

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

PLANEJAMENTO DE CARDÁPIOS CONSIDERANDO
MAXIMIZAÇÃO DE PREFERÊNCIAS



DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
ENGENHARIA

LIA CAETANO BASTOS

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
JANEIRO - 1987

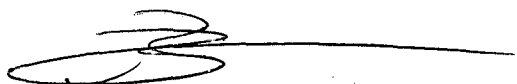
PLANEJAMENTO DE CARDÁPIOS CONSIDERANDO
MAXIMIZAÇÃO DE PREFERÊNCIAS

LIA CAETANO BASTOS

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

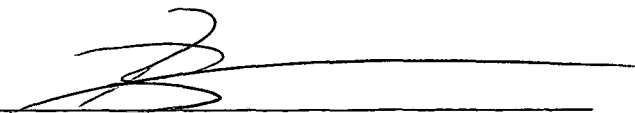
"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM
SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Presidente



Prof. Raul Valentin da Silva, M.Sc.



Prof. Álvaro Guilherme Rojas Lezana, M.Sc.



Ao Rogério
A minha família

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus agradecimentos às seguintes pessoas:

- Ao Prof. Ricardo Miranda Barcia, pelo apoio, brilhante orientação e sobretudo pela amizade e compreensão demonstrada durante a elaboração deste trabalho;

- Ao Rogério pelo apoio incansável em todos os momentos, pelas sugestões e pelo reanimar a cada instante;

- Ao prof. Sergio F. Mayerle, por suas sugestões e pela co-orientação dada no transcorrer do trabalho;

- Aos professores integrantes da Banca Examinadora, pelos comentários e sugestões, que permitiram aperfeiçoar o trabalho;

- Às professoras Marcia, Rossana e Emília do Departamento de Nutrição da UFSC pelo apoio prestado;

- Aos meus irmãos, pela ajuda;

- A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho visa o estabelecimento de um cardápio planejado segundo as preferências alimentares de indivíduos. O problema clássico de programação linear da dieta é abordado, considerando-se, no trabalho, que a maximização da preferência deve ser atingida.

O trabalho, desenvolvido em quatro etapas, constitui-se de uma busca de uma função de preferência, o estabelecimento das frequências com que os pratos devem ser servidos dentro de um horizonte de planejamento, a alocação dos pratos dentro dos dias que compreendem o horizonte de planejamento e uma aplicação prática.

A aplicação prática refere-se ao planejamento de um cardápio para um período de quinze dias para o Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina.

ABSTRACT

This work aims to establish a menu planning tool in which preferences are maximized.

The classical linear programming diet problem is analyzed. It is shown that preference maximization shall be considered when dealing with this class of problems.

This work is divided in four steps; at first, a preference function is determined; following it, frequencies on which dishes have to be served during a planning period are shown; next an allocation procedure which allows to schedule dishes for a certain planning period is presented.

Finally, a practical application regarding an university restaurant is developed. The results concerning this application are shown and suggestions for further application are made.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
CAPÍTULO I	
1. Introdução.....	001
1.1. Objetivos do Trabalho.....	001
1.2. Importância do Trabalho.....	002
1.3. Organização do Trabalho.....	003
1.4. Limitações do Trabalho.....	004
CAPÍTULO II	
2. Modelagens de Cardápio.....	006
2.1. Introdução.....	006
2.2. O Modelo de Dantzig.....	006
2.3. O Problema da Dieta e os Hábitos Alimentares....	007
2.4. Modelo para Maximização da Preferência de Balintfy.....	009
2.4.1. O Problema da Maximização de Preferência.	009
2.4.2. Alocação dos Itens dentro do Horizonte de Planejamento.....	013
2.5. Conclusões.....	015
CAPÍTULO III	
3. Modelagem da Função de Preferência.....	017
3.1. Modelagem de Hábitos Alimentares; Busca da Função de Preferência.....	017

	Pág.
3.2. Função de Preferência.....	022
3.3. Propriedades e Características da Função $h(t)$...	022
3.4. As Funções $G(t)$ e $G(v)$ no modelo de Balintfy....	025
3.5. Estimativas dos Parâmetros de $g(t)$ e $f(t)$	027
3.5.1. Método de Estimação Multiponto (MEMP)....	027
3.5.2. Método de Estimação a Três Pontos (METP).	028
3.5.3. Método de Estimação a Dois Pontos (MEDP).	029
3.6. Conclusões.....	031

CAPÍTULO IV

4. Determinação das Funções de Preferência para os Pratos Servidos no RU da UFSC.....	032
4.1. Introdução.....	032
4.2. Obtenção dos Dados sobre as Preferências dos Pratos Servidos no RU.....	032
4.3. Funções de Preferência para os Pratos Servidos no RU.....	035
4.4. Análise das Funções de Preferência Encontradas..	035

CAPÍTULO V

5. Cardápios Planejados com Maximização de Preferências..	038
5.1. Introdução.....	038
5.2. Modelo para a Determinação das Frequências Ótimas.....	038
5.3. O Problema da Alocação dos Itens Principais.....	043
5.4. Alocação dos Itens Não Principais.....	047

	Pág.
CAPÍTULO VI	
6. Um Cardápio Planejado para o Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina.....	049
6.1. Introdução.....	049
6.2. Frequências Ótimas para o RU.....	052
6.3. Análise dos Resultados Obtidos para o Problema da Frequência Ótima.....	056
6.3.1. O Modelo e as Variáveis Adicionais.....	056
6.4. Alocação dos Pratos Principais.....	060
6.5. Alocação dos Pratos Não Principais.....	062
6.6. Análise dos Resultados Obtidos para o Problema da Alocação dos Pratos Não Principais.....	065
6.6.1. O Modelo de Alocação e as Variáveis Adicionais.....	065
CAPÍTULO VII	
7. Conclusões e Recomendações.....	074
7.1. Conclusões.....	074
7.2. Recomendações para Futuros Trabalhos.....	075
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	077
ANEXOS:	
ANEXO I - Questionário Aplicado.....	080

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
FIGURA 1 - Curvas $f(t)$, $g(t)$ e $h(t)$ para $a=90,67$; $b=67,14$; $c=00884$ e $r=0.376$	024
FIGURA 2 - Linearização de $g(y)$ proposta por Balintfy.....	039
FIGURA 3 - Linearização de $g(y)$ adotada.....	040

LISTA DE TABELAS

	Pg
TABELA 1 - Pratos servidos no RU da UFSC - 1986.....	034
TABELA 2 - Coeficientes das Funções de Preferência para os Pratos Servidos no RU.....	037
TABELA 3 - Itens Relativos às Carnes.....	051
TABELA 4 - Itens Relativos às Saladas.....	051
TABELA 5 - Itens Relativos aos Acompanhamentos.....	051
TABELA 6 - Itens Relativos às Sobremesas.....	051
TABELA 7 - Freqüências Ótimas Obtidas para a Solução Linear e Freqüências Inteiras Adotadas.....	055
TABELA 8 - Variáveis Adicionais para o Problema da Freqüência Ótima.....	057
TABELA 9 - Valores das Variáveis Adicionais nas Soluções Li- near e Inteira Adotada. Valores das Variáveis de Folga (Solução Inteira).....	058
TABELA 10- Pratos Principais Distribuídos dentro do Horizonte de Planejamento.....	061
TABELA 11- Limites das Restrições de Requecimentos Nutricio- nais e de Custos do Modelo para Alocação dos Pra- tos Não Principais.....	064
TABELA 12- Cardápio para o RU no qual a Preferência dos Usuá- rios é Maximizada.....	066
TABELA 13- Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Custos.....	067

Pg.

