável de decisão  $x_j$  na meta  $i$ ;

$x_j$ : variáveis de decisão  $j$ ;

As  $p$  metas estabelecidas ( $k \leq m$ ) se agrupam em  $k$  graus de prioridade ( $k \leq p$ ):  $G_1$  corresponde a  $h_1$ ,  $G_2$  corresponde a  $h_2$ , ...,  $G_k$  corresponde a  $h_k$ , de tal forma que cada meta se encontre incluída em um só grau de prioridade.

Anderson e Earle (1983) propuseram a utilização de Programação por Metas para otimizar o balanceamento de dietas ao invés de programação linear, pois, por mais que a modelagem através da programação linear forneça um planejamento de dietas a um custo reduzido, ela muitas vezes não permite obter soluções viáveis que satisfaçam as restrições nutricionais, sendo difícil assegurar um bom equilíbrio entre todos os nutrientes.

A Programação por Metas, por sua vez, permite a otimização do balanço nutricional de uma dieta através da substituição da função objetivo de minimização de custos pelo objetivo de minimizar o desvio total das quantidades pré-estabelecidas dos nutrientes para uma dieta balanceada. Nessa abordagem, o custo também pode ser levado em consideração, podendo ser feita uma análise entre a relação custo e balanço nutricional (ANDERSON & EARLE, 1983).

## **4. MODELO PROPOSTO**

Neste capítulo é apresentada a definição das variáveis e dos parâmetros considerados na formulação do problema, além da modelagem por Programação por Metas. São detalhadas as etapas de transformação dos objetivos em metas, priorização das metas, formação da função execução, formulação geral do problema e, por fim, um exemplo de aplicação do modelo.

### **4.1 O Ambiente de decisão**

Antes da formulação do problema é necessário fazer algumas considerações sobre o ambiente de decisão de forma a familiarizar-se com alguns aspectos, tais como a determinação das composições nutricionais dos alimentos, critérios nutricionais avaliados e preços dos alimentos.

#### ***4.1.1 Composições dos alimentos***

Para determinar a composição nutricional dos alimentos selecionados para a análise, foi utilizada a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). O projeto TACO (2011) teve como objetivo gerar dados sobre a composição dos principais itens alimentícios consumidos no Brasil, analisando 198 alimentos.

Com a tabela TACO, foram adquiridas as composições nutricionais de 100g, no caso dos alimentos, e 100mL, no caso das bebidas, dos produtos analisados no estudo de caso, com exceção do gengibre, lagosta, óleos de sementes de uva, pimenta-vermelha, salsão e vinho tinto. Os dados nutricionais desses seis produtos foram retirados da Tabela de Composição Química dos Alimentos\*, que utiliza a base de dados norte-americana Padrão de Referência Nacional da Base de Dados de Nutrientes do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

#### ***4.1.2 Critérios nutricionais avaliados***

Para realizar a análise nutricional dos alimentos, foram avaliados os nutrientes apresentados na Tabela 4.

---

\* Disponível em <http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/>

Tabela 4 - Nutrientes avaliados no estudo de caso

Nutrientes:	
Proteína (g)	Sódio (mg)
Lipídios (g)	Potássio (mg)
Colesterol (mg)	Cobre (mg)
Carboidrato (g)	Zinco (mg)
Fibra Alimentar (g)	Vitamina A (mcg)
Cálcio (mg)	Tiamina (mg)
Magnésio (mg)	Riboflavina (mg)
Manganês (mg)	Vitamina B6 (mg)
Fósforo (mg)	Niacina (mg)
Ferro (mg)	Vitamina C (mg)

Fonte: Autor

Os parâmetros avaliados de cada um desses nutrientes foram seus valores ideais de consumo diário e suas quantidades máximas e mínimas recomendadas de ingestão diária.

Para a determinação das quantidades ideais de ingestão diária, foram considerados prioritariamente os valores ilustrados na Tabela 1 - Ingestão Diária Recomendada para Adultos. Para os nutrientes em que não há indicação na Tabela 1, foram admitidos os valores propostos no relatório DRI, na categoria IDR ou AI, comentado no item 2.2. O valor de referência do colesterol, ausente nessas duas fontes, foi retirado da Tabela de Equivalentes, Medidas Caseiras e Composição Química dos Alimentos de Pacheco (2011).

Já em relação as quantidades máximas e mínimas de ingestão, foram considerados os valores indicados na categoria UL e EAR do relatório DRI, apresentados na Tabela 2. Os valores de UL e EAR do magnésio e da vitamina A foram desconsiderados no estudo, pois eles usam parâmetros de medidas diferentes dos adotados pela ANVISA.

Mesmo a categoria EAR representando o valor correspondente à mediana da distribuição das necessidades de um nutriente em um grupo de indivíduos saudáveis, ela foi considerada, nesse modelo, como a quantidade mínima admissível de ingestão do nutriente, pois, segundo Padovani *et al* (2006), o consumo inferior ao indicado pela EAR pode gerar risco à saúde.

Por fim, para os valores retirados do relatório DRI, foram consideradas as médias aritméticas entre os valores indicados para homens e mulheres na faixa etária de 31 – 50 anos, pois a ANVISA apresenta os índices de IDR para adultos, sem diferenciar o sexo.

No caso da energia, foi admitido como critério avaliador as quantidades de calorias por grupo da pirâmide alimentar indicado no Quadro 2.

### **4.1.3 Preços dos alimentos**

Para os preços dos alimentos de primeira necessidade, foi considerado o preço médio apresentado na pesquisa realizada nos supermercados de Fortaleza pelo Procon no dia 26 de setembro de 2016\*.

Já para os alimentos funcionais, foi feita uma pesquisa de preço nos dias 8, 9 e 10 de novembro de 2016 em três supermercados na cidade de Fortaleza: Pão de Açúcar da Dionísio Torres, São Luiz do Papicu e Hiper Bompreço do Parreão. Essa pesquisa é apresentada no Apêndice A.

Pelo fato do óleo de semente de uva não ter sido encontrado em nenhum dos três supermercados, o seu preço foi obtido no site Natue\*\*, uma loja online de produtos naturais, no dia 10 de novembro de 2016.

Na formulação do problema, foram considerados os preços de 100g dos alimentos e 100mL das bebidas.

## **4.2 Formulação do Problema**

Seguindo o processo de decomposição dos objetivos representado na Figura 2, podem ser identificados os seguintes objetivos para o problema proposto:

- Como objetivo geral, tem-se a proposição de combinações alimentares que sejam nutricionalmente adequadas.
- Para uma decomposição do objetivo geral, podem-se identificar alguns objetivos mais específicos a serem atingidos, tais como:
  - atender as necessidades energéticas indicadas na pirâmide alimentar;
  - atender os valores de ingestão diária recomendada de nutrientes;
  - assegurar um preço acessível à população brasileira.

Com essa decomposição é possível designar atributos e unidades de medida para os objetivos, conforme apresentado no Quadro 4.

---

\* Disponível em <https://drive.google.com/file/d/0B8MDgrjGFkYNS3p5UE1hVWRTSU0/view>

\*\* Disponível em <https://www.natue.com.br/>

Quadro 4 - Atributos e unidades encontradas na decomposição do objetivo geral

OBJETIVOS	ATRIBUTOS	UNIDADE
Atender as necessidades energéticas indicadas na pirâmide alimentar	Calorias de cada grupo alimentar	Kcal
Atender os valores de ingestão diária recomendada de nutrientes	Composição nutricional	mcg/mg/g
Assegurar um preço acessível a população brasileira	Preços dos Alimentos	R\$

Fonte: Autor

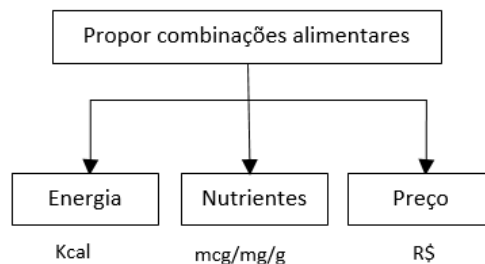
O objetivo de “atender as necessidades energéticas indicadas na pirâmide alimentar” foi proposto a fim de garantir a variedade alimentar conforme indicação de Philipi (2013) na apresentação da nova pirâmide alimentar (item 2.4).

Já o objetivo de “atender os valores de ingestão diária recomendada de nutrientes” tem relação com o valor ideal de ingestão dos nutrientes. Esse objetivo é justificado pela importância de cada nutriente para o bom funcionamento do corpo humano, como apresentado no item 2.1.

Para o objetivo de “assegurar um preço acessível à população brasileira” foi tomado como referência o preço da cesta básica na cidade de Fortaleza no mês de setembro, de acordo com DIEESE (2016).

Assim, a estrutura hierárquica dos objetivos pode ser representada na Figura 4, onde mostra o objetivo geral, os sub-objetivos e suas respectivas unidades de medidas.

Figura 4 - Hierarquia dos objetivos e unidades de medidas



Fonte: Autor

Os limites máximos e mínimos de ingestão diária de alguns nutrientes entram no modelo como restrições. Ou seja, os nutrientes que apresentam valores de UL e/ou EAR, de acordo com o relatório DRI, devem obrigatoriamente permanecer dentro desses limites.

Essas restrições são impostas, pois, segundo Padovani *et al* (2006), o consumo prolongado de valores acima do UL ou abaixo do EAR podem acarretar riscos a saúde.

#### 4.3 Modelagem do Problema

### 4.3.1 Transformação dos Objetivos em Metas

Aplicando os conceitos introduzidos no item 3.3, são estabelecidas metas básicas para cada objetivo através das expressões matemáticas que os representam e dos níveis de aspirações de cada um. Posteriormente, essas metas básicas são formuladas em termos de Programação por Metas, com a introdução das variáveis de desvio positivo ( $\rho$ ) e negativo ( $\eta$ ) das metas.

#### a) Meta energética

O objetivo “atender as necessidades energéticas indicadas na pirâmide alimentar” pode ser transformado nas seguintes metas:

$$\sum_{n=1}^j A_{G1n}x_n = P_{G1} \quad (5)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G2n}x_n = P_{G2} \quad (6)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G3n}x_n = P_{G3} \quad (7)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G4n}x_n = P_{G4} \quad (8)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G5n}x_n = P_{G5} \quad (9)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G6n}x_n = P_{G6} \quad (10)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G7n}x_n \leq P_{G7} \quad (11)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G8n}x_n \leq P_{G8} \quad (12)$$

$$\sum_{n=1}^j E_n x_n = E_P \quad (13)$$



onde:

$x_n$ : quantidade dos alimentos ( $n = 1, 2, 3, \dots, j$ );

$A_{G1n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar do arroz, pão, massa, batata, mandioca;

$A_{G2n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar de legumes e verduras;

$A_{G3n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar das frutas;

$A_{G4n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar das carnes e ovos;

$A_{G5n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar do leite, queijo e iogurte;

$A_{G6n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar dos feijões;

$A_{G7n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar dos óleos e gorduras;

$A_{G8n}$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ ) do grupo alimentar dos açúcares e doces;

$E_n$ : quantidade de calorias do alimento ( $x_n$ );

$P_{Gi}$ : valores indicados de calorias para cada grupo de alimentos conforme Quadro 2, com  $i = 1, 2, \dots, 8$ ;

$E_p$  = valor total indicado de calorias de acordo com o Quadro 2.

Utilizando as transformações contidas no Quadro 3, tem-se as seguintes metas em Programação por Metas:

$$\sum_{n=1}^j A_{G1n}x_n + \eta_1 - \rho_1 = P_{G1} \quad (14)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G2n}x_n + \eta_2 - \rho_2 = P_{G2} \quad (15)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G3n}x_n + \eta_3 - \rho_3 = P_{G3} \quad (16)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G4n}x_n + \eta_4 - \rho_4 = P_{G4} \quad (17)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G5n}x_n + \eta_5 - \rho_5 = P_{G5} \quad (18)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G6n}x_n + \eta_6 - \rho_6 = P_{G6} \quad (19)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G7n}x_n + \eta_7 - \rho_7 \leq P_{G7} \quad (20)$$

$$\sum_{n=1}^j A_{G8n}x_n + \eta_8 - \rho_8 \leq P_{G8} \quad (21)$$

$$\sum_{n=1}^j E_n x_n + \eta_9 - \rho_9 = E_P \quad (22)$$

Deverão ser minimizadas tanto as variáveis dos desvios positivos quanto dos desvios negativos (  $\rho + \eta$  ) de todos os grupos alimentares, com exceção do grupo dos óleos/gorduras e açúcares/doces, nos quais deverão ter minimizados apenas os desvios positivos (  $\rho_7, \rho_8$  ), pois, de acordo com Pacheco (2011), os alimentos destes grupos produzem calorias vazias de nutrientes, não ocasionando problemas de saúde caso o consumo energético seja inferior ao recomendado.

#### b) Meta nutrientes

O objetivo “atender os valores de ingestão diária recomendada de nutrientes” pode ser representado conforme as seguintes equações:

$$\sum_{n=1}^j P_n x_n = P_{IDR} \quad (23)$$

$$\sum_{n=1}^j L_n x_n = L_{IDR} \quad (24)$$

$$\sum_{n=1}^j Col_n x_n \leq Col_{IDR} \quad (25)$$

$$\sum_{n=1}^j Carb_n x_n = Carb_{IDR} \quad (26)$$

$$\sum_{n=1}^j Cal_n x_n = Cal_{IDR} \quad (27)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mgn}_{nX_n} = \text{Mgn}_{\text{IDR}} \quad (28)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mng}_{nX_n} = \text{Mng}_{\text{IDR}} \quad (29)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{FO}_{nX_n} = \text{FO}_{\text{IDR}} \quad (30)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fe}_{nX_n} = \text{Fe}_{\text{IDR}} \quad (31)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{S}_{nX_n} = \text{S}_{\text{IDR}} \quad (32)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{CO}_{nX_n} = \text{CO}_{\text{IDR}} \quad (33)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Z}_{nX_n} = \text{Z}_{\text{IDR}} \quad (34)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitA}_{nX_n} = \text{VitA}_{\text{IDR}} \quad (35)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{T}_{nX_n} = \text{T}_{\text{IDR}} \quad (36)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{R}_{nX_n} = \text{R}_{\text{IDR}} \quad (37)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitB6}_{nX_n} = \text{VitB6}_{\text{IDR}} \quad (38)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{N}_{nX_n} = \text{N}_{\text{IDR}} \quad (39)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitC}_{nX_n} = \text{VitC}_{\text{IDR}} \quad (40)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Pt}_{nX_n} = \text{Pt}_{\text{IDR}} \quad (41)$$

onde:

$x_n$ : quantidade dos alimentos ( $n = 1, 2, 3, \dots, j$ );

$P_n$ : quantidade de proteínas do alimento ( $x_n$ );

$L_n$ : quantidade de lipídeos do alimento ( $x_n$ );

$Col_n$ : quantidade de colesterol do alimento ( $x_n$ );

$Carb_n$ : quantidade de carboidratos do alimento ( $x_n$ );

$Cal_n$ : quantidade de cálcio do alimento ( $x_n$ );

$Mgn_n$ : quantidade de magnésio do alimento ( $x_n$ );

$Fo_n$ : quantidade de fósforo do alimento ( $x_n$ );

$Fe_n$ : quantidade de ferro do alimento ( $x_n$ );

$S_n$ : quantidade de sódio do alimento ( $x_n$ );

$Mng_n$ : quantidade de manganês do alimento ( $x_n$ );

$Co_n$ : quantidade de cobre do alimento ( $x_n$ );

$Zn$ : quantidade de zinco do alimento ( $x_n$ );

$VitA_n$ : quantidade de vitamina A do alimento ( $x_n$ );

$T_n$ : quantidade de tiamina do alimento ( $x_n$ );

$R_n$ : quantidade de riboflavina do alimento ( $x_n$ );

$VitB6_n$ : quantidade de vitamina B6 do alimento ( $x_n$ );

$N_n$ : quantidade de niacina do alimento ( $x_n$ );

$VitC_n$ : quantidade de vitamina C do alimento ( $x_n$ );

$Pt_n$ : quantidade de potássio do alimento ( $x_n$ ).