TABELA 14 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Calorias.....	068
TABELA 15 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Proteínas.....	069
TABELA 16 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Lipídeos.....	070
TABELA 17 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Glicídeos.....	071
TABELA 18 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de "soma".....	072

CAPÍTULO I

1. Introdução:

1.1. Objetivos do Trabalho:

O trabalho desenvolvido tem como objetivo básico o estabelecimento de um cardápio planejado, no qual sejam maximizadas as preferências alimentares de indivíduos.

É ainda objetivo específico deste trabalho apresentar técnicas que permitam:

- a) avaliar e analisar as preferências sobre determinados tipos de alimentos e refeições;
- b) determinar as frequências ótimas com que alimentos devam ser servidos de modo que seja maximizada a preferência pelos mesmos;
- c) estabelecer, a partir das frequências ótimas referidas acima, a alocação ao longo do tempo dos itens que maximizam a preferência respeitando requerimentos nutricionais e outros quaisquer;

Procurou-se atingir estes objetivos através da consecução de quatro etapas perfeitamente distintas, quais sejam:

- a) realização de uma revisão bibliográfica a respeito de funções de preferência e sobre o problema da modelagem de cardápios, nos quais a preferência é maximizada;

- b) elaboração dos modelos matemáticos necessários para a determinação das funções de preferências, das frequências ótimas, alocação dos pratos principais e elaboração do cardápio planejado para um horizonte pré-estabelecido;
- c) realização de uma pesquisa de campo para obtenção de dados das preferências alimentares relativas aos pratos servidos no Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- d) modelagem de um cardápio planejado para o RU considerando um horizonte de quinze dias.

1.2. Importância do Trabalho:

Este trabalho consiste na aplicação prática de várias técnicas propostas por Balintfy^(1,2,3). Vários pontos que surgiram no decorrer da solução do exemplo proposto levaram a que se fizesse contribuições a este tema, dado que modificações aqui adotadas permitem que se obtenham soluções computacionalmente viáveis.

-
- 1) BALINTFY, J.L.; DUFFY, W.J. & SINHA, P., Modeling food preferences over time. Operations Research, U.S.A., 22:711-27, 1974.
 - 2) BALINTFY, J.L. Mathematical models of Menus. Naval Research, U.S.A., :1-10, jun., 1974.
 - 3) BALINTFY, J.L. Equivalence relations in the theory of repetitive consumption. Naval Research, U.S.A., :651-7, dez., 1982.

veis. Além disso, apresentou-se uma formulação alternativa que permite o uso de técnicas diferentes às propostas por Balintfy para resolver o problema da alocação de itens básicos (que constituem uma refeição) ao longo de um horizonte de planejamento.

O exemplo aqui resolvido refere-se ao estabelecimento de um cardápio elaborado de acordo com as preferências de uma amostra de indivíduos que freqüentam o RU.

Demonstra-se neste trabalho a inexistência de uma solução que satisfaça requerimentos nutricionais largamente conhecidos. A solução aqui apresentada pode servir de orientação para que o RU venha a adotar um cardápio que, levando em conta aspectos nutricionais e de custo, venha a proporcionar uma maior satisfação a seus usuários.

1.3. Organização do Trabalho:

Este trabalho foi dividido em sete capítulos.

O primeiro capítulo apresenta objetivos, importância, organização e limitações deste trabalho.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica do problema da dieta e as tentativas realizadas no sentido de se incorporar a preferência por alimentos que compõem um cardápio.

No próximo capítulo, são apresentados os conceitos básicos relativos à função de preferência. São ainda mostrados os aspectos referentes à estimação de curvas de preferências.

No capítulo quatro são estimadas as funções de preferência por quarenta e seis pratos servidos no RU. Este capítulo

descreve ainda os resultados da pesquisa realizada em uma amostra de usuários daquele restaurante que serviu de base para a determinação das funções de preferência.

No capítulo cinco é abordado o problema da obtenção das frequências ótimas, as quais maximizam a preferência. Um modelo de programação linear inteira é proposto para resolver o problema da obtenção das frequências ótimas. Ainda, neste capítulo, é apresentado um algoritmo para a alocação dos componentes principais de uma refeição dentro de um horizonte de planejamento pré-estabelecido. Por último, no capítulo cinco, é apresentado um modelo de programação linear inteira, através do qual, um cardápio planejado tendo as preferências maximizadas, é obtido.

O capítulo seis mostra uma aplicação prática dos modelos conceituais, discutidos e apresentados no capítulo cinco. A partir das funções de preferência dos pratos do RU, um cardápio planejado para um horizonte de quinze dias, é apresentado.

No capítulo sete, são apresentadas as conclusões deste trabalho e as recomendações para futuras pesquisas.

1.4. Limitações do Trabalho:

Este trabalho apresenta limitações devidas, basicamente, às seguintes razões:

- a) não foram incorporadas restrições relativas aos custos decorrentes do preparo das refeições;
- b) o problema de programação linear inteira para o estabelecimento das frequências ótimas não apresentou solução ótima após 80.000 iterações.

Devido ao elevado tempo de CPU dispendido foi adotada a melhor solução inteira encontrada neste número de iterações;

- c) na aplicação prática realizada os custos considerados foram os de mercado. Tal fato é limitante, se considerado que determinados itens são de produção própria do RU e, portanto, seu valor real tende a ser mais baixo que o utilizado;
- d) o questionário aplicado para a obtenção da função de preferência, devido a sua extensão, tornou-se cansativo para os respondentes;
- e) os componentes de uma refeição, para a aplicação prática, tiveram seus pesos considerados iguais.

CAPÍTULO II

2. Modelagem de Cardápios

2.1. Introdução:

A formulação e utilização de modelos matemáticos para a elaboração de dietas, nutricionalmente balanceadas, foi iniciada nos anos quarenta. A primeira tentativa, embora ainda não utilizando as técnicas de programação linear, foi estabelecida por Stigler⁽⁴⁾ em 1945 em um trabalho sobre dieta de custo mínimo.

No trabalho de Dantzig⁽⁵⁾, o qual tornou-se um clássico, utilizou-se programação linear para obtenção de soluções ótimas para o problema da dieta.

Neste capítulo o modelo de Dantzig, bem como outros trabalhos relacionados com o problema da dieta, pertinentes no contexto desta dissertação são apresentados.

2.2. O Modelo de Dantzig:

Uma dieta equilibrada requer a presença de calorias, lipídeos, proteínas, minerais, vitaminas etc. Estes requisitos nutricionais são obtidos através dos alimentos consumidos. A partir destes fatos, Dantzig formulou e resolveu o seguinte problema:

4) STIGLER, G.J. The cost of subsistence. Journal of Farm Economics, 27 :303-14, 1945.

5) DANTZIG, G.B. Linear programming extensions. Princeton University Press, 1963.

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n A_{ji} X_i \geq B_j \quad j=1, \dots, m \quad (1.1)$$

$$X_i \geq 0 \quad i=1, \dots, n \quad (1.2)$$

onde:

C_i = custo de uma unidade de alimento i ;

X_i = quantidade do alimento i ;

A_{ji} - quantidade de nutrientes j no alimento i ;

B_j - quantidade de nutrientes j requeridas.

Este modelo, embora importante para o desenvolvimento do problema da dieta, é bastante limitado. Isto porque ele não prevê qualquer variação na dieta. As mesmas quantidades devem ser ingeridas diariamente. Embora, ainda útil para elaboração de rações animais, não contempla aspectos de paladar necessários à elaboração de dietas humanas.

2.3. O Problema da Dieta e os Hábitos Alimentares:

Um cardápio elaborado considerando-se apenas o equilíbrio nutricional, é de utilidade restrita. As preferências e os hábitos alimentares de indivíduos e/ou grupos de indivíduos são aspectos relevantes e devem ser considerados quando da composição de cardápios.

Santos⁽⁶⁾ descreve vários métodos que procuravam estabelecer critérios de custos mínimos e, ao mesmo tempo, maximizam contribuições nutricionais. Estes métodos, empregados em situações onde eram estudados os hábitos alimentares, consistiam, em sua maioria, na ponderação de valores nutricionais dos alimentos versus custo dos alimentos. Um exemplo é o trabalho de Smith, citado por Santos⁽⁷⁾.

"Smith, em 1959, baseado nos relatórios de compra de 176 famílias de Lansing, no Estado de Michigan - EUA, elaborou três modelos de programação linear com o objetivo de determinar dietas adequadas e de custo mínimo para a região. O primeiro modelo estabelecia restrições que tinham por objetivo apenas a satisfação das necessidades nutricionais. O segundo modelo, além das restrições nutricionais, determinava quantidades fixas de condimentos e limites máximos para alguns alimentos. O terceiro modelo, procurava incorporar na dieta os hábitos alimentares da referida população."

A preocupação de encontrar uma relação matemática para expressar os hábitos alimentares de indivíduos está presente. Vários autores, entre eles Balintfy,⁽⁸⁾ Duffy e Sinha, buscam mecanismos para expressar e formular matematicamente o problema.

6) e 7) SANTOS, Hudson P. Dietas de Custo Mínimo: Análise de Modelos de Adequação Nutricional para a População de Baixa Renda da Cidade de Curitiba. Tese de Mestrado, PGE/UFSC, Florianópolis, 1985.

8) BALINTFY, J.L.; DUFFY, W.J. & SINHA, P., op.cit., p.711-27.

2.4. Modelo para a Maximização da Preferência de Balintfy:

O planejamento de cardápio é uma atividade rotineira. Um dos atributos de um cardápio planejado é o seu balanceamento nutricional. Este balanceamento nem sempre consegue conciliar necessidades orgânicas com hábitos alimentares. Com o intuito de minimizar as diferenças existentes entre aquilo que indivíduos necessitam e as preferências por determinados tipos de alimentos, Balintfy⁽⁹⁾ propôs uma metodologia para o tratamento desta questão.

A abordagem apresentada por Balintfy é desenvolvida, basicamente, em duas etapas. A maximização das preferências por determinados alimentos e a composição de um cardápio planejado segundo a prioridade das preferências. Estas etapas serão brevemente descritas nas seções a seguir.

2.4.1. O Problema da Maximização de Preferências

O problema da dieta, tal qual como proposto inicialmente por Stigler⁽¹⁰⁾ e, posteriormente, resolvido por Dantzig,⁽¹¹⁾ constitui-se da solução de um sistema linear onde se buscava a minimização de custos, respeitadas as restrições nutricionais, Balintfy⁽¹²⁾ procura mostrar que é possível, com uma alteração na função objetivo, resolver o mesmo tipo de problemas maximizando as preferências alimentares.

9) BALINTFY, J.L. op.cit., p.1-10.

10) STIGLER, G.J. op.cit., p.303-14.

11) DANTZIG, G.B. op.cit.

12) BALINTFY, J.L. op.cit., p.6.

A troca da função objetivo, proposta por Balintfy, contudo, dá origem a um problema de programação não linear. Além dessa alteração, são incluídas restrições adicionais tais como: inclusão de frequências de serviços para um determinado alimento, dentro de um horizonte de planejamento; componentes de uma refeição; restrições relativas a produção de uma determinada refeição etc.

O problema inicialmente proposto por Balintfy é:

$$\text{Min. } R^T Y \quad (2)$$

sujeito a:

$$A Y \geq B \quad (2.1)$$

$$M Y = S \quad (2.2)$$

$$E Y \leq V \quad (2.3)$$

$$0 \leq Y \leq U \quad (2.4)$$

onde:

R^T
(1xn) - representa os custos das porções unitárias dos itens componentes dieta;

Y
(nx1) - representa as frequências de serviço dos itens dentro do horizonte de planejamento;

A
(mxn) - matriz cujos elementos são as quantidades do i-ésimo nutriente em uma unidade do j-ésimo item;

B
(mx1) - requisitos nutricionais necessários durante o horizonte de planejamento;

$M_{(k \times n)}$ - quantidade de itens disponíveis para formar-se os componentes de uma refeição;

$S_{(k \times 1)}$ - número de itens necessários para compor uma refeição;

$E_{(L \times n)}$ - disponibilidade para a produção dos itens;

$V_{(L \times 1)}$ - limites máximos disponíveis para a produção dos itens;

$U_{(n \times 1)}$ - limites superiores das frequências de serviços dos itens.

A partir da definição de uma função de preferência de alimentos, a função objetivo foi alterada para:

$$G(Y) = \sum_{i=1}^k W_i \sum_{j \in I_k} g_j(y_j) \quad (3)$$

onde:

W_k - ponderação dos componentes de uma refeição, segundo seu grau de importância;

k - número de componentes de uma refeição;

I_k - número de itens pertencentes ao k -ésimo componente de uma refeição;

$g_j(y_j)$ - função de preferência do j -ésimo item.

Balintfy⁽¹²⁾ define função de preferência como sendo:

"... a preferência derivada pelo consumo do j -ésimo item y_j vezes dentro de um período de planejamento".

Em termos algébricos esta função é representada por:

$$g_y(y_j = y_j) \left[\alpha_j - \frac{\beta_j e^{-\mu_j \frac{D}{Y_j}}}{(1 - e^{-\rho_j \frac{D}{Y_j}})} \right] \quad (4)$$

com α_j , β_j , μ_j e ρ_j sendo parâmetros a serem estimados.

Devido a troca de função objetivo, a antiga função torna-se uma nova restrição para o problema. Desta maneira, a nova formulação passa a ser:

$$\text{Max. } G(Y) \quad (5)$$

sujeito a:

$$R^T Y \leq R_0 \quad (5.1)$$

$$AY \geq B \quad (5.2)$$

$$MY = S \quad (5.3)$$

$$EY \leq V \quad (5.4)$$

$$Y \geq 0 \quad (5.5)$$

sendo R_0 o limite de custo admitido para a dieta.