Os níveis de aspiração desses nutrientes são os seus respectivos valores de IDR ou AI, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Níveis de aspiração dos nutrientes

Nutrientes	IDR ou AI
Proteína (g) <sup>1</sup>	50
Lipídeos* (g) <sup>2</sup>	59.4
Colesterol (mg) <sup>3</sup>	200
Carboidrato (g) <sup>2</sup>	130
Fibra Alimentar (g) <sup>2</sup>	31.5
Cálcio (mg) <sup>1</sup>	1000
Magnésio (g) <sup>1</sup>	260
Manganês (mg) <sup>1</sup>	2.3
Fósforo (mg) <sup>1</sup>	700
Ferro (mg) <sup>1</sup>	14

Sódio (mg) <sup>2</sup>	1500
Cobre (mcg) <sup>1</sup>	900
Zinco (mg) <sup>1</sup>	7
Vitamina A (mcg) <sup>1</sup>	600
Tiamina (mg) <sup>1</sup>	1.2
Riboflavina (mg) <sup>1</sup>	1.3
Vitamina B6 (mg) <sup>1</sup>	1.3
Niacina (mg) <sup>1</sup>	16
Vitamina C (mg) <sup>1</sup>	45
Potássio (mg) <sup>2</sup>	4700

<sup>1</sup>Fonte: ANVISA. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais (2005).

<sup>2</sup>Fonte: Institute of Medicine. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. Washington (DC): National Academy Press; 2004.

<sup>3</sup>Fonte: PACHECO, M.; Tabela de equivalentes, medidas caseiras e composição química dos alimentos / Manuela Pacheco. – 2. Ed. – Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2011. p. 33.

\* O valor de referência do lipídio foi considerado de 27.5% das necessidades calóricas diárias, onde 1g de lipídio fornece 9Kcal.

Transformando esses objetivos em metas, tem-se:

$$\sum_{n=1}^j P_n x_n + \eta_{10} - \rho_{10} = P_{IDR} \quad (42)$$

$$\sum_{n=1}^j L_n x_n + \eta_{11} - \rho_{11} = L_{IDR} \quad (43)$$

$$\sum_{n=1}^j Col_n x_n + \eta_{12} - \rho_{12} \leq Col_{IDR} \quad (44)$$

$$\sum_{n=1}^j Carb_n x_n + \eta_{13} - \rho_{13} = Carb_{IDR} \quad (45)$$

$$\sum_{n=1}^j Cal_n x_n + \eta_{14} - \rho_{14} = Cal_{IDR} \quad (46)$$

$$\sum_{n=1}^j Mgn_n x_n + \eta_{15} - \rho_{15} = Mgn_{IDR} \quad (47)$$

$$\sum_{n=1}^j Mng_n x_n + \eta_{16} - \rho_{16} = Mng_{IDR} \quad (48)$$

$$\sum_{n=1}^j Fo_n x_n + \eta_{17} - \rho_{17} = Fo_{IDR} \quad (49)$$

$$\sum_{n=1}^j Fe_n x_n + \eta_{18} - \rho_{18} = Fe_{IDR} \quad (50)$$

$$\sum_{n=1}^j S_n x_n + \eta_{19} - \rho_{19} = S_{IDR} \quad (51)$$

$$\sum_{n=1}^j Co_n x_n + \eta_{20} - \rho_{20} = Co_{IDR} \quad (52)$$

$$\sum_{n=1}^j Z_n x_n + \eta_{21} - \rho_{21} = Z_{IDR} \quad (53)$$

$$\sum_{n=1}^j VitA_n x_n + \eta_{22} - \rho_{22} = VitA_{IDR} \quad (54)$$

$$\sum_{n=1}^j T_n x_n + \eta_{23} - \rho_{23} = T_{IDR} \quad (55)$$

$$\sum_{n=1}^j R_n x_n + \eta_{24} - \rho_{24} = R_{IDR} \quad (56)$$

$$\sum_{n=1}^j VitB6_n x_n + \eta_{25} - \rho_{25} = VitB6_{IDR} \quad (57)$$

$$\sum_{n=1}^j N_n x_n + \eta_{26} - \rho_{26} = N_{IDR} \quad (58)$$

$$\sum_{n=1}^j VitC_n x_n + \eta_{27} - \rho_{27} = VitC_{IDR} \quad (59)$$

$$\sum_{n=1}^j Pt_n x_n + \eta_{28} - \rho_{28} = Pt_{IDR} \quad (60)$$

Deverão ser minimizados os desvios positivos e negativos (  $\rho + \eta$  ) de todos os nutrientes, com exceção do colesterol, o qual deverá ter minimizado apenas o desvio positivo ( $\rho_{12}$ ), pois o seu IDR representa o valor máximo recomendado de ingestão.

c) Meta preço

O objetivo de “assegurar um preço acessível à população brasileira” pode ser expresso por:

$$\sum_{n=1}^j x_n \text{Preço}_n \leq \text{Preço}_{CB} \quad (61)$$

onde:

$x_n$ : quantidade dos alimentos ( $n = 1, 2, 3, \dots, j$ );

$\text{Preço}_n$ : preço do alimento ( $x_n$ );

$\text{Preço}_{CB}$ : preço diário da cesta básica.

Em termos de Programação por Meta:

$$\sum_{n=1}^j x_n \text{Preço}_n + \eta_{29} - \rho_{29} = \text{Preço}_{CB} \quad (62)$$

Nesse caso deverá ser minimizado o desvio positivo ( $\rho_{29}$ ), uma vez que não há problemas caso o preço total dos alimentos seja inferior ao preço da cesta básica.

O preço diário da cesta básica foi considerado de R\$13,86, pois o preço da cesta básica mensal em setembro foi de R\$415,94, obtido através da pesquisa realizado pelo DIEESE.

#### 4.3.2 Restrições do Problema

Como mencionado no item 4.2, os valores de ingestão mínimos e máximos de alguns nutrientes proposto no relatório DRI foram consideradas no modelo com restrições, as quais podem ser representadas pelas seguintes inequações:

$$\sum_{n=1}^j \text{Cal}_n x_n \leq \text{Cal}_{UL} \quad (63)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mgn}_n x_n \leq \text{Mgn}_{UL} \quad (64)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mgn}_n x_n \geq \text{Mgn}_{\text{EAR}} \quad (65)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fo}_n x_n \leq \text{Fo}_{\text{UL}} \quad (66)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fo}_n x_n \geq \text{Fo}_{\text{EAR}} \quad (67)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fe}_n x_n \leq \text{Fe}_{\text{UL}} \quad (68)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fe}_n x_n \geq \text{Fe}_{\text{EAR}} \quad (69)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{S}_n x_n \leq \text{S}_{\text{UL}} \quad (70)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mng}_n x_n \leq \text{Mng}_{\text{UL}} \quad (71)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Co}_n x_n \leq \text{Co}_{\text{UL}} \quad (72)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Co}_n x_n \geq \text{Co}_{\text{EAR}} \quad (73)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Z}_n x_n \leq \text{Z}_{\text{UL}} \quad (74)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Z}_n x_n \geq \text{Z}_{\text{EAR}} \quad (75)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitA}_n x_n \leq \text{VitA}_{\text{UL}} \quad (76)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitA}_n x_n \geq \text{VitA}_{\text{EAR}} \quad (77)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{T}_n x_n \geq \text{T}_{\text{EAR}} \quad (78)$$



$$\sum_{n=1}^j R_n x_n \geq R_{EAR} \quad (79)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitB6}_n x_n \leq \text{VitB6}_{UL} \quad (80)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitB6}_n x_n \geq \text{VitB6}_{EAR} \quad (81)$$

$$\sum_{n=1}^j N_n x_n \leq N_{UL} \quad (82)$$

$$\sum_{n=1}^j N_n x_n \geq N_{EAR} \quad (83)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitC}_n x_n \leq \text{VitC}_{UL} \quad (84)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitC}_n x_n \geq \text{VitC}_{EAR} \quad (85)$$

onde:

$x_n$ : quantidade dos alimentos ( $n = 1, 2, 3, \dots, j$ );

$\text{Cal}_n$ : quantidade de cálcio do alimento ( $x_n$ );

$\text{Mgn}_n$ : quantidade de magnésio do alimento ( $x_n$ );

$\text{Fo}_n$ : quantidade de fósforo do alimento ( $x_n$ );

$\text{Fe}_n$ : quantidade de ferro do alimento ( $x_n$ );

$\text{S}_n$ : quantidade de sódio do alimento ( $x_n$ );

$\text{Mng}_n$ : quantidade de manganês do alimento ( $x_n$ );

$\text{Co}_n$ : quantidade de cobre do alimento ( $x_n$ );

$\text{Z}_n$ : quantidade de zinco do alimento ( $x_n$ );

$\text{VitA}_n$ : quantidade de vitamina A do alimento ( $x_n$ );

$\text{T}_n$ : quantidade de tiamina do alimento ( $x_n$ );

$\text{R}_n$ : quantidade de riboflavina do alimento ( $x_n$ );

$\text{VitB6}_n$ : quantidade de vitamina B6 do alimento ( $x_n$ );

$\text{N}_n$ : quantidade de niacina do alimento ( $x_n$ );

$\text{VitC}_n$ : quantidade de vitamina C do alimento ( $x_n$ ).

Os valores utilizados como parâmetro para cada um desses nutrientes estão expostos na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores máximos e mínimos de ingestão diária

Categoria/ Nutriente	EAR Adulto	UL Adulto
Cálcio (g)	-	2500
Fósforo (mg)	580	4000
Ferro (mg)	7.05	45
Cobre (mg)	0.7	10
Manganês (mg)	-	11
Zinco (mg)	8.1	40
Riboflavina (mg)	1	-
Vitamina C (mg)	67.5	2000
Tiamina (mg)	0.95	-
Niacina (mg)	11.5	35
Vitamina B6 (mg)	1.1	100
Sódio (g)	-	2300

Fonte: Autor

#### 4.3.3 *Priorização das Metas*

##### a) Meta energia

Dada a necessidade de uma refeição variada, as metas de energia devem ser fixadas no primeiro nível de prioridade, fazendo com o que elas sejam priorizadas na solução do problema de balanceamento nutricional de uma dieta.

Assim, os desvios relacionados a essas metas, explicado no item 4.3.1, serão reduzidos ao máximo antes de ser considerada qualquer outra meta.

##### b) Meta nutrientes

As metas que se referem aos valores ideais de ingestão de cada nutriente poderão ser colocadas em segundo nível, uma vez que os valores mais críticos de consumo dos nutrientes entram como restrições.

Após as metas de primeiro nível serem atendidas, as metas de nutrientes se tornam decisivas para a escolha de uma composição da cesta básica. Nessas metas, são impostos os valores ideais de ingestão para cada nutriente.

Essas metas são essenciais para que seja garantida uma refeição que supra todas as necessidades do corpo humano de forma satisfatória.

c) Meta preço

Após as metas de primeiro e segundo nível serem atendidas, a minimização do preço total dos alimentos pode ser posto em terceiro nível. Nesse momento, em que uma refeição variada e nutricionalmente balanceada foi garantida, o modelo procura uma combinação de alimentos onde o menor preço seja alcançado.

Como comentado no item 3.3.1, essa abordagem de Programação por Metas na otimização do balanceamento de uma dieta também possibilita a realização de uma análise entre o custo e o balanço nutricional, através da alternância da priorização das metas.

#### 4.3.4 Formação da Função Execução

Considerando que as metas não possuem a mesma unidade de medida, a soma dos seus desvios poderia gerar um valor de difícil interpretação. Como solução para esse problema, pode-se considerar a soma dos desvios percentuais para cada meta. Sendo assim, levando em consideração as variáveis de desvios a serem minimizadas (item 4.3.1) e os níveis de prioridades estabelecidos (item 4.3.3), tem-se a seguinte função execução seguindo o método por hierarquização:

$$\text{Minimizar } z = \{ (d_{\text{energia}}), (d_{\text{nutrientes}}), (d_{\text{preço}}) \} \quad (86)$$

onde:

$$d_{\text{energia}} = \eta_1 + \rho_1 + \eta_2 + \rho_2 + \eta_3 + \rho_3 + \eta_4 + \rho_4 + \eta_5 + \rho_5 + \eta_6 + \rho_6 + \rho_7 + \rho_8 + \eta_9 + \rho_9;$$

$$d_{\text{nutrientes}} = \eta_{10} + \rho_{10} + \eta_{11} + \rho_{11} + \rho_{12} + \eta_{13} + \rho_{13} + \eta_{14} + \rho_{14} + \eta_{15} + \rho_{15} + \eta_{16} + \rho_{16} + \eta_{17} + \rho_{17} + \eta_{18} + \rho_{18} + \eta_{19} + \rho_{19} + \eta_{20} + \rho_{20} + \eta_{21} + \rho_{21} + \eta_{22} + \rho_{22} + \eta_{23} + \rho_{23} + \eta_{24} + \rho_{24} + \eta_{25} + \rho_{25} + \eta_{26} + \rho_{26} + \eta_{27} + \rho_{27} + \eta_{28} + \rho_{28};$$

$$d_{\text{preço}} = \rho_{29}.$$

#### 4.3.5 Formulação Geral

O problema de análise da cesta básica tem a seguinte formulação geral:

Encontrar:  $x_n$  ( $n = 1, 2, \dots, j$ ), tal que minimize a função execução:

$$z = \{ (d_{\text{energia}}), (d_{\text{nutrientes}}), (d_{\text{preço}}) \} \quad (86)$$

e tal que:

$$\sum_{n=1}^j AG_{1n}x_n + \eta_1 - \rho_1 = PG_1 \quad (14)$$

$$\sum_{n=1}^j AG_{2n}x_n + \eta_2 - \rho_2 = PG_2 \quad (15)$$

$$\sum_{n=1}^j AG_{3n}x_n + \eta_3 - \rho_3 = PG_3 \quad (16)$$

$$\sum_{n=1}^j AG_{4n}x_n + \eta_4 - \rho_4 = PG_4 \quad (17)$$

$$\sum_{n=1}^j AG_{5n}x_n + \eta_5 - \rho_5 = PG_5 \quad (18)$$

$$\sum_{n=1}^j AG_{6n}x_n + \eta_6 - \rho_6 = PG_6 \quad (19)$$

$$\sum_{n=1}^j AG_{7n}x_n + \eta_7 - \rho_7 \leq PG_7 \quad (20)$$

$$\sum_{n=1}^j AG_{8n}x_n + \eta_8 - \rho_8 \leq PG_8 \quad (21)$$

$$\sum_{n=1}^j E_n x_n + \eta_9 - \rho_9 = EP \quad (22)$$

$$\sum_{n=1}^j P_n x_n + \eta_{10} - \rho_{10} = PIDR \quad (42)$$

$$\sum_{n=1}^j L_n x_n + \eta_{11} - \rho_{11} = LIDR \quad (43)$$

$$\sum_{n=1}^j Col_n x_n + \eta_{12} - \rho_{12} \leq ColIDR \quad (44)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Carb}_n x_n + \eta_{13} - \rho_{13} = \text{Carb}_{\text{IDR}} \quad (45)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Cal}_n x_n + \eta_{14} - \rho_{14} = \text{Cal}_{\text{IDR}} \quad (46)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mgn}_n x_n + \eta_{15} - \rho_{15} = \text{Mgn}_{\text{IDR}} \quad (47)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mng}_n x_n + \eta_{16} - \rho_{16} = \text{Mng}_{\text{IDR}} \quad (48)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fo}_n x_n + \eta_{17} - \rho_{17} = \text{Fo}_{\text{IDR}} \quad (49)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fe}_n x_n + \eta_{18} - \rho_{18} = \text{Fe}_{\text{IDR}} \quad (50)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{S}_n x_n + \eta_{19} - \rho_{19} = \text{S}_{\text{IDR}} \quad (51)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Co}_n x_n + \eta_{20} - \rho_{20} = \text{Co}_{\text{IDR}} \quad (52)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Z}_n x_n + \eta_{21} - \rho_{21} = \text{Z}_{\text{IDR}} \quad (53)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitA}_n x_n + \eta_{22} - \rho_{22} = \text{VitA}_{\text{IDR}} \quad (54)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{T}_n x_n + \eta_{23} - \rho_{23} = \text{T}_{\text{IDR}} \quad (55)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{R}_n x_n + \eta_{24} - \rho_{24} = \text{R}_{\text{IDR}} \quad (56)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitB6}_n x_n + \eta_{25} - \rho_{25} = \text{VitB6}_{\text{IDR}} \quad (57)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{N}_n x_n + \eta_{26} - \rho_{26} = \text{N}_{\text{IDR}} \quad (58)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitC}_n x_n + \eta_{27} - \rho_{27} = \text{VitC}_{\text{IDR}} \quad (59)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Pt}_n x_n + \eta_{28} - \rho_{28} = \text{Pt}_{\text{IDR}} \quad (60)$$

$$\sum_{n=1}^j x_n \text{Preço}_{29n} + \eta_{29} - \rho_{29} \leq \text{Preço}_{\text{CB}} \quad (62)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Cal}_n x_n \leq \text{Cal}_{\text{UL}} \quad (63)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mgn}_n x_n \leq \text{Mgn}_{\text{UL}} \quad (64)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mgn}_n x_n \geq \text{Mgn}_{\text{EAR}} \quad (65)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fo}_n x_n \leq \text{Fo}_{\text{UL}} \quad (66)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fo}_n x_n \geq \text{Fo}_{\text{EAR}} \quad (67)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fe}_n x_n \leq \text{Fe}_{\text{UL}} \quad (68)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Fe}_n x_n \geq \text{Fe}_{\text{EAR}} \quad (69)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{S}_n x_n \leq \text{S}_{\text{UL}} \quad (70)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Mng}_n x_n \leq \text{Mng}_{\text{UL}} \quad (71)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Co}_n x_n \leq \text{Co}_{\text{UL}} \quad (72)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{Co}_n x_n \geq \text{Co}_{\text{EAR}} \quad (73)$$

$$\sum_{n=1}^j Z_n x_n \leq Z_{UL} \quad (74)$$

$$\sum_{n=1}^j Z_n x_n \geq Z_{EAR} \quad (75)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitA}_n x_n \leq \text{VitA}_{UL} \quad (76)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitA}_n x_n \geq \text{VitA}_{EAR} \quad (77)$$

$$\sum_{n=1}^j T_n x_n \geq T_{EAR} \quad (78)$$

$$\sum_{n=1}^j R_n x_n \geq R_{EAR} \quad (79)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitB6}_n x_n \leq \text{VitB6}_{UL} \quad (80)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitB6}_n x_n \geq \text{VitB6}_{EAR} \quad (81)$$

$$\sum_{n=1}^j N_n x_n \leq N_{UL} \quad (82)$$

$$\sum_{n=1}^j N_n x_n \geq N_{EAR} \quad (83)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitC}_n x_n \leq \text{VitC}_{UL} \quad (84)$$

$$\sum_{n=1}^j \text{VitC}_n x_n \geq \text{VitC}_{EAR} \quad (85)$$

onde  $x_1, x_2, \dots, x_j$  são as quantidades de cada alimento selecionado para análise. A unidade de medida é hg para os alimentos e dL para as bebidas. Todas as variáveis devem ser não negativas.

#### 4.4 Aplicação do Modelo

O objetivo deste item é exemplificar a aplicação do modelo apresentado no item anterior a fim de auxiliar a compreensão do estudo. Neste exemplo, são utilizados os alimentos de primeira necessidade propostos na pesquisa de preço do Procon Fortaleza de setembro de 2016, a composição nutricional destes alimentos foram retirados da tabela TACO. Assim, tem-se a seguinte formulação, onde  $x_n$  é medido em hectogramas:

Encontrar:  $x_n$  ( $n = 1, 2, \dots, 36$ ) e  $\eta_i, \rho_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 29$ ), tal que minimizem a função execução:

$$\text{Minimizar } z = \{ (d_{\text{energia}}), (d_{\text{nutrientes}}), (d_{\text{preço}}) \} \quad (86)$$

sujeito a:

Metas de energia:

Alimentos energéticos (Kcal):

$$128.3x_1 + 442.8x_2 + 431.7x_3 + 350.6x_4 + 370.6x_5 + 299.8x_6 + 67.9x_8 + 365.3x_{13} + \eta_1 - \rho_1 = 900$$

Legumes e verduras (Kcal):

$$113.1x_7 + 39.4x_9 + 19.5x_{10} + 34.1x_{11} + 309.1x_{12} + 213x_{14} + 15.3x_{15} + 60.9x_{16} + \eta_2 - \rho_2 = 45$$

Frutas (Kcal):

$$98.2x_{17} + 36.8x_{18} + \eta_3 - \rho_3 = 210$$

Carnes e ovos (Kcal):

$$278.1x_{24} + 193.7x_{25} + 241.4x_{26} + 187.3x_{27} + 170.4x_{28} + 145.7x_{34} + 240.2x_{33} + \eta_4 - \rho_4 = 190$$

Leite e derivados (Kcal):

$$0.0x_{29} + 0.0x_{30} + 359.9x_{31} + \eta_5 - \rho_5 = 360$$

Feijões (Kcal):

$$76.4x_{36} + \eta_6 - \rho_6 = 55$$

Óleos e gorduras (Kcal):

$$596.1x_{19} + 722.5x_{20} + 594.5x_{21} + 593.1x_{22} + 884x_{23} + \eta_7 - \rho_7 \leq 73$$

Açúcar e doces (Kcal):

$$386.6x_{34} + \eta_8 - \rho_8 \leq 110$$

Energia (Kcal):

$$128.3x_1 + 442.8x_2 + 431.7x_3 + 350.6x_4 + 370.6x_5 + 299.8x_6 + 113.1x_7 + 67.9x_8 + 39.4x_9 + 19.5x_{10} + 34.1x_{11} + 309.1x_{12} + 365.3x_{13} + 21.3x_{14} + 15.3x_{15} + 60.9x_{16} + 98.2x_{17} + 36.8x_{18} + 596.1x_{19} + 722.5x_{20} + 594.5x_{21} + 593.1x_{22} + 884x_{23} + 278.1x_{24} + 193.7x_{25} + 241.4x_{26} + 187.3x_{27} + 170.4x_{28} + 0.0x_{29} + 0.0x_{30} + 359.9x_{31} + 145.7x_{32} + 240.2x_{33} + 386.6x_{34} + 418.6x_{35} + 76.4x_{36} + \eta_9 - \rho_9 = 1943$$



$$d_{\text{energia}} = \eta_1 + \rho_1 + \eta_2 + \rho_2 + \eta_3 + \rho_3 + \eta_4 + \rho_4 + \eta_5 + \rho_5 + \eta_6 + \rho_6 + \rho_7 + \rho_8 + \eta_9 + \rho_9;$$

#### Metas Nutrientes:

##### Proteína (g):

$$2.5x_1 + 8.1x_2 + 10.1x_3 + 7.2x_4 + 10.3x_5 + 8.0x_6 + 7.0x_7 + 1.3x_8 + 1.7x_9 + 1.9x_{10} + 1.3x_{11} + 20.9x_{12} + 1.2x_{13} + 1.1x_{14} + 1.1x_{15} + 2.4x_{16} + 1.3x_{17} + 1.0x_{18} + 32.4x_{24} + 35.9x_{25} + 31.9x_{26} + 28.0x_{27} + 25.0x_{28} + 22.7x_{31} + 13.3x_{32} + 15.6x_{33} + 0.3x_{34} + 14.7x_{35} + 4.8x_{36} + \eta_{10} - \rho_{10} = 50$$

##### Lipídeos (g):

$$0.2x_1 + 12x_2 + 14.4x_3 + 1.5x_4 + 2x_5 + 3.1x_6 + 0.2x_7 + 0.9x_8 + 0.1x_9 + 0.4x_{10} + 0.2x_{11} + 10.4x_{12} + 0.3x_{13} + 0.2x_{14} + 0.2x_{15} + 0.2x_{16} + 0.1x_{17} + 0.1x_{18} + 67.4x_{19} + 81.7x_{20} + 67.2x_{21} + 67.1x_{22} + 100x_{23} + 15.5x_{24} + 4.5x_{25} + 11.6x_{26} + 7.5x_{27} + 29.1x_{31} + 9.5x_{32} + 18.6x_{33} + 11.9x_{35} + 0.5x_{36} + \eta_{11} - \rho_{11} = 59.4$$

##### Colesterol (mg):

$$18x_5 + 143.9x_{24} + 101.9x_{25} + 92.2x_{26} + 111x_{27} + 99x_{28} + 4x_{29} + 10x_{30} + 91x_{31} + 397x_{32} + 516x_{33} + \eta_{12} - \rho_{12} \leq 200$$

##### Carboidrato (g):

$$28.1x_1 + 75.2x_2 + 68.7x_3 + 79.1x_4 + 76.6x_5 + 58.6x_6 + 23.9x_7 + 14.1x_8 + 8.9x_9 + 3.4x_{10} + 7.7x_{11} + 48.0x_{12} + 89.2x_{13} + 4.9x_{14} + 3.1x_{15} + 15.0x_{16} + 26.0x_{17} + 8.9x_{18} + 1.9x_{31} + 0.6x_{32} + 1.2x_{33} + 99.5x_{34} + 65.8x_{35} + 3.6x_{36} + \eta_{13} - \rho_{13} = 130$$

##### Fibra Alimentar (g):

$$1.6x_1 + 2.1x_2 + 2.5x_3 + 5.5x_4 + 2.3x_5 + 2.3x_6 + 4.3x_7 + 1.4x_8 + 2.2x_9 + 3.6x_{10} + 3.2x_{11} + 37.3x_{12} + 6.5x_{13} + 2.6x_{14} + 1.2x_{15} + 2.8x_{16} + 2.0x_{17} + 0.8x_{18} + 51.2x_{35} + 8.5x_{36} + \eta_{14} - \rho_{14} = 30$$

##### Cálcio (mg):

$$4x_1 + 54x_2 + 20x_3 + 1x_4 + 19x_5 + 16x_6 + 14x_7 + 4x_8 + 14x_9 + 80x_{10} + 23x_{11} + 784x_{12} + 76x_{13} + 9x_{14} + 7x_{15} + 29x_{16} + 8x_{17} + 22x_{18} + 6x_{19} + 3x_{20} + 5x_{21} + 5x_{22} + 4.5x_{24} + 5x_{25} + 4.5x_{26} + 9x_{27} + 8x_{28} + 134x_{29} + 123x_{30} + 940x_{31} + 49x_{32} + 73x_{33} + 4x_{34} + 107x_{35} + 27x_{36} + \eta_{15} - \rho_{15} = 1000$$

##### Magnésio (mg):

$$2x_1 + 37x_2 + 40x_3 + 31x_3 + 25x_6 + 21.3x_7 + 6.5x_8 + 12x_9 + 24.6x_{10} + 11.2x_{11} + 393x_{12} + 40x_{13} + 7.8x_{14} + 10.5x_{15} + 29x_{16} + 26.29x_{17} + 8.6x_{18} + 1.13x_{19} + 0.543x_{20} + 1.23x_{21} + 1.15x_{22} + 18.7x_{24} + 21.1x_{25} + 26x_{26} + 14x_{27} + 12x_{28} + 10x_{30} + 28x_{31} + 11x_{32} + 16x_{33} + 0.55x_{34} + 165x_{35} + 42x_{36} + \eta_{16} - \rho_{16} = 260$$

##### Manganês (mg):

$$0.3x_1 + 0.78x_2 + 0.69x_3 + 0.397x_5 + 0.46x_6 + 0.24x_7 + 0.08x_8 + 0.13x_9 + 0.13x_{10} + 0.05x_{11} + 10.48x_{12} + 0.37x_{13} + 0.14x_{14} + 0.07x_{15} + 0.18x_{16} + 0.42x_{17} + 0.05x_{18} + 0.03x_{31} + 0.02x_{32} + 0.03x_{33} + 2.58x_{35} + 0.28x_{36} + \eta_{17} - \rho_{17} = 2.3$$

##### Fósforo (mg):

$$18x_1 + 166x_2 + 148x_3 + 84x_4 + 118x_5 + 95x_6 + 149x_7 + 32x_8 + 37.9x_9 + 6.9x_{10} + 27.9x_{11} + 388x_{12} + 38.6x_{13} + 16.5x_{14} + 20x_{15} + 47x_{16} + 22x_{17} + 23x_{18} + 7.26x_{19} + 3.75x_{20} + 5.96x_{21} + 7.16x_{22} + 218.5x_{24} + 240.6x_{25} + 279.2x_{26} + 232.9x_{27} + 194x_{28} + 85.37x_{29} + 82x_{30} + 461x_{31} + 184x_{32} + 422x_{33} + 169.48x_{35} + 87x_{36} + \eta_{17} - \rho_{17} = 700$$

Ferro (mg):

$$0.1x_1 + 1.8x_2 + 2.2x_3 + 2.3x_4 + 0.9x_5 + 1x_6 + 0.8x_7 + 0.25x_8 + 0.2x_9 + 0.6x_{10} + 0.18x_{11} + 81x_{12} + 1.2x_{13} + 0.41x_{14} + 0.24x_{15} + 2.1x_{16} + 0.4x_{17} + 0.1x_{18} + 0.08x_{19} + 0.05x_{20} + 0.08x_{22} + 2.4x_{24} + 2.4x_{25} + 3.2x_{26} + 0.6x_{27} + 0.5x_{28} + 0.3x_{31} + 1.51x_{32} + 2.1x_{33} + 0.1x_{34} + 8.13x_{35} + 1.29x_{36} + \eta_{18} - \rho_{18} = 14$$