É necessário para as soluções dos problemas (2) e (5) que os valores assumidos pelo vetor Y sejam inteiros. De acordo com Balintfy⁽¹³⁾ no problema (2) esta exigência pode ser contornada, sem maiores conseqüências, arredondando-se a solução obtida. Em (5) Balintfy sugere uma linearização da função objetivo com a seleção dos pontos onde será feita a linearização, realizada de forma a coincidir com os valores inteiros das freqüências.

13) BALINTFY, J.L. op.cit., p.7.

Uma vez obtidas as frequências ótimas, o passo seguinte é a alocação dos itens, dentro dos dias considerados no horizonte de planejamento.

2.4.2. Alocação dos itens dentro do Horizonte de Planejamento:

Com as frequências ótimas obtidas, da forma mostrada na seção anterior, o processo segue agora em duas etapas distintas.

Na primeira, os pratos principais de uma refeição são alocados. Considera-se o prato (ou item) principal de uma refeição, aquele que compoⁿdo a mesma, seja o mais importante. Tradicionalmente, os pratos principais de acordo com os hábitos alimentares brasileiros são os tipos de carnes que são servidos dentro de uma refeição. A título de exemplo, se uma refeição é composta de arroz, salada, batata frita e filé, então este último, de acordo com o critério aqui estabelecido, é o considerado principal. Os critérios que podem ser utilizados para a alocação dos pratos principais são: classificação heurística e classificação, considerando tempo decorrido entre as vezes que itens são servidos. A classificação heurística pressupõe critérios subjetivos, estabelecidos pelos usuários, ou por nutricionistas. A segunda classificação leva em conta um espaçamento ótimo entre o tempo decorrido entre as ocasiões que o item é servido.

Na segunda etapa os demais componentes da refeição, isto é, os itens não-principais são alocados. Para esta etapa, é considerada a compatibilidade entre estes itens e os itens principais. Para atingir-se este objetivo um problema de programação linear é formulado, por Balintfy⁽¹⁴⁾.

14) BALINTFY, J.L. op.cit., p.9

O modelo é da forma:

$$\text{Min. } \sum_{k=1}^k \sum_{i \in I_k} \sum_{d=1}^D C_{id} X_{id} \quad (6)$$

sujeito a:

$$\sum_{d=1}^D X_{id} = Y_i^*, \quad i \in I_k; \quad k=1,2,\dots,k \quad (6.1)$$

$$\sum_{i \in I_k} X_{id} = 1, \quad d=1,2,\dots,D; \quad k=1,2,\dots,k \quad (6.2)$$

$$\sum_{n=1}^k \sum_{i \in I_k} \sum_{d \in J_w} A_{pi} X_{id} \geq A_p \quad W=1,2,\dots,W; \quad P=1,2,\dots,P \quad (6.3)$$

$$X_{id} \in \{0,1\} \text{ para todo } i,d$$

onde:

- K - número total de componentes da refeição;
- W - número total de "semanas" no horizonte de planejamento;
- I_k - número de itens pertencentes ao k-ésimo componente de uma refeição;
- D - número total de dias no horizonte de planejamento;
- C_{id} - grau de incompatibilidade entre o i-ésimo item e o item principal classificado no dia d;
- X_{id} - $\begin{cases} 1 & \text{se o } i\text{-ésimo item é classificado no dia } d; \\ 0 & \text{caso contrário;} \end{cases}$
- Y_i^* - frequência do i-esimo item obtida através da solução do problema (5);
- P - número de restrições nutricionais;

A_{pi} - quantidade do p-ésimo nutriente no i-ésimo item servido, se a restrição do p-ésimo nutriente for do tipo maior ou igual;

J_w - conjunto de índices dos dias na semana w;

A_p - quantidade mínima semanal requerida para o p-ésimo nutriente.

Com esta função objetivo pretende-se a minimização das incompatibilidades entre os vários componentes de uma refeição. O conjunto de restrições garante que:

- a) cada item é alocado conforme as frequências obtidas em (5);
- b) em cada dia é assegurada a presença de todos os componentes da refeição;
- c) o equilíbrio nutricional é atingido para os diversos períodos de tempo relativos ao horizonte de planejamento.

Com estas duas etapas, Balintfy busca obter uma solução para o problema da dieta considerando as preferências relativas aos itens que compõem a mesma. Para o problema da dieta, são propostas outras soluções, nas quais a preferência não é considerada.

2.5 - Conclusões:

Diferentes técnicas de programação matemática tem sido adotadas para a solução do problema da dieta. Por exemplo, An-

derson e Earle⁽¹⁵⁾ sugerem a utilização de programação por objetivo ao invés de programação linear. O argumento utilizado é o de que o balanceamento nutricional pode ser mais facilmente obtido.

Entretanto estas e outras abordagens existentes não serão aqui consideradas por não tratarem diretamente com o problema da maximização das preferências.

15) ANDERSON, A.M. & EARLE, M.D. Diet planning in the third world by linear and goal programming. Journal of the Operation Research Society, Great Britain, 34(1): 9-16, , 1983.

CAPÍTULO III

3. Modelagem da Função de Preferência

3.1. Modelagem de Hábitos Alimentares: Busca da Função de Preferência:

É admissível que preferências individuais por determinados alimentos sejam medidas com relação ao tempo.

Balintfy et alli,⁽¹⁶⁾ discutem técnicas de estimação de uma função que represente, no tempo, as preferências alimentares de indivíduos e/ou grupos de indivíduos. A intenção é a de incorporar esta função nos modelos matemáticos para o estabelecimento de dietas ótimas.

Para descrever a preferência por alimentos foi formulado um modelo matemático, no qual, as preferências são explicitamente relacionadas com o tempo (de uma forma relativa, isto é, desde o último consumo do item): Este relacionamento é importante, pois, quando se planeja fazer um programa de dieta deve-se considerar, além da frequência com que determinado item é servido, o período de tempo entre as vezes que este item será consumido.

Embora a preferência de um indivíduo por determinado item de um cardápio possa depender de vários fatores, o trabalho de Balintfy, Duffy e Sinhá restringe-se à análise do efeito do tempo na preferência. Para a realização desta análise foram considerados os seguintes aspectos:

16) BALINTFY, J.L., DUFFY, W.J. & SINHÁ, P. op.cit., p.711-27.

1 - o tempo transcorrido desde a última vez que o item foi consumido e

2 - um histórico do tempo de consumo para o item.

A partir destes aspectos foi proposta a seguinte equação diferencial para descrever a preferência por um determinado item depois de um intervalo de tempo t :

$$f'(t) = c [a - f(t)] \quad (7)$$

onde:

$f(t)$ - a preferência por um item depois de um intervalo de tempo t desde que ele foi consumido pela última vez;

c - uma constante positiva;

a - $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$

A taxa de crescimento de $f(t)$, para um intervalo de tempo t depois que o item foi consumido pela última vez, é proporcional ao decréscimo do efeito de "saturação" apresentado pelo indivíduo. Este efeito "saturação" é considerado como sendo a capacidade ou a tendência de um indivíduo consumir, repetidamente, um determinado item.

A solução de (7) apresenta uma forma analítica para a função de preferência, a qual é:

$$f(t) = a - be^{-ct} \quad (8)$$

A equação (8) apresenta, ainda, as seguintes características:

a) $f(0) = a - b$ isto é, a preferência para um determinado item tem seu menor valor após o mesmo ser consumido (a menos que não haja presença do efeito "saturação"!).;

b) $f(t)$ é monotonicamente crescente;

c) $f(t)$ é uma função estritamente côncava, isto é,

$$f[\alpha t_1 + (1-\alpha) t_2] > \alpha f(t_1) + (1-\alpha)f(t_2) \text{ para} \quad (9)$$

$$0 < \alpha < 1 \quad (9.1)$$

A concavidade permite que sejam tomadas decisões racionais no sentido de intercalar o consumo de determinados itens. A distribuição é feita, então, sobre intervalos de tempo. Uma observação que pode ser feita é que esta intercalação é estabelecida empiricamente ao se analisar cardápios preparados por especialistas em dietas.

Na definição de $f(t)$ as frequências de serviços anteriores foram ignoradas. Isto leva a crer que $f(t)$ seja independente de um tempo absoluto. Na realidade, contudo, deve-se incorporar a experiência anterior ao modelo de modo a representar, efetivamente, a preferência por determinado item.

A incorporação deste tempo absoluto leva a seguinte fórmula recursiva:

$$h(t_n) = f(t_n - t_{n-1}) - e^{-r(t_n - t_{n-1})} [a - h(t_{n-1})] \quad (10)$$

onde:

t_n - indica o tempo, em escala absoluta, onde o item tenha sido consumido n vezes;

t_{n-1} - é o momento, em escala absoluta, onde o n -ésimo consumo ao item foi realizado;

$t_n - t_{n-1}$ - é o tempo transcorrido desde o n -ésimo consumo do item;

$$r > 0$$

O termo

$$e^{-r(t_n - t_{n-1})} [a - h(t_{n-1})]$$

leva a dois tipos de consideração:

- 1) se o termo $a - h(t_{n-1})$ é "grande" significando que o item consumido tem uma história anterior, quando considerado em relação ao último consumo, este termo provoca um decréscimo na curva de preferência para o item;
- 2) se o tempo entre $t_n - t_{n-1}$ é pequeno, isto é, se o intervalo de tempo que separa dois consumos é pequeno, teremos o efeito de monotonia, que leva também a um acentuado decréscimo na curva de preferência para o item.

As considerações acima indicam que existe um impacto na preferência individual para determinado item e que esta preferência está associada ao consumo do mesmo.

Considerando-se que o intervalo de tempo (t_n, t_{n-1}) tenha sido constante no passado (o que significa uma regularidade no consumo) mostra-se que:

$$h(t_n) = f(t) - [a - f(t)] e^{-rt} (1 + e^{-rt} + e^{-2rt} + \dots + e^{-(n-2)nt}) \quad (12)$$

A última parcela do lado direito da igualdade em (12) (13) pode ser expressa através de:

$$[a - f(t)] e^{-rt} [1 - e^{-(n-1)rt}] / (1 - e^{-rt})$$

Desenvolvendo (12), a partir de (13), tem-se que:

$$h(t_n) = f(t) - \{ [a - f(t)] [e^{-rt} - e^{-nrt}] \} / (1 - e^{-rt}) \quad (14)$$

$$h(t_n) = f(t) - \{ a e^{-rt} + a e^{-nrt} + f(t) e^{-rt} - f(t) e^{-nrt} \} / (1 - e^{-rt}) \quad (15)$$

$$h(t_n) = [f(t) (1 - e^{-nrt}) - a (e^{-rt} - e^{-nrt})] / (1 - e^{-rt}) \quad (16)$$

Fazendo:

$$h(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} h(t_n) \quad (17)$$

chega-se a:

$$h(t) = [f(t) - a e^{-rt}] / (1 - e^{-rt}) \quad (18)$$

Substituindo-se em (18) o valor da equação (8), obtém-se, para a função de preferência, a seguinte expressão:

$$h(t) = a - b e^{-ct} / (1 - e^{-rt}) \quad (19)$$

3.2. Função de Preferência:

A função $f(t)$ mostra a mudança na preferência somente considerado o último consumo para um determinado item. Este fato faz com que não sejam levados em consideração consumos anteriores de um mesmo item. Isto implica na perda substancial de informações para a elaboração de um cardápio planejado. Se um indivíduo consumir um item no instante t_0 , a função $f(t)$ representa sua preferência a partir deste instante. Entretanto, se além do instante t_0 , o mesmo indivíduo tivesse consumido em instantes anteriores, o efeito de "saturação" não seria explicitado pela função $f(t)$.

A função $h(t)$ considera a história do consumo do item, descrevendo de uma forma mais ajustada a preferência pelo item a partir de determinado instante.

3.3. Propriedades e Características da Função $h(t)$:

A função $h(t)$ assume valores menores do que $f(t)$ para valores finitos não negativos de t . Além disso, seu valor aproxima-se de $f(t)$ quando t aumenta indefinidamente. Isto deve-se ao fato que a interferência do consumo passado de um item sobre seu consumo no presente é mais significativa quando o espaçamento existente entre os dois consumos é pequeno.

A diferença existente entre as duas funções é expressa na formulação analítica do parâmetro r . Este parâmetro representa a consideração histórica do consumo de um item quando da estimação da curva de preferência. O parâmetro r , adicionalmente, possibilita a representação da curva de preferência em

uma escala de tempo absoluta. Assim, é possível chegar a uma relação de preferência no tempo que melhor expresse as preferências individuais por itens componentes de um cardápio. A incorporação de uma memória contendo experiências passadas quando da formulação de modelos é, sem dúvida, uma abordagem mais próxima e adequada à realidade.

Através da função $h(t)$ pode-se, ainda, expressar o valor de tempo médio de preferência para um determinado item de um cardápio. De fato, $h(t)$ expressa a preferência em uma escala absoluta de tempo. Quando se considera esta preferência para um intervalo particular de tempo t , obtém-se o valor do tempo médio de preferência para o dado intervalo.

Esta relação é apresentada a seguir:

$$g(t) = h(t) / t \quad (20)$$

ou

$$g(t) = a/t - be^{-ct} / t(1 - e^{-rt}) \quad (21)$$

Na figura 1 são representadas as funções $f(t)$, $h(t)$ e $g(t)$ para um determinado item com os valores dos parâmetros a , b , c e r sendo, respectivamente, 90.67, 67.14, 0.0884 e 0.3760.