Sódio (mg):

$$1x_1 + 352x_2 + 854x_3 + 45x_4 + 14.74x_5 + 648x_6 + 5.4x_7 + 8.2x_8 + 0.6x_9 + 1.6x_{10} + 3.3x_{11} + 18.3x_{12} + 10.3x_{13} + 1x_{15} + 498x_{16} + 894x_{19} + 77.891x_{20} + 561x_{21} + 333x_{22} + 57.1x_{24} + 57.5x_{25} + 51.6x_{26} + 70x_{27} + 51x_{28} + 51x_{29} + 64x_{30} + 580x_{31} + 146x_{32} + 166x_{33} + 12x_{34} + 1.13x_{35} + 1.76x_{36} + \eta_{19} - \rho_{19} = 1500$$

Cobre (mg):

$$0.02x_1 + 0.17x_2 + 0.18x_3 + 0.27x_4 + 0.14x_5 + 0.13x_6 + 0.15x_7 + 0.05x_8 + 0.05x_9 + 0.04x_{10} + 0.05x_{11} + 4.09x_{12} + 0.07x_{14} + 0.04x_{15} + 0.2x_{16} + 0.05x_{17} + 0.03x_{18} + 0.10x_{24} + 0.10x_{25} + 0.11x_{26} + 0.03x_{27} + 0.04x_{28} + 0.02x_{29} + 0.02x_{30} + 0.10x_{31} + 0.04x_{32} + 0.04x_{33} + 1.3x_{35} + 0.19x_{36} + \eta_{20} - \rho_{20} = 0.9$$

Zinco (mg):

$$0.5x_1 + 1x_2 + 1.1x_3 + 0.6x_4 + 0.81x_5 + 0.8x_6 + 0.82x_7 + 0.21x_8 + 0.17x_9 + 0.3x_{10} + 0.2x_{11} + 4.7x_{12} + 0.36x_{13} + 0.14x_{14} + 0.1x_{15} + 0.37x_{16} + 0.15x_{17} + 0.06x_{18} + 4.8x_{24} + 5.1x_{25} + 4.8x_{26} + 1.6x_{27} + 1.24x_{28} + 0.4x_{29} + 0.4x_{30} + 3.46x_{31} + 1.24x_{32} + 1.46x_{33} + 0.52x_{35} + 0.7x_{36} + \eta_{21} - \rho_{21} = 7$$

Vitamina A (mcg):

$$18x_4 + 134x_{10} + 1326x_{11} + 46x_{14} + 54x_{15} + 166x_{16} + 32x_{17} + 0.92x_{18} + \eta_{22} - \rho_{22} = 600$$

Tiamina (mg):

$$1.01x_2 + 0.71x_3 + 0.25x_4 + 0.11x_5 + 0.39x_6 + 0.18x_7 + 0.07x_8 + 0.04x_9 + 0.03x_{10} + 0.1x_{12} + 0.12x_{15} + 0.07x_{18} + 0.09x_{27} + 0.1x_{28} + 0.04x_{29} + 0.04x_{30} + 0.08x_{32} + 0.06x_{33} + 0.04x_{36} + \eta_{23} - \rho_{23} = 1.2$$

Riboflavina (mg):

$$0.42x_2 + 0.13x_3 + 0.05x_5 + 0.67x_6 + 0.04x_{10} + 0.11x_{12} + 0.02x_{17} + 0.02x_{18} + 0.18x_{24} + 0.17x_{25} + 0.05x_{26} + 0.26x_{29} + 0.24x_{30} + 0.22x_{31} + 0.3x_{32} + 0.32x_{33} + \eta_{24} - \rho_{24} = 1.3$$

Vitamina B6 (mg):

$$0.23x_2 + 0.17x_3 + 0.25x_4 + 0.03x_5 + 0.6x_6 + 0.44x_7 + 0.09x_8 + 0.14x_9 + 0.08x_{10} + 0.05x_{11} + 0.09x_{12} + 0.81x_{13} + 0.02x_{15} + 0.11x_{16} + 0.1x_{17} + 0.02x_{18} + 0.13x_{24} + 0.16x_{25} + 0.05x_{26} + \eta_{25} - \rho_{25} = 1.3$$

Niacina (mg):

$$3.91x_2 + 7.14x_3 + 4.37x_5 + 2.34x_6 + 1.38x_8 + 2.42x_{16} + 4.9x_{24} + 4.9x_{25} + 4.7x_{26} + 11.2x_{27} + 12.8x_{28} + 1.49x_{29} + 1.52x_{30} + 11.89x_{35} + \eta_{26} - \rho_{26} = 16$$

Vitamina C (mg):

$$6.2x_2 + 4.7x_9 + 31.8x_{10} + 5.1x_{11} + 40.8x_{12} + 100x_{14} + 21.2x_{15} + 18x_{16} + 21.6x_{17} + 53.7x_{18} + 0.49x_{33} + \eta_{27} - \rho_{27} = 45$$

Potássio (mg):

$$15x_1 + 142x_2 + 181x_3 + 58x_4 + 134x_5 + 142x_6 + 535x_7 + 199.5x_8 + 176.1x_9 + 206x_{10} + 315x_{11} + 3223x_{12} + 328x_{13} + 174x_{14} + 222x_{15} + 680x_{16} + 358x_{17} + 162x_{18} + 21.4x_{19} + 1.77x_{20} + 15x_{21} + 4.73x_{22} + 351.9x_{24} + 386.5x_{25} + 385.1x_{26} + 283x_{27} + 217x_{28} + 140x_{29} + 133x_{30} + 73.4x_{31} + 139x_{32} + 184x_{33} + 6.35x_{34} + 1608x_{35} + 255x_{36} + \eta_{28} - \rho_{28} = 4700$$

$$d_{\text{nutrientes}} = \eta_{10} + \rho_{10} + \eta_{11} + \rho_{11} + \rho_{12} + \eta_{13} + \rho_{13} + \eta_{14} + \rho_{14} + \eta_{15} + \rho_{15} + \eta_{16} + \rho_{16} + \eta_{17} + \rho_{17} + \eta_{18} + \rho_{18} + \eta_{19} + \rho_{19} + \eta_{20} + \rho_{20} + \eta_{21} + \rho_{21} + \eta_{22} + \rho_{22} + \eta_{23} + \rho_{23} + \eta_{24} + \rho_{24} + \eta_{25} + \rho_{25} + \eta_{26} + \rho_{26} + \eta_{27} + \rho_{27} + \eta_{28} + \rho_{28};$$

Meta Preço:

Preço de 100g dos alimentos (R\$):

$$0.32x_1 + 1.16x_2 + 0.90x_3 + 0.30x_4 + 0.52x_5 + 0.99x_6 + 2.53x_7 + 0.31x_8 + 0.19x_9 + 2.33x_{10} + 0.24x_{11} + 0.89x_{12} + 0.36x_{13} + 0.46x_{14} + 0.39x_{15} + 0.72x_{16} + 0.41x_{17} + 0.29x_{18} + 1.05x_{19} + 1.05x_{20} + 1.05x_{21} + 1.05x_{22} + 0.42x_{23} + 1.38x_{24} + 1.38x_{25} + 3.18x_{26} + 0.59x_{27} + 0.59x_{28} + 0.29x_{29} + 0.29x_{30} + 2.98x_{31} + 0.76x_{32} + 0.76x_{33} + 0.35x_{34} + 2.01x_{35} + 1.06x_{36} + \eta_{29} - \rho_{29} \leq 13.86$$

$$d_{\text{preço}} = \rho_{29}.$$

Restrições Máximas e Mínimas dos Nutrientes:

Cálcio (mg):

$$4x_1 + 54x_2 + 20x_3 + 1x_4 + 19x_5 + 16x_6 + 14x_7 + 4x_8 + 14x_9 + 80x_{10} + 23x_{11} + 784x_{12} + 76x_{13} + 9x_{14} + 7x_{15} + 29x_{16} + 8x_{17} + 22x_{18} + 6x_{19} + 3x_{20} + 5x_{21} + 5x_{22} + 4.5x_{24} + 5x_{25} + 4.5x_{26} + 9x_{27} + 8x_{28} + 134x_{29} + 123x_{30} + 940x_{31} + 49x_{32} + 73x_{33} + 4x_{34} + 107x_{35} + 27x_{36} \leq 2500$$

Fósforo (mg):

$$18x_1 + 166x_2 + 148x_3 + 84x_4 + 118x_5 + 95x_6 + 149x_7 + 32x_8 + 37.9x_9 + 6.9x_{10} + 27.9x_{11} + 388x_{12} + 38.6x_{13} + 16.5x_{14} + 20x_{15} + 47x_{16} + 22x_{17} + 23x_{18} + 7.26x_{19} + 3.75x_{20} + 5.96x_{21} + 7.16x_{22} + 218.5x_{24} + 240.6x_{25} + 279.2x_{26} + 232.9x_{27} + 194x_{28} + 85.37x_{29} + 82x_{30} + 461x_{31} + 184x_{32} + 422x_{33} + 169.48x_{35} + 87x_{36} \leq 4000$$

$$18x_1 + 166x_2 + 148x_3 + 84x_4 + 118x_5 + 95x_6 + 149x_7 + 32x_8 + 37.9x_9 + 6.9x_{10} + 27.9x_{11} + 388x_{12} + 38.6x_{13} + 16.5x_{14} + 20x_{15} + 47x_{16} + 22x_{17} + 23x_{18} + 7.26x_{19} + 3.75x_{20} + 5.96x_{21} + 7.16x_{22} + 218.5x_{24} + 240.6x_{25} + 279.2x_{26} + 232.9x_{27} + 194x_{28} + 85.37x_{29} + 82x_{30} + 461x_{31} + 184x_{32} + 422x_{33} + 169.48x_{35} + 87x_{36} \geq 580$$

Ferro (mg):

$$0.1x_1 + 1.8x_2 + 2.2x_3 + 2.3x_4 + 0.9x_5 + 1x_6 + 0.8x_7 + 0.25x_8 + 0.2x_9 + 0.6x_{10} + 0.18x_{11} + 81x_{12} + 1.2x_{13} + 0.41x_{14} + 0.24x_{15} + 2.1x_{16} + 0.4x_{17} + 0.1x_{18} + 0.08x_{19} + 0.05x_{20} + 0.08x_{22} + 2.4x_{24} + 2.4x_{25} + 3.2x_{26} + 0.6x_{27} + 0.5x_{28} + 0.3x_{31} + 1.51x_{32} + 2.1x_{33} + 0.1x_{34} + 8.13x_{35} + 1.29x_{36} \leq 45$$

$$0.1x_1 + 1.8x_2 + 2.2x_3 + 2.3x_4 + 0.9x_5 + 1x_6 + 0.8x_7 + 0.25x_8 + 0.2x_9 + 0.6x_{10} + 0.18x_{11} + 81x_{12} + 1.2x_{13} + 0.41x_{14} + 0.24x_{15} + 2.1x_{16} + 0.4x_{17} + 0.1x_{18} + 0.08x_{19} + 0.05x_{20} + 0.08x_{22} + 2.4x_{24} + 2.4x_{25} + 3.2x_{26} + 0.6x_{27} + 0.5x_{28} + 0.3x_{31} + 1.51x_{32} + 2.1x_{33} + 0.1x_{34} + 8.13x_{35} + 1.29x_{36} \geq 7.1$$

Cobre (mg):

$$0.02x_1 + 0.17x_2 + 0.18x_3 + 0.27x_4 + 0.14x_5 + 0.13x_6 + 0.15x_7 + 0.05x_8 + 0.05x_9 + 0.04x_{10} + 0.05x_{11} + 4.09x_{12} + 0.07x_{14} + 0.04x_{15} + 0.2x_{16} + 0.05x_{17} + 0.03x_{18} + 0.10x_{24} + 0.10x_{25} + 0.11x_{26} + 0.03x_{27} + 0.04x_{28} + 0.02x_{29} + 0.02x_{30} + 0.10x_{31} + 0.04x_{32} + 0.04x_{33} + 1.3x_{35} + 0.19x_{36} \leq 10$$

$$0.02x_1 + 0.17x_2 + 0.18x_3 + 0.27x_4 + 0.14x_5 + 0.13x_6 + 0.15x_7 + 0.05x_8 + 0.05x_9 + 0.04x_{10} + 0.05x_{11} + 4.09x_{12} + 0.07x_{14} + 0.04x_{15} + 0.2x_{16} + 0.05x_{17} + 0.03x_{18} + 0.10x_{24} + 0.10x_{25} + 0.11x_{26} + 0.03x_{27} + 0.04x_{28} + 0.02x_{29} + 0.02x_{30} + 0.10x_{31} + 0.04x_{32} + 0.04x_{33} + 1.3x_{35} + 0.19x_{36} \geq 0.7$$

Manganês (mg):

$$0.3x_1 + 0.78x_2 + 0.69x_3 + 0.397x_5 + 0.46x_6 + 0.24x_7 + 0.08x_8 + 0.13x_9 + 0.13x_{10} + 0.05x_{11} + 10.48x_{12} + 0.37x_{13} + 0.14x_{14} + 0.07x_{15} + 0.18x_{16} + 0.42x_{17} + 0.05x_{18} + 0.03x_{31} + 0.02x_{32} + 0.03x_{33} + 2.58x_{35} + 0.28x_{36} \leq 11$$

Zinco (mg):

$$0.5x_1 + 1x_2 + 1.1x_3 + 0.6x_4 + 0.81x_5 + 0.8x_6 + 0.82x_7 + 0.21x_8 + 0.17x_9 + 0.3x_{10} + 0.2x_{11} + 4.7x_{12} + 0.36x_{13} + 0.14x_{14} + 0.1x_{15} + 0.37x_{16} + 0.15x_{17} + 0.06x_{18} + 4.8x_{24} + 5.1x_{25} + 4.8x_{26} + 1.6x_{27} + 1.24x_{28} + 0.4x_{29} + 0.4x_{30} + 3.46x_{31} + 1.24x_{32} + 1.46x_{33} + 0.52x_{35} + 0.7x_{36} \leq 40$$

$$0.5x_1 + 1x_2 + 1.1x_3 + 0.6x_4 + 0.81x_5 + 0.8x_6 + 0.82x_7 + 0.21x_8 + 0.17x_9 + 0.3x_{10} + 0.2x_{11} + 4.7x_{12} + 0.36x_{13} + 0.14x_{14} + 0.1x_{15} + 0.37x_{16} + 0.15x_{17} + 0.06x_{18} + 4.8x_{24} + 5.1x_{25} + 4.8x_{26} + 1.6x_{27} + 1.24x_{28} + 0.4x_{29} + 0.4x_{30} + 3.46x_{31} + 1.24x_{32} + 1.46x_{33} + 0.52x_{35} + 0.7x_{36} \geq 8.1$$

Vitamina C (mg):

$$6.2x_2 + 4.7x_9 + 31.8x_{10} + 5.1x_{11} + 40.8x_{12} + 100x_{14} + 21.2x_{15} + 18x_{16} + 21.6x_{17} + 53.7x_{18} + 0.49x_{33} \leq 2000$$

$$6.2x_2 + 4.7x_9 + 31.8x_{10} + 5.1x_{11} + 40.8x_{12} + 100x_{14} + 21.2x_{15} + 18x_{16} + 21.6x_{17} + 53.7x_{18} + 0.49x_{33} \geq 67.5$$