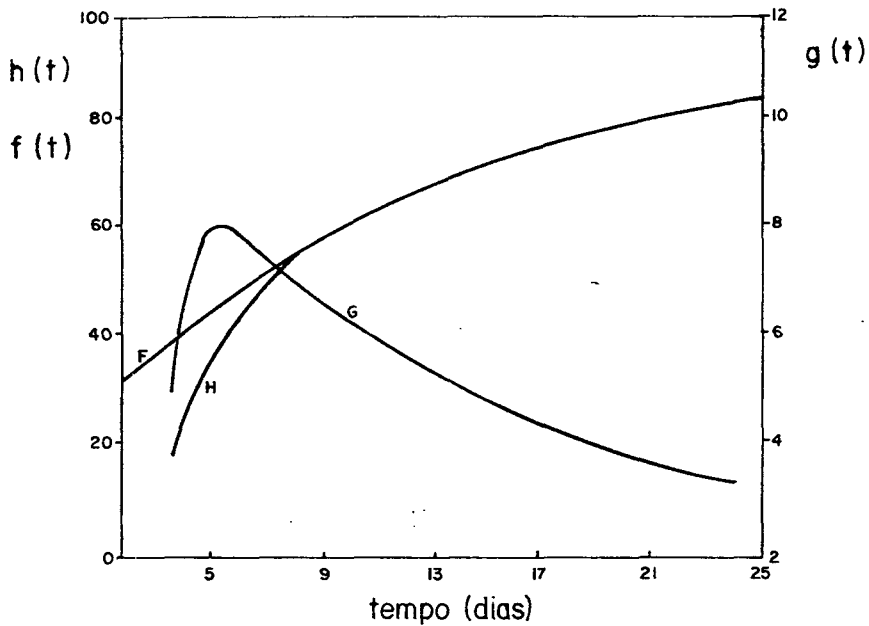


Fig.1 - Curvas $f(t)$, $g(t)$ e $h(t)$ para
 $a = 90,67$ $c = 0,0884$
 $b = 67,14$ $r = 0,3760$

FIGURA 1 - Curvas $f(t)$, $g(t)$ e $h(t)$ para

$$\begin{array}{ll} a = 90.67 & b = 67.14 \\ c = 0.0884 & r = 0.376 \end{array}$$

A curva $f(t)$ mostra a função de preferência em um tempo relativo, isto é, desde a última refeição. A curva $h(t)$ expressa a preferência pelo item quando este é ingerido repetidamente em t intervalos de tempo. A função $g(t)$ representa o tempo médio de preferência para o mesmo item.

Balintfy⁽¹⁷⁾ afirma que a indicação de um intervalo de preferência ótima para um item particular implica na existência

17) BALINTFY, J.L., DUFFY, W.J. & SINHA, P. op.cit., p.718.

de um máximo para alguma função de tempo. Assim, um decisor não pode fazer melhor do que maximizar a função $g(t)$ e, deste modo, fornecer os quatro parâmetros a , b , c e r , os quais, são suficientes para descrever as funções $f(t)$ e $h(t)$.

3.4. As Funções $G(t)$ e $G(v)$ no Modelo de Balintfy

A função $g(t)$ é uma expressão da taxa de preferência sobre o tempo que irá ter um máximo para algum intervalo de tempo t_0 . Este valor máximo será característico para o indivíduo e para o item do cardápio.

O valor de t_0 pode ser obtido através da primeira derivada de $g(t)$ igualada a zero.

Especificamente, fazendo $t = t_0$:

$$g'(t) = -a/t^2 + \left[t(1-e^{-nt}) bce^{-ct} + be^{-ct}(rte^{-nt} + 1 - e^{-nt}) \right] / t^2 (1-e^{-nt})^2 = 0 \quad (22)$$

Uma outra particularidade é que a partir de (22) tem-se uma expressão implícita para as relações a , b , c e r . Esta expressão possibilita a avaliação destes parâmetros tomando-se como base valores experimentais conhecidos de t_0 e $f(t_0)$.

A função $q(t)$, como mostrada em (21), define uma relação de preferência tendo o tempo como domínio. Esta mesma função pode ser agora associada com a frequência com que um item é consumido no tempo.

A preferência de indivíduos para itens específicos de um cardápio, em condições aproximadamente constantes, é uma função côncava da frequência de serviço. Isto implica que a contribuição marginal para serviços adicionais de um item, em um dado

período, vai-se tornando menor à medida que o número de vezes que o item é servido vai aumentando. Este fenômeno é atribuído ao efeito da "saturação" (ou monotonia) e sua representação analítica é a função de tempo de preferência $(h(t))$.

O problema aqui passa a ser a frequência com que um item é servido. Portanto, considerando um período de tempo D , pode-se representar a frequência de serviços através da seguinte relação:

$$y = D / t \quad (23)$$

onde

D = período de tempo considerado;

t = intervalo entre consumos;

y = número de vezes que o item será servido.

A função de preferência em relação à frequência com que um determinado item é servido pode ser obtida a partir da sua frequência e de $h(t)$, onde:

$$g(y) = yh(D / t) \quad (24)$$

Uma outra expressão para $g(y)$ pode ser estabelecida por $g(t)$:

$$g(y) = Dg(t) \quad (25)$$

O ponto de ótimo de $g(y)$, ou seja seu valor máximo, representa a frequência ótima de serviço para um determinado período de tempo, quando considerado um item específico. Portanto, para estabelecer uma dieta ótima, considerando-se as preferên-

cias pelos itens que compõem o cardápio, deve-se maximizar $G(Y)$, onde $G(Y)$ representa o somatório das funções $g(y)$.

Como foi mostrado acima, a função de preferência relacionada com a frequência de serviços está diretamente ligada às funções $g(t)$ e $h(t)$. A determinação dos parâmetros destas duas últimas funções é o primeiro passo para o estabelecimento das frequências ótimas de serviços dos itens.

3.5. Estimação dos Parâmetros das Funções $g(t)$ e $f(t)$:

Balintfy⁽¹⁸⁾ apresenta três métodos para a estimação dos coeficientes a , b , c e r das funções $g(t)$ e $f(t)$. São eles:

- Método de Estimação Multiponto (MEMP)
- Método de Estimação a Três Pontos (METP)
- Método de Estimação a Dois Pontos (MEDP)

Uma breve descrição, baseada no trabalho de Balintfy⁽¹⁹⁾, será o tema da próxima seção.

3.5.1. Método de Estimação Multiponto (MEMP):

Este método baseia-se na resolução de um sistema de equações não-lineares, por Newton-Raphson, para obter estimativas dos parâmetros a , b e c . Posteriormente, estes valores são utilizados para a determinação do parâmetro r .

18) BALINTFY, J.L., DUFFY, W.J. & SINHÁ, P. op.cit., p.721-7.

19) BALINTFY, J.L., DUFFY, W.J. & SINHÁ, P. op.cit., p.725.

No MEMP são necessários, no mínimo, quatro diferentes valores t para avaliar a, b e c de $f(t)$. As estimativas são obtidas por meio da minimização de quadrados de:

$$Q = \sum_{i=1}^k \left[y_i - f(t_i, a, b, c) \right]^2 \quad (26)$$

onde:

y_i = valor observado da preferência para o tempo t_i ;

$i = 1, 2, \dots, k$ com $k \geq 1$

$f(t_i, a, b, c) = a - be^{-t_i c}$

As condições para minimização são:

$$\alpha Q / \alpha a = 0 \quad (27.1)$$

$$\alpha Q / \alpha b = 0 \quad (27.2)$$

$$\alpha Q / \alpha c = 0 \quad (27.3)$$

Obtidos os valores das estimativas a, b e c as quais são suficientes para estimar $f(t)$, e tendo uma estimativa de t_0 (tempo ótimo), a equação (22) é utilizada para obtenção de r .