Niacina (mg):

$$3.91x_2 + 7.14x_3 + 4.37x_5 + 2.34x_6 + 1.38x_8 + 2.42x_{16} + 4.9x_{24} + 4.9x_{25} + 4.7x_{26} + 11.2x_{27} + 12.8x_{28} + 1.49x_{29} + 1.52x_{30} + 11.89x_{35} \leq 35$$

$$3.91x_2 + 7.14x_3 + 4.37x_5 + 2.34x_6 + 1.38x_8 + 2.42x_{16} + 4.9x_{24} + 4.9x_{25} + 4.7x_{26} + 11.2x_{27} + 12.8x_{28} + 1.49x_{29} + 1.52x_{30} + 11.89x_{35} \geq 11.5$$

Tiamina (mg):

$$1.01x_2 + 0.71x_3 + 0.25x_4 + 0.11x_5 + 0.39x_6 + 0.18x_7 + 0.07x_8 + 0.04x_9 + 0.03x_{10} + 0.1x_{12} + 0.12x_{15} + 0.07x_{18} + 0.09x_{27} + 0.1x_{28} + 0.04x_{29} + 0.04x_{30} + 0.08x_{32} + 0.06x_{33} + 0.04x_{36} \geq 0.95$$

Vitamina B6 (mg):

$$0.23x_2 + 0.17x_3 + 0.25x_4 + 0.03x_5 + 0.6x_6 + 0.44x_7 + 0.09x_8 + 0.14x_9 + 0.08x_{10} + 0.05x_{11} + 0.09x_{12} + 0.81x_{13} + 0.02x_{15} + 0.11x_{16} + 0.1x_{17} + 0.02x_{18} + 0.13x_{24} + 0.16x_{25} + 0.05x_{26} \leq 100$$

$$0.23x_2 + 0.17x_3 + 0.25x_4 + 0.03x_5 + 0.6x_6 + 0.44x_7 + 0.09x_8 + 0.14x_9 + 0.08x_{10} + 0.05x_{11} + 0.09x_{12} + 0.81x_{13} + 0.02x_{15} + 0.11x_{16} + 0.1x_{17} + 0.02x_{18} + 0.13x_{24} + 0.16x_{25} + 0.05x_{26} \geq 1.1$$

Sódio (mg):

$$1x_1 + 352x_2 + 854x_3 + 45x_4 + 14.74x_5 + 648x_6 + 5.4x_7 + 8.2x_8 + 0.6x_9 + 1.6x_{10} + 3.3x_{11} + 18.3x_{12} + 10.3x_{13} + 1x_{15} + 498x_{16} + 894x_{19} + 77.891x_{20} + 561x_{21} + 333x_{22} + 57.1x_{24} + 57.5x_{25} + 51.6x_{26} + 70x_{27} + 51x_{28} + 51x_{29} + 64x_{30} + 580x_{31} + 146x_{32} + 166x_{33} + 12x_{34} + 1.13x_{35} + 1.76x_{36} \leq 2300$$

$$x_n, \eta_i, \rho_i \geq 0$$

Na tabela 7 é apresentada uma legenda dos alimentos analisados e a Figura 5 e 6 são as imagens da Tabela TACO, de onde foram obtidas as composições nutricionais dos alimentos.

Tabela 7 - Lista de alimentos analisados no exemplo de aplicação do modelo

Variáveis	Alimentos	Preço de 100g ou 100mL	
x1	Arroz, tipo 1, cozido	BRL	0.32
x2	Biscoito, doce, maisena	BRL	1.16
x3	Biscoito, salgado, cream cracker	BRL	0.90
x4	Farinha, de milho, amarela	BRL	0.30
x5	Macarrão, trigo, cru, com ovos	BRL	0.52
x6	Pão, trigo, francês	BRL	0.99
x7	Alho, cru	BRL	2.53
x8	Batata, inglesa, sauté	BRL	0.31
x9	Cebola, crua	BRL	0.19
x10	Cebolinha, crua	BRL	2.33
x11	Cenoura, crua	BRL	0.24
x12	Coentro, folhas desidratadas	BRL	0.89
x13	Farinha, de mandioca, torrada	BRL	0.36
x14	Pimentão, verde, cru	BRL	0.46
x15	Tomate, com semente, cru	BRL	0.39
x16	Tomate, extrato	BRL	0.72
x17	Banana, prata, crua	BRL	0.41
x18	Laranja, pêra, crua	BRL	0.29
x19	Margarina, com óleo hidrogenado, com sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
x20	Margarina, com óleo hidrogenado, sem sal (80% de lipídeos)	BRL	1.05
x21	Margarina, com óleo interesterificado, com sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
x22	Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05

x23	Óleo, de soja	BRL	0.42
x24	Carne, bovina, contra-filé, com gordura, grelhado	BRL	1.38
x25	Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	BRL	1.38
x26	Carne, bovina, miolo de alcatra, sem gordura, grelhado	BRL	3.18
x27	Frango, inteiro, sem pele, assado	BRL	0.59
x28	Frango, inteiro, sem pele, cozido	BRL	0.59
x29	Leite, de vaca, desnatado, UHT	BRL	0.29
x30	Leite, de vaca, integral	BRL	0.29
x31	Queijo, prato	BRL	2.98
x32	Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10 minutos	BRL	0.76
x33	Ovo, de galinha, inteiro, frito	BRL	0.76
x34	Açúcar, refinado	BRL	0.35
x35	Café, pó, torrado	BRL	2.01
x36	Feijão, carioca, cozido	BRL	1.06

Fonte: Autor

Figura 5 - Primeira parte da composição nutricional dos alimentos da Tabela 7

Descrição dos alimentos	Energia		Proteína (g)	Lípidios (g)	Colesterol (mg)	Carbo- idrato (g)	Fibra Alimentar (g)	Cálcio (mg)	Magnésio (mg)	Manganês (mg)	Fósforo (mg)
	(kcal)	(kJ)									
Arroz, tipo 1, cozido	128	537	2.5	0.2	NA	28.1	1.6	4	2	0.30	18
Biscoito, doce, maisena	443	1853	8.1	12.0	NA	75.2	2.1	54	37	0.78	166
Biscoito, salgado, cream cracker	432	1806	10.1	14.4	NA	68.7	2.5	20	40	0.69	148
Farinha, de milho, amarela	351	1467	7.2	1.5	NA	79.1	5.5	1	31	Tr	84
Macarrão, trigo, cru, com ovos	371	1550	10.3	2.0	18	76.6	2.3	19	Tr	0.40	118
Pão, trigo, francês	300	1254	8.0	3.1	NA	58.6	2.3	16	25	0.46	95
Alho, cru	113	473	7.0	0.2	NA	23.9	4.3	14	21	0.24	149
Batata, inglesa, sauté	68	284	1.3	0.9	NA	14.1	1.4	4	6	0.08	32
Cebola, crua	39	165	1.7	0.1	NA	8.9	2.2	14	12	0.13	38
Cebolinha, crua	20	82	1.9	0.4	NA	3.4	3.6	80	25	0.13	27
Cenoura, crua	34	143	1.3	0.2	NA	7.7	3.2	23	11	0.05	28
Coentro, folhas desidratadas	309	1293	20.9	10.4	NA	48.0	37.3	784	393	10.48	388
Farinha, de mandioca, torrada	365	1528	1.2	0.3	NA	89.2	6.5	76	40	0.37	39
Fimentão, verde, cru	21	89	1.1	0.2	NA	4.9	2.6	9	8	0.14	17
Tomate, com semente, cru	15	64	1.1	0.2	NA	3.1	1.2	7	11	0.07	20
Tomate, extrato	61	255	2.4	0.2	NA	15.0	2.8	29	29	0.18	47
Banana, prata, crua	98	411	1.3	0.1	NA	26.0	2.0	8	26	0.42	22
Laranja, pêra, crua	37	154	1.0	0.1	NA	8.9	0.8	22	9	0.05	23
Margarina, com óleo hidrogenado, com sal (65% de lipídeos)	596	2494	Tr	67.4	NA	0.0	NA	6	1	Tr	7
Margarina, com óleo hidrogenado, sem sal (80% de lipídeos)	723	3023	Tr	81.7	NA	0.0	NA	3	1	Tr	4
Margarina, com óleo interesterificado, com sal (65% de lipídeos)	594	2487	Tr	67.2	NA	0.0	NA	5	1	Tr	6
Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeos)	593	2482	Tr	67.1	NA	0.0	NA	5	1	Tr	7
Óleo, de soja	884	3699	NA	100.0	NA	NA	NA				
Carne, bovina, contra-filé, com gordura, grelhado	278	1163	32.4	15.5	144	0.0	NA	4	19	Tr	219
Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	194	810	35.9	4.5	102	0.0	NA	5	21	Tr	241
Carne, bovina, miolo de alcatra, sem gordura, grelhado	241	1010	31.9	11.6	92	0.0	NA	5	26	0.02	279
Frango, inteiro, sem pele, assado	187	784	28.0	7.5	111	0.0	NA	9	14	Tr	233
Frango, inteiro, sem pele, cozido	170	713	25.0	7.1	99	0.0	NA	8	12	Tr	194
Leite, de vaca, desnatado, UHT	*	*	*	*	4	*	NA	134	10	Tr	85
Leite, de vaca, integral	*	*	*	*	10	*	NA	123	10	Tr	82
Queijo, prato	360	1506	22.7	29.1	91	1.9	NA	940	28	0.03	461
Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10 minutos	146	610	13.3	9.5	397	0.6	NA	49	11	0.02	184
Ovo, de galinha, inteiro, frito	240	1005	15.6	18.6	516	1.2	NA	73	16	0.03	422
Açúcar, refinado	387	1617	0.3	Tr	NA	99.5	NA	4	1		Tr
Café, pó, torrado	419	1752	14.7	11.9	NA	65.8	51.2	107	165	2.58	169
Feijão, carioca, cozido	76	320	4.8	0.5	NA	13.6	8.5	27	42	0.28	87

Legenda: \* as análises estão sendo reavaliadas NA: não aplicável; Tr: traço.

Fonte: Adaptação Tabela TACO

Figura 6 - Segunda parte da composição nutricional dos alimentos da Tabela 7

Descrição dos alimentos	Ferro (mg)	Sódio (mg)	Potássio (mg)	Cobre (mg)	Zinco (mg)	RE (mcg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Pridoxina (mg)	Niacina (mg)	Vitamina C (mg)
Arroz, tipo 1, cozido	0.1	1	15	0.02	0.5		Tr	Tr	Tr	Tr	
Biscoito, doce, maisena	1.8	352	142	0.17	1.0		1.01	0.42	0.23	3.91	6.2
Biscoito, salgado, cream cracker	2.2	854	181	0.18	1.1		0.71	0.13	0.17	7.14	
Farinha, de milho, amarela	2.3	45	58	0.27	0.6	18	0.25	Tr	0.25	Tr	Tr
Macarrão, trigo, cru, com ovos	0.9	15	134	0.14	0.8		0.11	0.05	0.03	4.37	Tr
Pão, trigo, francês	1.0	648	142	0.13	0.8		0.39	0.67	0.60	2.34	
Alho, cru	0.8	5	535	0.15	0.8		0.18	Tr	0.44	Tr	*
Batata, inglesa, sauté	0.3	8	199	0.05	0.2		0.07	Tr	0.09	1.38	Tr
Cebola, crua	0.2	1	176	0.05	0.2		0.04	Tr	0.14	Tr	4.7
Cebolinha, crua	0.6	2	206	0.04	0.3	134	0.03	0.04	0.08	Tr	31.8
Cenoura, crua	0.2	3	315	0.05	0.2	1326	Tr	Tr	0.05	Tr	5.1
Coentro, folhas desidratadas	81.4	18	3223	4.09	4.7		0.10	0.11	0.09	Tr	40.8
Farinha, de mandioca, torrada	1.2	10	328	Tr	0.4		Tr	Tr	0.81	Tr	Tr
Fimentão, verde, cru	0.4	Tr	174	0.07	0.1	46	Tr	Tr	Tr	Tr	100.2
Tomate, com semente, cru	0.2	1	222	0.04	0.1	54	0.12	Tr	0.02	Tr	21.2
Tomate, extrato	2.1	498	680	0.20	0.4	166	Tr	Tr	0.11	2.42	18.0
Banana, prata, crua	0.4	Tr	358	0.05	0.1	32	Tr	0.02	0.10	Tr	21.6
Laranja, pêra, crua	0.1	Tr	163	0.03	0.1	1	0.07	0.02	0.02	Tr	53.7
Margarina, com óleo hidrogenado, com sal (65% de lipídeos)	0.1	894	21	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Margarina, com óleo hidrogenado, sem sal (80% de lipídeos)	0.1	78	2	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Margarina, com óleo interesterificado, com sal (65% de lipídeos)	Tr	561	15	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeo)	0.1	33	5	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Óleo, de soja											
Carne, bovina, contra-filé, com gordura, grelhado	2.4	57	352	0.09	4.8	Tr	Tr	0.18	0.13	4.91	
Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	2.4	58	386	0.09	5.1	Tr	Tr	0.17	0.16	4.93	
Carne, bovina, miolo de alcatra, sem gordura, grelhado	3.2	52	385	0.11	4.8	Tr	0.03	0.05	0.05	4.66	
Frango, inteiro, sem pele, assado	0.6	70	283	0.03	1.6	Tr	0.09	Tr	Tr	11.20	
Frango, inteiro, sem pele, cozido	0.5	51	217	0.04	1.2	Tr	0.10	Tr	Tr	12.83	
Leite, de vaca, desnatado, UHT	Tr	51	140	0.02	0.4		0.04	0.26	Tr	1.49	Tr
Leite, de vaca, integral	Tr	64	133	0.02	0.4		0.04	0.24	Tr	1.52	Tr
Queijo, prato	0.3	580	73	0.10	3.5		Tr	0.22	Tr	Tr	
Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10 minutos	1.5	146	139	0.04	1.2		0.08	0.30	Tr	Tr	
Ovo, de galinha, inteiro, frito	2.1	166	184	0.04	1.5		0.06	0.32	Tr	Tr	Tr
Açúcar, refinado	0.1	12	6	Tr	Tr						
Café, pó, torrado	8.1	1	1609	1.30	0.5		Tr	Tr	Tr	11.89	Tr
Feijão, carioca, cozido	1.3	2	255	0.19	0.7		0.04	Tr	Tr	Tr	Tr

Legenda: \* as análises estão sendo reavaliadas NA: não aplicável; Tr: traço.

Fonte: Adaptação Tabela TACO

Obs: Os valores da vitamina A estão apresentados na coluna RE

## 5. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentada uma aplicação prática da proposta de resolução do problema de balanceamento nutricional da cesta básica de alimentos por meio da utilização de Programação por Metas, cuja modelagem foi apresentada no capítulo 4.

### 5.1 Definição dos cenários

Como diferentes cenários podem ser gerados com a alteração dos dados de entrada do modelo, a definição dos cenários nesse estudo se baseia nos seguintes questionamentos:

1. Qual preço de uma cesta básica onde todos os objetivos nutricionais são cumpridos?
2. Qual a adequação da cesta básica proposta pelo Decreto Lei nº 399 em relação ao consumo de energia e nutrientes?
3. Com preço da cesta básica, há alguma combinação de alimentos que seja mais adequada em termos nutricionais?

Dessa forma, foram propostos três cenários com o intuito de responder às questões acima:

Cenário 1: Propor uma cesta básica que atenda a todos os objetivos relacionados a energia e nutrientes;

Cenário 2: Analisar a combinação de alimentos da cesta básica estabelecida no Decreto Lei nº 399;

Cenário 3: Propor uma cesta básica que seja financeiramente viável a todos os brasileiros.

### 5.2 Parâmetros do *Solver*

No modelo proposto foi utilizado o método hierárquico, onde os desvios das metas com maior prioridade são minimizados ao máximo, para posteriormente serem considerados os desvios seguintes. Assim, a aplicação de cada meta foi feita de forma semelhante à programação linear, com diferença que o resultado de uma meta de prioridade mais alta entra como restrição na meta de prioridade mais baixa e a função execução é a minimização dos desvios.

O primeiro passo na definição dos parâmetros do *Solver* é escolher a célula de destino do modelo de Programação por Metas. Dessa forma, ela foi definida como a soma dos desvios



de cada meta, obedecendo à ordem estabelecida no item 4.3.3. Além disso, foi feita a seleção para minimização desta célula.

O próximo passo é a seleção das variáveis do modelo, que foram: as quantidades dos alimentos analisados em cada cenário e os desvios positivos e negativos de cada meta.

Por último, as restrições do problema foram estabelecidas de acordo com as inequações mencionadas no item 4.3.2, além da imposição de não negatividade das variáveis.

### 5.3 Resultados do Modelo

A partir dos dados de entrada e definição dos cenários, expostos no item 5.1, foram obtidos os seguintes resultados:

#### a) Cenário 1

O primeiro cenário “propor uma cesta básica que atenda a todos os objetivos relacionados a energia e nutrientes” foi proposto a fim de verificar qual o preço de uma cesta básica ideal.

Numa primeira análise, foi utilizada a programação linear, já que o intuito era determinar uma composição de cesta básica que respeitasse todos os objetivos de energia e nutrientes. Assim, a função execução foi a minimização dos preços dos alimentos e os objetivos de energia e nutrientes entraram como restrições. Desta forma, no *Solver*, a célula de destino foi estabelecida como as somas do produto entre a quantidade dos alimentos e seus respectivos preços. As variáveis do modelo foram as quantidades dos alimentos e as restrições foram as equações 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41.

Para definir os alimentos analisados nesse estudo, foi escolhida a lista de alimentos de primeira necessidade utilizada pelo Procon Fortaleza, e a lista de alimentos funcionais proposta por Pacheco (2011). O conjunto desses alimentos é apresentado na Tabela 8 com seus respectivos preços em reais. Foram consideradas todas as opções de preparação desses alimentos encontrada na tabela TACO, assumindo o mesmo preço.

Tabela 8 - Alimentos analisados no primeiro cenário

Variáveis	Alimentos	Preço de 100g ou 100mL
x <sub>1</sub>	Arroz, tipo 1, cozido	BRL 0.32

X2	Biscoito, doce, maisena	BRL	1.16
X3	Biscoito, salgado, cream cracker	BRL	0.90
X4	Farinha, de milho, amarela	BRL	0.30
X5	Macarrão, trigo, cru, com ovos	BRL	0.52
X6	Pão, trigo, francês	BRL	0.99
X7	Alho, cru	BRL	2.53
X8	Batata, inglesa, sauté	BRL	0.31
X9	Cebola, crua	BRL	0.19
X10	Cebolinha, crua	BRL	2.33
X11	Cenoura, crua	BRL	0.24
X12	Coentro, folhas desidratadas	BRL	0.89
X13	Farinha, de mandioca, torrada	BRL	0.36
X14	Pimentão, verde, cru	BRL	0.46
X15	Tomate, com semente, cru	BRL	0.39
X16	Tomate, extrato	BRL	0.72
X17	Banana, prata, crua	BRL	0.41
X18	Laranja, pêra, crua	BRL	0.29
X19	Margarina, com óleo hidrogenado, com sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
X20	Margarina, com óleo hidrogenado, sem sal (80% de lipídeos)	BRL	1.05
X21	Margarina, com óleo interesterificado, com sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
X22	Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
X23	Óleo, de soja	BRL	0.42
X24	Carne, bovina, contra-filé, com gordura, grelhado	BRL	1.38
X25	Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	BRL	1.38
X26	Carne, bovina, miolo de alcatra, sem gordura, grelhado	BRL	3.18
X27	Frango, inteiro, sem pele, assado	BRL	0.59
X28	Frango, inteiro, sem pele, cozido	BRL	0.59
X29	Leite, de vaca, desnatado, UHT	BRL	0.29
X30	Leite, de vaca, integral	BRL	0.29
X31	Queijo, prato	BRL	2.98
X32	Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10 minutos	BRL	0.76
X33	Ovo, de galinha, inteiro, frito	BRL	0.76
X34	Açúcar, refinado	BRL	0.35
X35	Café, pó, torrado	BRL	2.01
X36	Feijão, carioca, cozido	BRL	1.06
X37	Arroz, integral, cozido	BRL	0.50
X38	Milho, fubá, cru	BRL	0.45
X39	Milho, verde, cru	BRL	0.90
X40	Milho, verde, enlatado, drenado	BRL	1.71
X41	Acelga, crua	BRL	0.41
X42	Berinjela, cozida	BRL	0.65
X43	Berinjela, crua	BRL	0.65
X44	Brócolis, cozido	BRL	1.97
X45	Brócolis, cru	BRL	1.97
X46	Cenoura, cozida	BRL	0.69
X47	Espinafre, Nova Zelândia, cru	BRL	0.92

X48	Espinafre, Nova Zelândia, refogado	BRL	0.92
X49	Repolho, branco, cru	BRL	0.53
X50	Repolho, roxo, cru	BRL	1.44
X51	Repolho, roxo, refogado	BRL	1.44
X52	Limão, galego, suco	BRL	0.65
X53	Limão, tahiti, cru	BRL	0.66
X54	Maçã, Argentina, com casca, crua	BRL	1.22
X55	Maçã, Fuji, com casca, crua	BRL	0.88
X56	Morango, cru	BRL	2.98
X57	Pêssego, Aurora, cru	BRL	2.15
X58	Pêssego, enlatado, em calda	BRL	2.44
X59	Uva, Itália, crua	BRL	0.45
X60	Uva, Rubi, crua	BRL	1.35
X61	Salmão, filé, com pele, fresco, grelhado	BRL	7.04
X62	Salmão, sem pele, fresco, cru	BRL	7.04
X63	Salmão, sem pele, fresco, grelhado	BRL	7.04
X64	Iogurte, natural	BRL	0.22
X65	Iogurte, natural, desnatado	BRL	0.18
X66	Leite, de vaca, desnatado, pó	BRL	4.76
X67	Leite, de vaca, integral, pó	BRL	1.46
X68	Chá, erva-doce, infusão 5%	BRL	16.53
X69	Chá, mate, infusão 5%	BRL	26.47
X70	Chá, preto, infusão 5%	BRL	14.50
X71	Ervilha, em vagem	BRL	1.30
X72	Ervilha, enlatada, drenada	BRL	1.08
X73	Grão-de-bico, cru	BRL	2.25
X74	Lentilha, cozida	BRL	2.06
X75	Soja, farinha	BRL	2.79
X76	Gergelim, semente	BRL	3.74
X77	Linhaça, semente	BRL	5.25
X78	Lagosta	BRL	20.37
X79	Vinho Tinto	BRL	2.16
X80	Gengibre	BRL	1.08
X81	Óleo de Semente de Uva	BRL	26.67
X82	Pimenta Vermelha	BRL	0.90
X83	Salsão	BRL	0.60

Fonte: Autor

A divisão dos alimentos em relação aos grupos da pirâmide alimentar está apresentada na Tabela 9. O café, os chás e o vinho tinto foram considerados como bebida, não se encaixando em nenhum grupo.

Tabela 9 - Divisão dos alimentos nos grupos da pirâmide alimentar

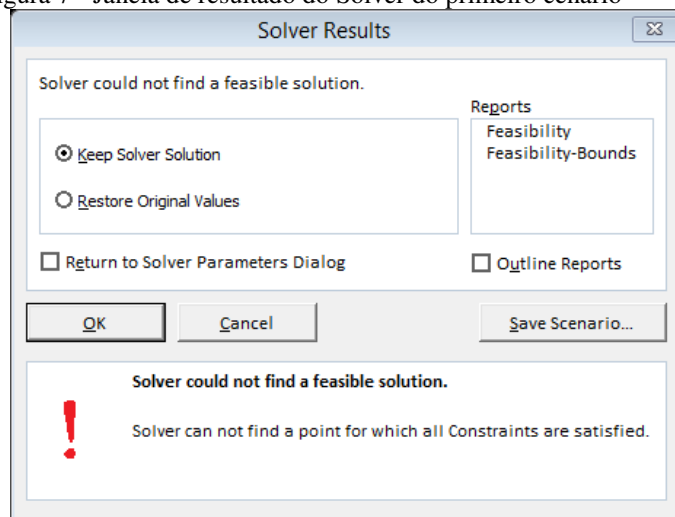
Grupos da Pirâmide Alimentar	Alimentos
------------------------------	-----------

Alimentos Energéticos (arroz, pão, massa, batata, mandioca)	Arroz tipo 1, Arroz Integral, Biscoito doce, Biscoito Salgado, Farinha de Milho amarela, Macarrão de trigo, Pão Francês, Batata inglesa, Farinha de Mandioca, Milho fubá, Milho verde, Milho verde enlatado, Farinha de Soja
Legumes e Verduras	Alho, Batata inglesa, Cebola, Cebolinha, Cenoura, Coentro, Pimentão verde, Tomate, Extrato de tomate, Acelga, Berinjela, Brócolis, Espinafre, Repolho branco, Repolho roxo, Gengibre, Pimenta vermelha, Salsão
Frutas	Banana prata, Laranja pêra, Limão galego, Limão tahiti, Maçã Argentina, Maça Fuji, Morango, Pêssego, Pêssego enlatado em calda, Uva Itália, Uva rubi
Carnes e Ovos	Carne bovina contra-filé, Carne bovina alcatra, Frango inteiro, Ovo de galinha, Salmão, Lagosta
Leite, queijo e iogurte	Leite de vaca desnatado UHT, Leite de vaca integral, Leite de vaca desnatado pó, Leite de vaca integral pó, Queijo prato, Iogurte natural, Iogurte natural desnatado
Feijões	Feijão carioca, Ervilha em vagem, Ervilha enlatada, Grão-de-bico, Lentilha, Semente de gergelim, Semente de linhaça,
Óleos e gorduras	Margarina com óleo hidrogenado com sal (65% de lipídeos), Margarina com óleo hidrogenado sem sal (80% de lipídeos), Margarina com óleo interesterificado com sal (65% de lipídeos), Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeos), Óleo de soja, Óleo de semente de uva
Açúcares e doces	Açúcar refinado

Fonte: Autor

Na resolução do problema, o *Solver* não encontrou nenhuma solução viável onde todas as restrições do problema fossem atendidas, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Janela de resultado do Solver do primeiro cenário



Fonte: Solver

Como não foi possível formular uma cesta básica que atendesse a todos os objetivos de energia e nutrientes utilizando a programação linear, esse mesmo cenário foi avaliado através da abordagem de programação por metas, seguindo o modelo proposto no item 4.3.5.

Dessa forma, no *Solver*, aplicando os parâmetros expostos no item 5.2, foram obtidos os resultados apresentados na Figura 8 em relação à primeira meta, onde a célula destino era a correspondente ao resultado do Desvio Energia.

Figura 8 - Resultado da primeira meta no primeiro cenário

Meta Energia									
	Alimentos Energético	Legumes e Verduras	Frutas	Carnes e Ovos	Leites e Derivados	Feijões	Óleos e Gorduras	Açúcar e Doços	Energia
Total	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	70.83	110.00	1,943.00
Desvio abaixo (η)	-	-	-	-	-	-	2.17	-	-
Desvio acima (ρ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	73.00	110.00	1,943.00
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Meta	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	73.00	110.00	1,943.00
Percentual de Desvio									
Desvio abaixo (η)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%
Desvio acima (ρ)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Desvio Energia</b>	<b>0%</b>								

Fonte: Autor

Na aplicação da segunda meta, os resultados dos desvios da primeira meta foram postos como restrições e a célula destino foi definida como sendo o Desvio Nutrientes, gerando os resultados expostos na Figura 9. O Desvio Nutrientes foi calculado através da soma do desvio de cada nutriente.

Figura 9 - Resultado da segunda meta no primeiro cenário

Meta Nutrientes																				
	Proteína	Lípidos	Colesterol	Carboidrato	Fibra Alimentar	Cálcio	Magnésio	Manganês	Fósforo	Ferro	Sódio	Cobre	Zinco	Vitamina A	Tiamina	Riboflavina	Vitamina B6	Niacina	Vitamina C	Potássio
Total	64.06	59.40	200.00	299.35	30.00	1,000.00	260.00	2.30	1,387.20	13.79	1,500.00	0.90	8.10	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	67.50	2,502.33
Desvio abaixo (η)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,197.67
Desvio acima (ρ)	14.06	-	-	189.35	-	-	-	-	687.20	-	-	-	1.10	-	-	-	-	-	-	22.50
	50.00	59.40	200.00	130.00	30.00	1,000.00	260.00	2.30	700.00	14.00	1,500.00	0.90	7.00	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	45.00	4,700.00
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Meta	50.00	59.40	200.00	130.00	30.00	1,000.00	260.00	2.30	700.00	14.00	1,500.00	0.90	7.00	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	45.00	4,700.00
Percentual de Desvio																				
Desvio abaixo (η)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	47%
Desvio acima (ρ)	28%	0%	0%	130%	0%	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
<b>Desvio Nutrientes</b>	<b>371%</b>																			

Fonte: Autor

Por fim, acrescentando os resultados da segunda meta nas restrições e célula destino sendo o Desvio Preço, obteve-se o preço mínimo de uma cesta básica onde o balanceamento nutricional foi priorizado, apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Resultado da segunda meta no primeiro cenário

Meta Preço	
	Preço
Total	BRL 20.41
Desvio abaixo ( $\eta$ )	BRL -
Desvio acima ( $\rho$ )	BRL 6.55
	BRL 13.86
	=
Meta	BRL 13.86
Percentual de Desvio	
Desvio abaixo ( $\eta$ )	0%
Desvio acima ( $\rho$ )	47%
Desvio Preço	47%

Fonte: Autor

Nas Tabelas 10 e 11 são apresentadas o resumo dos resultados gerados pelo primeiro cenário. Os alimentos que não parecem na Tabela 10 tiveram suas quantidades iguais a zero.