3.5.2. Método de Estimação a Três Pontos (METP):

Com três valores para $f(t)$ e t mais a equação (22) é possível encontrar estimativas para a, b, c e r .

Definindo-se os valores $f(1)$, $f(365)$, $f(t_0)$ e formulando-se o seguinte sistema de equações não-lineares:

$$f(1) = a - be^{-c} \quad (28.1)$$

$$f(t_0) = a - be^{-ct_0} \quad (28.2)$$

$$f(365) = a - be^{-c365} \quad (28.3)$$

por substituição, representa-se o sistema acima em função de c , de forma que:

$$\left[\frac{f(365) - f(t_0)}{f(365) - f(1)} \right] = \left[\frac{e^{-ct_0} - e^{-c365}}{e^{-c} - e^{-c365}} \right] \quad (29)$$

A equação (29) é resolvida numericamente. Encontrado um valor para c , os valores de a e b são estimados através de:

$$b = |f(365) - f(1)| e^{-c} \quad (30.1)$$

$$a = f(365) - b e^{-c365} \quad (30.2)$$

Os valores obtidos em (29), (30.1) e (30.2) substituídos em (22) fornecem o valor da estimativa de r .

Uma deficiência deste método é que os valores de t_0 são distribuídos aleatoriamente. Assim, é possível que alguns dos pontos obtidos forneçam estimativas irrealistas para os valores dos parâmetros. Uma solução nestas condições não pode ser considerada.

3.5.3. Método de Estimação a Dois Pontos (MEDP):

No MEDP os pontos relativos a $f(1)$ não são considerados e, além das condições (22), (28.2) e (28.3), o seguinte conjunto de condições auxiliares é criado:

$$S = df(t_0) / dt = bce^{-ct_0} \quad (31.1)$$

$$S_1 = [f(t_0) - (a - b)] / t_0 \quad (31.2)$$

$$S_2 = [f(365) - f(t_0)] / (365 - t_0) \quad (31.3)$$

$$S_3 = [f(365) - (a - b)] / 365 \quad (31.4)$$

onde:

S = representa a inclinação da tangente de $f(t_0)$;

S_1 = inclinação do segmento de corda unindo $f(0)$ e $f(t_0)$;

S_2 = inclinação do segmento de corda unindo $f(t_0)$ e $f(365)$;

S_3 = inclinação do segmento de corda unindo $f(0)$ e $f(365)$.

Um dos obstáculos à aplicação deste método é a disponibilidade de dados para a obtenção dos valores S , S_1 , S_2 e S_3 . Uma vez que se possa dispor dos mesmos, a seguinte equação de regressão pode ser formulada:

$$S = \alpha_0 + \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 t_0 + \alpha_5 f(t_0) + \alpha_6 f(365) \quad (32)$$

A equação (32) depois de estimados seus parâmetros substitui o lado direito da igualdade em (29) e transforma-se em uma condição auxiliar para obter a quarta equação para estimação dos parâmetros pretendidos.

A partir de (28.2) e (28.3), tem-se:

$$a = \left[f(365)e^{-ct_0} - f(t_0)e^{-c365} \right] / \left[e^{-ct_0} - e^{-c365} \right] \quad (33)$$

$$b = \left[f(365) - f(t_0) \right] / \left[e^{-ct_0} - e^{-c365} \right] \quad (34)$$

Substituindo estas duas últimas equações em (30.1), (30.2), (31.1), (31.2), (31.3), (31.4), e, subsequentemente em (22) uma expressão em termos de c é obtida. Esta expressão é resolvida numericamente. Com este resultado determinado, a , c , c e r podem ser estabelecidos.

O principal problema apresentado pelo MEDP é a precisão com que se pode obter estimativas da derivada de $f(t_0)$.

Dos métodos de estimação apresentados, o MEMP é o único que possibilita ajustar dados observados para as funções definidas analiticamente. O objetivo ao se apresentar os outros métodos é o de fornecer técnicas adicionais para estimar parâmetros

de funções já conhecidas a partir de uma quantidade mínima de dados.

3.6. Conclusões:

As funções apresentadas nas seções anteriores delinham a formulação matemática para as preferências alimentares de indivíduos.

O MEMP é uma alternativa bastante razoável para obter-se estimativas dos parâmetros de $f(t)$ e $g(t)$. Balintfy (29) vai mais adiante e afirma que entre vários métodos testados o MEMP foi o que forneceu melhores estimativas.

Ao tentar modelar uma função de preferência o principal problema que se encontra (e normalmente este é o principal problema em diversas situações de pesquisa) é o da obtenção dos dados básicos. Uma atenção especial deve ser destinada ao instrumento da coleta de dados.

Uma vez estabelecida as funções de preferências, as próximas etapas para a formulação da dieta pretendida referem-se à classificação dos pratos segundo suas compatibilidades e a maximização da preferência. No próximo capítulo são estabelecidas as funções de preferência para quarenta e seis pratos servidos no RU da UFSC.

CAPÍTULO IV

4. Determinação das Funções de Preferência para os Pratos Servidos no RU da UFSC.

4.1. Introdução:

Para a modelagem de funções de preferência, diversos fatores devem ser considerados. Entre estes fatores, o tempo é, sem dúvida, o principal. O tempo atua como propulsor da preferência. Em outras palavras, se um determinado item for ingerido em um tempo t_{n-1} , a predisposição para alimentar-se com o mesmo item no tempo t_n , está diretamente relacionada com a distância entre t_n e t_{n-1} . Este fenômeno é conhecido como o "efeito de saturação".

Para o estabelecimento de funções de preferência, o conhecimento do intervalo considerado ótimo entre os serviços de um mesmo item deve ser obtido. Assim, a fim de estimar-se os parâmetros das funções de preferência dos pratos servidos no RU da UFSC, foi realizada uma pesquisa junto a alunos que fazem uso diário do mesmo.

4.2. Obtenção dos Dados Sobre as Preferências dos Pratos Servidos no RU:

A pesquisa realizada sobre as preferências dos pratos servidos no RU, envolveu a aplicação de questionário a sessenta alunos. O instrumento de coleta pretendeu, basicamente, encontrar cinco pontos da função de preferência os quais, permitiriam a estimação da mesma pelo critério de multiponto. Para tanto,

foi solicitado que cada respondente informasse o preço que estaria disposto a pagar, após ter consumido o item, nos seguintes intervalos: um dia, dois dias, uma semana, duas semanas e um ano. Além desses cinco pontos, foi também perguntado o intervalo que consideraria ótimo entre dois consumos sucessivos de um mesmo prato.

O número total de pratos investigados foi de quarenta e seis. Estes pratos (Tabela 1) são rotineiramente servidos pelo RU. Dos sessenta questionários aplicados, apenas quarenta e cinco retornaram. Destes, apenas quinze tiveram condições de serem analisados. Uma reaplicação do instrumento mostrou que um dos motivos que levaram a um mau preenchimento foi o receio de que colocando os preços na escala solicitada (Cz\$ 0,00 a Cz\$ 100,00), pudesse ocorrer alguma alteração no preço atual da refeição servida pelo RU.