Tabela 10 - Quantidade diária dos alimentos gerada no primeiro cenário

Variáveis	Alimentos	Qtd (g ou mL)
X2	Biscoito, doce, maisena	55.31
X3	Biscoito, salgado, cream cracker	5.61
X6	Pão, trigo, francês	22.47
X11	Cenoura, crua	6.75
X12	Coentro, folhas desidratadas	6.76
X13	Farinha, de mandioca, torrada	97.26
X18	Laranja, pêra, crua	97.08
X23	Óleo, de soja	8.01
X24	Carne, bovina, contra-filé, com gordura, grelhado	32.71
X28	Frango, inteiro, sem pele, cozido	9.42
X31	Queijo, prato	36.35
X32	Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10minutos	11.77
X34	Açúcar, refinado	28.46
X40	Milho, verde, enlatado, drenado	213.40
X58	Pêssego, enlatado, em calda	276.04
X61	Salmão, filé, com pele, fresco, grelhado	28.79
X67	Leite, de vaca, integral, pó	46.15
X68	Chá, erva-doce, infusão 5%	18.41
X70	Chá, preto, infusão 5%	0.00
X72	Ervilha, enlatada, drenada	28.09
X74	Lentilha, cozida	4.37
X77	Linhaça, semente	6.10
X79	Vinho Tinto	2.25
X80	Gengibre	1.15
X82	Pimenta Vermelha	6.57

Fonte: Autor

Tabela 11 - Resumo dos resultados gerados pelo primeiro cenário

Descrição	Valor
-----------	-------

Desvio na meta energia	0%
Desvio na meta nutrientes	371%
Desvio na meta preço	47%
Preço diário da cesta básica	BRL 20.41

Fonte: Autor

## b) Cenário 2

Neste segundo cenário, foram analisados os alimentos da cesta básica da região 2 proposta no Decreto Lei nº 399 mostrado no Quadro 1. Assim,  $x_n$  assume as quantidades de ingestão diária apresentadas na Tabela 12, considerando a unidade de medida em gramas e o mês com 30 dias:

Tabela 12 - Provisões mínimas diárias estipuladas pelo Decreto Lei nº399

Cesta Básica	Qtd (g ou mL)
Carne	150
Leite	200
Feijão	150
Arroz	120
Farinha	100
Batata	0
Legumes (Tomate)	400
Pão Francês	200
Café em Pó	10
Frutas (Banana)	195
Açúcar	100
Banha/Óleo	25
Manteiga	25

Fonte: Autor

Foi considerado que uma banana pesa 65g. Além disso, como a lista da cesta básica não especifica qual carne, farinha, manteiga e leite devem ser utilizados, foram considerados os alimentos que haviam sido realizados na pesquisa de preço pelo Procon Fortaleza juntamente com as opções apresentadas na tabela TACO. Por exemplo, a pesquisa de preço traz o preço do leite tipo C, sem especificar se é desnatado ou integral, então, como na tabela TACO havia as duas opções, foi decidido avaliar os dois leites, considerando preços iguais. O mesmo ocorreu com a manteiga, que na pesquisa foi substituída pela margarina. Já no caso da carne e da farinha, foram consideradas todas as opções que haviam sido feitas na precificação. Assim, utilizando a tabela TACO, foram analisados os alimentos mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Lista de alimentos analisados no segundo cenário

Variáveis	Alimentos	Preço de 100g ou 100mL	
X1	Arroz, tipo 1, cozido	BRL	0.32
X4	Farinha, de milho, amarela	BRL	0.30
X6	Pão, trigo, francês	BRL	0.99
X8	Batata, inglesa, sauté	BRL	0.31
X13	Farinha, de mandioca, torrada	BRL	0.36
X15	Tomate, com semente, cru	BRL	0.39
X17	Banana, prata, crua	BRL	0.41
X19	Margarina, com óleo hidrogenado, com sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
X20	Margarina, com óleo hidrogenado, sem sal (80% de lipídeos)	BRL	1.05
X21	Margarina, com óleo interesterificado, com sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
X22	Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeos)	BRL	1.05
X23	Óleo, de soja	BRL	0.42
X24	Carne, bovina, contra-filé, com gordura, grelhado	BRL	1.38
X25	Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	BRL	1.38
X26	Carne, bovina, miolo de alcatra, sem gordura, grelhado	BRL	3.18
X27	Frango, inteiro, sem pele, assado	BRL	0.59
X28	Frango, inteiro, sem pele, cozido	BRL	0.59
X29	Leite, de vaca, desnatado, UHT	BRL	0.29
X30	Leite, de vaca, integral	BRL	0.29
X34	Açúcar, refinado	BRL	0.35
X35	Café, pó, torrado	BRL	2.01
X36	Feijão, carioca, cozido	BRL	1.06

Fonte: Autor

Com essa lista de alimentos e suas quantidades, foi verificada a adequação nutricional desses alimentos segundo as metas estabelecidas no capítulo 4. Para realizar essa análise, foram inseridos no *Solver* os parâmetros explicados no item 5.2.

Assim, na aplicação da primeira meta, a de “atender às necessidades energéticas indicadas na pirâmide alimentar”, onde a célula destino foi o Desvio Energia, foram obtidos os resultados apresentados na Figura 11.

Figura 11 - Resultado da primeira meta no segundo cenário



Meta Energia									
	Alimentos Enérgeticos	Legumes e Verduras	Frutas	Carnes e Ovos	Leites e Derivados	Feijões	Óleos e Gorduras	Açúcar e Doces	Energia
Total	1,104.12	61.34	191.59	260.54	-	114.64	369.28	428.44	2,529.94
Desvio abaixo (η)	-	-	18.41	-	360.00	-	-	-	-
Desvio acima (ρ)	204.12	16.34	-	70.54	-	59.64	296.28	318.44	586.94
	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	73.00	110.00	1,943.00
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Meta	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	73.00	110.00	1,943.00
Percentual de Desvio									
Desvio abaixo (η)	0%	0%	9%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Desvio acima (ρ)	23%	36%	0%	37%	0%	108%	406%	289%	30%
Desvio Energia 1039%									

Fonte: Autor

Ao aplicar a segunda meta, a de “atender aos valores de ingestão diária recomendada de nutrientes”, colocando os resultados dos desvios positivos e negativos da primeira meta como restrições e a célula destino sendo o Desvio Nutrientes, o *Solver* não conseguiu otimizar ainda mais os desvios relacionados à meta de nutrientes, mantendo os mesmos valores já estabelecidos na primeira meta, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Resultado da segunda meta no segundo cenário

Meta Nutrientes																				
	Proteína	Lipídeos	Colesterol	Carboidrato	Fibra Alimentar	Cálcio	Magnésio	Manganês	Fósforo	Ferro	Sódio	Cobre	Zinco	Vitamina A	Tiamina	Riboflavina	Vitamina B6	Niacina	Vitamina C	Potássio
Total	81.73	62.59	156.53	419.72	38.54	414.09	299.70	3.05	1,039.54	10.00	1,549.03	1.32	8.10	297.21	1.76	1.94	1.78	26.41	126.95	3,138.17
Desvio abaixo (η)	-	-	43.47	-	-	585.91	-	-	-	4.00	-	-	-	302.79	-	-	-	-	-	1,561.83
Desvio acima (ρ)	31.73	3.19	-	289.72	8.54	-	39.70	0.75	339.54	-	49.03	0.42	1.10	-	0.56	0.64	0.48	10.41	81.95	-
	50.00	59.40	200.00	130.00	30.00	1,000.00	260.00	2.30	700.00	14.00	1,500.00	0.90	7.00	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	45.00	4,700.00
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Meta	50.00	59.40	200.00	130.00	30.00	1,000.00	260.00	2.30	700.00	14.00	1,500.00	0.90	7.00	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	45.00	4,700.00
Percentual de Desvio																				
Abaixo (η)	0%	0%	22%	0%	0%	59%	0%	0%	0%	29%	0%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	33%
Acima (ρ)	63%	5%	0%	223%	28%	0%	15%	32%	49%	0%	3%	47%	16%	0%	47%	49%	37%	65%	182%	0%
Desvio Nutrientes 1033%																				

Fonte: Autor

O mesmo comportamento ocorreu na aplicação da terceira meta, a de “assegurar um preço acessível à população brasileira”. No *Solver*, foram acrescentados os resultados dos desvios positivos e negativos da segunda meta nas restrições e a célula destino foi o Desvio Preço. A Figura 13 mostra o resultado final dessa meta.

Figura 13 - Resultado da terceira meta no segundo cenário

Meta Preço	
	Preço
Total	BRL 9.15
Desvio abaixo ( $\eta$ )	BRL 4.71
Desvio acima ( $\rho$ )	BRL -
	BRL 13.86
	=
Meta	BRL 13.86
Percentual de Desvio	
Desvio abaixo ( $\eta$ )	34%
Desvio acima ( $\rho$ )	0%
<b>Desvio Preço</b>	<b>0%</b>

Fonte: Autor

O desvio abaixo do preço pode ser justificado pela falta de definição exata de alguns itens alimentícios listados na cesta básica, levando à conclusão de que há possibilidades de barateá-la caso a precificação da cesta básica leve em consideração apenas a pesquisa de preço realizada pelo Procon Fortaleza nos supermercados.

A relação dos alimentos e suas quantidades ficou de acordo com o mostrado na Tabela 14.

Tabela 14 - Quantidades diárias dos alimentos geradas no segundo cenário

Variáveis	Alimentos	Qtd (g ou mL)
x <sub>1</sub>	Arroz, tipo 1, cozido	120
x <sub>4</sub>	Farinha, de milho, amarela	100
x <sub>6</sub>	Pão, trigo, francês	200
x <sub>15</sub>	Tomate, com semente, cru	400
x <sub>17</sub>	Banana, prata, crua	195
x <sub>22</sub>	Margarina, com óleo interesterificado, sem sal (65% de lipídeos)	25
x <sub>23</sub>	Óleo, de soja	25
x <sub>25</sub>	Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	21.26
x <sub>28</sub>	Frango, inteiro, sem pele, cozido	128.74
x <sub>29</sub>	Leite, de vaca, desnatado, UHT	200
x <sub>34</sub>	Açúcar, refinado	100
x <sub>35</sub>	Café, pó, torrado	10
x <sub>36</sub>	Feijão, carioca, cozido	150

Fonte: Autor

A Tabela 15 apresenta o resumo dos desvios gerados no segundo cenário.

Tabela 15 - Resumo dos resultados gerados pelo segundo cenário

Descrição	Valor
Desvio na meta energia	1039%

Desvio na meta nutrientes	1033%
Desvio na meta preço	34%
Preço diário da cesta básica	BRL 9.15

Fonte: Autor

### c) Cenário 3

Vendo os enormes desvios da atual cesta básica mostrados no segundo cenário, o terceiro cenário foi gerado com o objetivo de propor uma cesta básica que se aproxime mais das metas definidas no capítulo 4, sendo financeiramente viável aos brasileiros.

Dessa forma, no *Solver*, o preço entrou como restrição, onde a soma total dos preços dos alimentos foi imposta ser igual ao preço diário da cesta básica, R\$13,86.

Utilizando os parâmetros no *Solver* descritos no item 5.2 com a adição da restrição do preço, foram analisados os alimentos apresentados na Tabela 7. Na imposição da primeira meta, foram obtidos os resultados mostrados na Figura 14.

Figura 14 - Resultado da primeira meta no terceiro cenário

Meta Energia									
	Alimentos Energético	Legumes e Verduras	Frutas	Carnes e Ovos	Leites e Derivados	Feijões	Óleos e Gorduras	Açúcar e Doces	Energia
Total	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	73.00	110.00	1,943.00
Desvio abaixo (n)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvio acima (p)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	73.00	110.00	1,943.00
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Meta	900.00	45.00	210.00	190.00	360.00	55.00	73.00	110.00	1,943.00
<b>Percentual de Desvio</b>									
Desvio abaixo (n)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Desvio acima (p)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Desvio Energia</b>	<b>0%</b>								

Fonte: Autor

O resultado da segunda meta, onde foram acrescentados os resultados dos desvios da primeira meta como restrição e a célula destino sendo o Desvio Nutrientes, está exposto na Figura 15.

Figura 15 - Resultado da segunda meta no terceiro cenário

Meta Nutrientes																				
	Proteína	Lipídeos	Colesterol	Carboidrato	Fibra Alimentar	Cálcio	Magnésio	Manganês	Fósforo	Ferro	Sódio	Cobre	Zinco	Vitamina A	Tiamina	Riboflavina	Vitamina B6	Niacina	Vitamina C	Potássio
Total	65.77	59.40	200.00	297.56	30.00	1,000.00	260.00	2.30	1,369.75	12.80	1,500.00	0.90	8.10	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	67.50	2,528.59
Desvio abaixo (n)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,171.41
Desvio acima (p)	15.77	-	-	167.56	-	-	-	-	669.75	-	-	-	1.10	-	-	-	-	-	-	22.50
	50.00	59.40	200.00	130.00	30.00	1,000.00	260.00	2.30	700.00	14.00	1,500.00	0.90	7.00	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	45.00	4,700.00
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Meta	50.00	59.40	200.00	130.00	30.00	1,000.00	260.00	2.30	700.00	14.00	1,500.00	0.90	7.00	600.00	1.20	1.30	1.30	16.00	45.00	4,700.00
<b>Percentual de Desvio</b>																				
Desvio abaixo (n)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	46%
Desvio acima (p)	32%	0%	0%	129%	0%	0%	0%	0%	96%	0%	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%
<b>Desvio Nutrientes</b>	<b>377%</b>																			

Fonte: Autor

A terceira meta, relacionada ao custo dos alimentos, não foi aplicada, pois o preço total dos alimentos já havia entrado nas restrições do problema. A Tabela 16 mostra as quantidades finais dos alimentos gerados neste cenário e a Tabela 17 o resumo dos resultados.

Tabela 16 - Quantidade diária dos alimentos gerada no terceiro cenário

Variáveis	Alimentos	Qtd (g ou mL)
X <sub>2</sub>	Biscoito, doce, maisena	59.45
X <sub>3</sub>	Biscoito, salgado, cream cracker	24.76
X <sub>6</sub>	Pão, trigo, francês	23.53
X <sub>11</sub>	Cenoura, crua	10.00
X <sub>12</sub>	Coentro, folhas desidratadas	6.01
X <sub>13</sub>	Farinha, de mandioca, torrada	87.58
X <sub>17</sub>	Banana, prata, crua	24.10
X <sub>18</sub>	Laranja, pêra, crua	85.83
X <sub>19</sub>	Margarina, com óleo hidrogenado, com sal (65% de lipídeos)	12.25
X <sub>24</sub>	Carne, bovina, contra-filé, com gordura, grelhado	36.90
X <sub>28</sub>	Frango, inteiro, sem pele, cozido	21.47
X <sub>31</sub>	Queijo, prato	35.70
X <sub>32</sub>	Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10minutos	9.82
X <sub>34</sub>	Açúcar, refinado	28.46
X <sub>36</sub>	Feijão, carioca, cozido	69.09
X <sub>40</sub>	Milho, verde, enlatado, drenado	142.90
X <sub>47</sub>	Espinafre, Nova Zelândia, cru	6.49
X <sub>54</sub>	Maçã, Argentina, com casca, crua	95.96
X <sub>58</sub>	Pêssego, enlatado, em calda	150.06
X <sub>61</sub>	Salmão, filé, com pele, fresco, grelhado	15.95
X <sub>64</sub>	Iogurte, natural	18.43
X <sub>67</sub>	Leite, de vaca, integral, pó	44.70
X <sub>77</sub>	Linhaça, semente	0.44
X <sub>82</sub>	Pimenta Vermelha	6.91

Fonte: Autor

Tabela 17 - Resumo dos resultados gerados pelo terceiro cenário

Descrição	Valor
Desvio na meta energia	0%
Desvio na meta nutrientes	377%
Preço diário da cesta básica	BRL 13.86

Fonte: Autor

## 5.4 Comparação de resultados

A Tabela 18 traz um resumo dos principais resultados obtidos em cada cenário gerado na análise do problema.

Tabela 18 - Resumo dos resultados gerados pelos três cenários

Descrição	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Desvio na meta energia	0%	1039%	0%
Desvio na meta nutrientes	371%	1033%	377%
Desvio na meta preço	47%	34%	-
Preço por dia da cesta básica	BRL 20.41	BRL 9.15	BRL 13.86

Fonte: Autor

Como pode ser observado no cenário 3, com o preço da cesta básica proposta no Decreto Lei nº 399 é possível montar uma dieta onde os objetivos nutricionais sejam sensivelmente mais próximos de serem atingidos. Além disso, analisando os resultados dos desvios da meta de energia do segundo cenário, nota-se que essa combinação de alimento resulta num consumo calórico de 2529.94Kcal, contra os 1943Kcal indicado pela pirâmide alimentar, causados principalmente pelo excesso no grupo dos óleos/gorduras e açúcares/doces. Esse fato fortalece a necessidade de atualização da cesta básica brasileira, haja vista o crescente índice de obesidade e doenças crônicas relacionada ao excesso de consumo de alimentar da população brasileira, como comentado no item 2.3.

Outro ponto importante é o fato de, com os alimentos analisados nesse estudo, a diferença entre os desvios na meta nutrientes da cesta básica ideal, proposta no primeiro cenário, e da cesta básica considerada economicamente viável aos brasileiros, mostrada no terceiro cenário, é de apenas 6%. Já em relação ao custo, a composição dos alimentos do primeiro cenário é 47% mais cara, podendo ter um impacto significativo na renda familiar. Então, dentre os cenários analisados, a proposta de cesta básica que mais se adequa à realidade da população brasileira, sem apresentar grandes desvios nas metas nutricionais, é a combinação alimentar gerada no cenário 3.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver um modelo de Programação por Metas, como apoio à resolução do problema de balanceamento nutricional da cesta básica de alimentos, para analisar a atual cesta básica e novas combinações alimentares.

O modelo proposto foi aplicado em estudo de caso utilizando os dados referentes à cidade de Fortaleza, no Ceará, tanto em relação aos preços dos alimentos quanto à cesta básica definida para o estado do Ceará no Decreto Lei nº399. Com isso, foram gerados três cenários, a partir dos quais foram obtidos os seguintes resultados:

No primeiro cenário, foi utilizada a programação linear a fim de encontrar uma combinação alimentar em que todos os objetivos fosse atingidos, tendo como função execução a minimização dos custos dos alimentos. No entanto, o Solver não encontrou nenhuma solução onde todos os objetivos fossem atingidos. Diante dessa impossibilidade, foi aplicado o método de Programação por Metas, em que a função execução foi definida como sendo a minimização dos desvios e os objetivos foram substituídos pelas metas. Daí encontrou-se a composição da cesta básica onde o balanceamento nutricional foi priorizado, tendo um custo final de R\$20,41.

No segundo cenário, o modelo de Programação por Metas foi aplicado na atual cesta básica definida por lei para o estado do Ceará. Foram verificados grandes desvios das metas de energia e nutrientes, evidenciando a inadequação dessa combinação alimentar para os atuais hábitos da população brasileira.

No terceiro cenário foi fixado o preço total dos alimentos como igual ao da cesta básica, a fim de encontrar uma combinação de alimentos que otimize o balanceamento nutricional tendo como restrição o custo atual da cesta básica. Pôde-se observar uma sensível redução dos desvios relacionados às metas de energia e nutrição, quando comparado com os resultados obtidos no segundo cenário.

Diante desses resultados, pode-se concluir que o modelo proposto possibilita que o tomador de decisão gere diferentes cenários visando a otimização de metas conflitantes, auxiliando-o a encontrar uma combinação de alimentos que melhor atenda às necessidades da população.

A aplicação do método de Programação por Metas à resolução do problema de balanceamento nutricional se apresentou como uma boa estratégia, por ter possibilitado a investigação do comportamento de diversos nutrientes frente aos parâmetros estabelecidos. Além da flexibilidade de não inviabilizar a solução quando uma das metas não é atingida.

Uma das dificuldades encontrada durante a realização deste trabalho foi a obtenção de uma lista mais completa das composições nutricionais dos alimentos, obrigando a análise dos nutrientes ficar restrita à lista mostrada na Tabela 4, além do fato de alguns dados da tabela TACO estarem sendo reavaliados, fazendo com que algumas composições de certos alimentos estivessem sem valores definidos. Outra limitação foi a realização da precificação de todos os alimentos seguindo as regras impostas pelo DIEESE (2009).

Objetivando a realização de futuras pesquisas e a complementação do trabalho, propõe-se a aplicação do modelo utilizando uma lista mais vasta de alimentos, considerando mais nutrientes como parâmetros de avaliação. Também pode-se sugerir a realização de um estudo para adequar a cesta básica sugerida aos costumes dos brasileiros, tornando as refeições mais palatáveis. Vale ressaltar que o modelo também pode ser utilizado para gerar dietas para grupos de indivíduos com cuidados nutricionais específicos a partir da alteração dos níveis de aspiração dos nutrientes.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, A.M.; EARLE, M.D. **Diet planning in the third world by Linear and Goal Programming**. Journal of the Operational Research Society, vol. 34, p. 9–16, 1983.

BRASIL. ministério da saúde. secretaria de atenção à saúde. departamento de atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira** / ministério da saúde, secretaria de atenção à saúde, departamento de atenção Básica. – 2. ed. – Brasília : ministério da saúde, 2014.

CARVALHO, J.A.; SANTOS, C.S.S.; CARVALHO, M.P.; SOUZA, L.S. O alimento como rémido: considerações sobre o uso dos alimentos funcionais. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v.6, n.4, Pub. 1, out, 2013.

CUPPARI, L. **Guia de nutrição: nutrição clínica no adulto**. 2. Ed. São Paulo:Monole; 2005. p. 47-54

DIEESE. Nota à imprensa: Custo da Cesta Básica tem comportamento diferenciado nas capitais pesquisadas. 6 out. 2016. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/analisecestabasica/2016/201609cestabasica.pdf>>. Acessado em: 10 nov. 2016.

DIEESE. Metodologia da Cesta Básica de Alimentos. 2009. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/metodologia/metodologiaCestaBasica.pdf>>. Acessado em: 10 nov. 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.  
GOZZOLINO, S.; **Nutracêuticos? O que significa**. ABESO, n. 55/5, Fev. 2012. Disponível em < <http://www.abeso.org.br/pdf/revista55/artigo.pdf> > Acessado em: 26 out. 2016.

GUERREIRO, J., MAGALHÃES, A., RAMALHETE, M.; **Programação Linear**, v.2 – Torreres Vedras: McGraw-Hill de Portugal, 1990.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Washington (DC): National Academy Press; 2005.

HILLIER, Frederick.S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa**; tradução Ariovaldo Griesi; revisão técnica Pierre J. Ehrlich. 9 ed. – Porto Alegre: AMGH, 2013.

LEE, Amy H.i.; KANG, He-yau; CHANG, Ching-ter. **Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers**. Expert Systems With Applications 36, 2009.

MARANHÃO, Francisco José Coelho. **A exploração de gás natural em Mexilhão: análise multicritério pelo método Todim**. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Administração, Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2006.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à Pesquisa Operacional** / Fernando Augusto Silva Marins. –São Paulo : Cultura Acadêmica : Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.



MORAES, Fernanda P.; COLLA, Luciane M. **Revista Eletrônica de Farmácia** Vol 3 (2), 2006. p. 99-112.

MORAIS NETO, Gregório Coelho. **Sistema Decisório Interativo de Alocação de Fluxo de Cargas**. 1988. 168 f. – Curso de Pós Graduação em Sistemas e Computação, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1988.

NORANHA, Ananias. Fome crônica de cidadania. *Radis Comunicação em Saúde*, Rio de Janeiro, n. 8, 2003. p 10 – 28. Disponível em <[http://www6.ensp.fiocruz.br/radis/sites/default/files/radis\\_08.pdf](http://www6.ensp.fiocruz.br/radis/sites/default/files/radis_08.pdf)> Acessado em: 6 set. 2016.

NOGUEIRA, Clóvinel. Funcionais e Nutracêuticos. **Revista Funcionais & Nutracêuticos** Vol 0. Ed. Insumo; 2007. p 19 – 25.

PACHECO, Manuela.; **Tabela de equivalentes, medidas caseiras e composição química dos alimentos** / Manuela Pacheco. – 2. Ed. – Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2011.

PADOVANI, R.M.; AMAYA-FARFÁN, J.; DOMENE, S.M. A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Rev. Nutr.**, Campinas, nov/dez., 2006, Vol 19 (6). p. 741-760.

PASSOS, K.E.; BERNARDI, J.R.; MENDES, K.G. Análise da composição nutricional da Cesta Básica brasileira. **Ciência & Saúde Coletiva**, 2014, Vol 19(5). p. 1623-1630.

PHILLIPI, Sonia Tucunduva. **Redesenho da piramide alimentar brasileira para uma alimentação saudável**, 2013.

SILVA, Edna Lúcia da.; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 Ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPAUNICAMP,2011.161 p.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral** / Hamdy A. Taha; tradução Arlete Simille Marques; revisão técnica Rodrigo Arnaldo Scarpel. – 8. Ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TSOUKIAS,Alexis. **Concepts et Méthodes pour l'Aide à la Décision**, chapter De la théorie de la décision à l'aide à la décision, pages 25-69. Hermes, 2006.

ULIANA, Aline de Pinho; **Utilização de programação por metas como auxílio à tomada de decisão na distribuição de gás natural**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2010.

VASCONCELOS, Francisco de Assis Guedes. Combate à fome no Brasil: uma análise histórica de Vargas a Lula. **Rev Nutr** 2007; 18(4):439-457.

VIDAL, A. M. et al. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Cadernos de Graduação**. v. 1, n.15, p. 43-52, out. Aracaju, 2012.

WINSTON, Wayne L. **Operations Research: Applications and Algorithms**. 4a ed. Duxbury Press, 2004.

**APÊNDICE A – PESQUISA DE PREÇO DA LISTA DE ALIMENTOS FUNCIONAIS  
PROPOSTA POR PACHECO (2011) REALIZADA NOS DIAS 08, 09 e 10 DE  
NOVEMBRO DE 2016**

Alimento	Especificação	Pão de Açúcar Dionisio Torres (100g)	São Luis Papicu (100g)	HiperBompreço Parreão (100g)	Média (100g)
Arroz integral	Marca Camil	R\$ 5.45	R\$ 4.95	R\$ R\$ 4.74	R\$ 5.05
Milho, fubá	Marca Yoki	-	R\$ 5.66	R\$ R\$ 3.36	R\$ 4.51
Milho verde	Marca Fugini	-	R\$ 8.95	R\$ 8.98	R\$ 8.97
Milho verde enlatado	Marca Bonduelle	R\$ 10.75	R\$ 15.75	R\$ 24.93	R\$ 17.14
Acelga		R\$ 8.05	R\$ 2.19	R\$ 2.18	R\$ 4.14
Berinjela		R\$ 6.75	R\$ 6.25	-	R\$ 6.50
Brócolis		R\$ 16.9	-	R\$ 22.4	R\$ 19.65
Cenoura		R\$ 8.98	R\$ 9.25	R\$ 2.48	R\$ 6.90
Espinafre		R\$ 9.3	R\$ 9	-	R\$ 9.15
Repolho, branco		R\$ 5.99	-	R\$ 4.58	R\$ 5.29
Repolho	Roxo	R\$ 10.9	R\$ 22.4	R\$ 9.98	R\$ 14.43
Limão	Galego	R\$ 6.99	R\$ 5.99	-	R\$ 6.49
Limão	Tahiti	R\$ 5.99	R\$ 6.75	R\$ 6.97	R\$ 6.57
Maçã	Argentina	R\$ 8.99	-	R\$ 15.44	R\$ 12.22
Maçã	Fuji	R\$ 8.99	R\$ 10.79	R\$ 6.68	R\$ 8.82
Morango		-	-	R\$ 29.75	R\$ 29.75
Pêssego		-	R\$ 19.98	R\$ 22.98	R\$ 21.48
Pêssego enlatado em calda	Marca Olé	-	R\$ 24.42	-	R\$ 24.42
Uva	Itália	R\$ 8.99	-	-	R\$ 4.50
Uva	Rubi	R\$ 8.99	R\$ 15.45	R\$ 15.96	R\$ 13.47
Salmão	Filé	R\$ 48.9	R\$ 62.4	R\$ 99.96	R\$ 70.42
Iogurte natural	Marca Vigor	R\$ 1.99	R\$ 2.49	-	R\$ 2.24
Iogurte natural desnatado	Marca Betânia	R\$ 1.95	R\$ 1.59	R\$ 1.88	R\$ 1.81
Leite de vaca desnatado pó	Marca Molico	R\$ 41.67	-	R\$ 53.5	R\$ 47.59
Leite de vaca integral pó	Marca Nestlé	R\$ 13.9	R\$ 13.9	R\$ 15.98	R\$ 14.59
Chá, erva-doce, infusão 5%	Marca Marata	R\$ 147.5	R\$ 209.5	R\$ 139	R\$ 165.33
Chá mate	Marca Dr. Oetken	R\$ 195.11	R\$ 427	R\$ 172	R\$ 264.70
Chá preto	Marca Lintea	R\$ 129.44	R\$ 160.55	-	R\$ 145.00
Ervilha	Marca Yoki	R\$ 10.9	R\$ 15.2	R\$ 12.76	R\$ 12.95
Ervilha enlatada drenada	Marca Quero	R\$ 10.75	-	-	R\$ 10.75
Grão-de-bico	Marca Yoki	R\$ 17.5	R\$ 27.5	-	R\$ 22.50
Lentilha	Marca Yoki	R\$ 16.5	R\$ 24.49	R\$ 20.76	R\$ 20.58
Farinha de Soja	Marca Mãe Terra	R\$ 26.45	R\$ 24.49	R\$ 32.9	R\$ 27.95
Semente de gergelim	Marca Ceifeiro	R\$ 41	R\$ 33.88	-	R\$ 37.44
Semente de linhaça	Marca Ceifeiro	R\$ 71.6	R\$ 33.36	-	R\$ 52.48
Lagosta		-	R\$ 203.7	-	R\$ 203.70
Vinho	Quinta do Morgado	R\$ 17.2	R\$ 21.99	R\$ 29.33	R\$ 22.84

Gengibre		10	5.35	16.98	10.78
Óleo de Semente	Marca Bio Essência	-	-	-	266.67 <sup>1</sup>
Pimenta Vermelha		-	8.99	-	8.99
Salsão	Marca Bio Essência	-	5.99	-	5.99

Fonte: Autor

<sup>1</sup>Preço retirado do site <https://www.natue.com.br/> no dia 10 de novembro de 2016