A partir dos pontos obtidos foram estimados os parâmetros das funções de preferência.

1. Arroz
2. Feijão
3. Picadinho à Jardineira
4. Filet de Peixe à Milanese
5. Peixe Frito
6. Bife ao Molho de Pimentão
7. Bife Rolê com Toucinho
8. Bife à Milanese
9. Bife à Dorê
10. Bife ao Molho Rubro
11. Carne de Porco Frita
12. Carne de Porco à Brasileira
13. Carne Moída com Ovos e Batata
14. Carne Moída com Legumes
15. Carne Moída à Moda Inglesa
16. Frango Frito
17. Galinha desfiada
18. Risoto
19. Carreteiro
20. Cenoura Crua com Tempero Verde
21. Cenoura com Repolho
22. Tomate com Tempero Verde
23. Tomate com Cebola
24. Tomate com Vagem
25. Primavera
26. Mista
27. Repolho com Tomate
28. Repolho com Pimentão
29. Beterraba com Tempero Verde
30. Beterraba com Cebola
31. Cenoura Refogada
32. Cenoura com Ovos e Azeitonas
33. Farofa com Lingüiça
34. Farofa Fantasia
35. Batata com Maionese
36. Batata à Vapor
37. Purê de Batata
38. Repolho Refogado
39. Macarrão
40. Sopa de Massa
41. Gelatina Nevada
42. Sagú
43. Laranja
44. Pudim
45. Abacaxi
46. Banana

TABELA 1 - Pratos Servidos no RU da UFSC
1986

4.3. Funções de Preferência para os Pratos Servidos pelo RU:

O MEMP foi o processo adotado para encontrar-se os parâmetros da função $f(t)$.

O pacote SAS⁽²⁰⁾ (Statistical Analysis Systems) foi utilizado para a resolução do MEMP.

Uma vez conhecidos os valores de a , b e c , o valor do parâmetro r foi encontrado, numericamente, através da expressão (22), considerando o valor de t igual ao valor ótimo obtido através do questionário. Os resultados, com o valor do coeficiente de determinação, são mostrados na Tabela 2.

Após esta etapa, foram estabelecidas as funções de preferência para um horizonte de tempo de quinze dias. Passou-se, portanto, a trabalhar com a função $g(y)$.

4.4. Análise das Funções de Preferência Encontradas:

Um exame da Tabela 2 mostra alguns itens com um pequeno valor para o parâmetro r . São exemplos: Carne de Porco à Brasileira, Carne Moída e Repolho com Pimentão. Para estes pratos, o valor ótimo, (o tempo que o indivíduo considera ótimo para um novo consumo) obtido através da pesquisa, é elevado. Isto significa que nestes casos os indivíduos apresentam uma baixa preferência em relação aos mesmos. A função $g(y)$ encontrada, com a inclusão de um horizonte de tempo, realça ainda mais esta questão.

20) SAS Institute Inc. SAS USER'S GUIDE: STATISTICS, 1982 Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1982; 284p.

As funções $g(y)$ para os itens 6, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 28, 38, 39, 40 e 42 mostram que os valores máximos atingidos pelos y 's são todos menores do que um. Tal fato significa que estes itens não são preferidos dentro do horizonte de tempo estabelecido.

O valor do coeficiente "c" em $f(t)$ determina sua curvatura. Assim, se o valor para este coeficiente é elevado, o item pode ser considerado como básico para a refeição. Isto representa que sua inclusão deveria ser mais freqüente que os demais itens. As curvas para os itens servidos pelo RU não evidenciam nenhum item em particular. Ao contrário, por serem pequenos, estes coeficientes denotam que existe uma razoável propensão a monotonia ou "saturação".

As funções $g(y)$, aqui encontradas, irão incorporar o modelo de programação matemática do próximo capítulo, o qual visa o planejamento de um cardápio para o RU, a ser estabelecido a partir da maximização das preferências.

ITEM	a	b	c	r	R ² (%)
1	76.8598	47.0072	0.0616	0.7881	81.30
2	71.6170	45.5619	0.0510	0.1661	75.74
3	42.4352	28.0470	0.1274	0.0164	70.60
4	77.1540	44.3478	0.0654	0.1975	84.79
5	75.0238	45.6583	0.0569	0.2068	84.82
6	55.6386	32.8875	0.0415	0.0039	63.26
7	69.8908	40.8875	0.0415	0.0039	63.26
8	71.3580	39.2761	0.0709	0.1281	86.68
9	66.9637	38.6224	0.0789	0.1064	86.43
10	67.7084	40.6210	0.0672	0.1645	81.33
11	65.2721	40.1216	0.0460	0.1351	77.86
12	56.4300	36.3995	0.0627	0.0010	69.79
13	51.8720	31.5184	0.0597	0.0053	73.73
14	49.8455	32.0193	0.0603	0.0014	72.03
15	37.3793	26.9389	0.0814	0.0015	65.58
16	80.4977	48.1010	0.0721	0.1377	87.68
17	60.0358	31.8986	0.0409	0.0046	76.20
18	58.7889	32.3186	0.0497	0.0107	73.34
19	47.9785	29.5702	0.0373	0.0036	73.20
20	61.9175	35.3273	0.0587	0.2179	83.30
21	60.4453	30.3254	0.0640	0.2002	80.43
22	55.9502	33.7423	0.0756	0.1681	82.93
23	52.6856	30.9725	0.0543	0.1261	78.97
24	50.2782	30.8445	0.0710	0.0966	76.27
25	48.0103	30.0253	0.0424	0.1600	76.93
26	58.5822	32.5870	0.0655	0.1044	81.69
27	51.0831	29.9428	0.0579	0.0251	75.92
28	43.3364	25.4417	0.0589	0.0043	62.78
29	50.9342	29.8678	0.0573	0.0323	67.07
30	49.9922	29.0468	0.0496	0.0279	65.80
31	54.3316	35.9791	0.0609	0.0379	70.25
32	53.7701	34.8902	0.0635	0.0365	70.23
33	49.4557	35.2405	0.0670	0.0635	68.52
34	52.4247	30.6816	0.0660	0.1101	66.90
35	72.2781	42.1662	0.0519	0.1677	79.76
36	56.6649	37.7539	0.0610	0.0738	80.29
37	64.4037	36.2378	0.0608	0.0951	80.67
38	44.9879	28.6515	0.0438	0.0114	64.79
39	46.3997	29.9067	0.0496	0.0021	61.02
40	46.5401	27.6366	0.0620	0.0045	60.93
41	54.8703	34.6966	0.0671	0.0942	73.90
42	57.3890	34.4065	0.0544	0.0021	63.10
43	67.2660	30.3654	0.0596	0.2487	79.24
44	61.4853	36.3218	0.0569	0.1309	82.02
45	76.8981	37.3399	0.0576	0.1549	82.86
46	52.2552	32.0249	0.0574	0.0671	71.78

TABELA 2 - Coeficientes das Funções de Preferência para os Pratos Servidos no RU.

CAPÍTULO V

5. Cardápios Planejados com Maximização de Preferências

5.1. Introdução:

Com o estabelecimento das funções $g(y)$ tem-se o ponto de partida para a formulação de um modelo matemático que possibilite a elaboração de cardápios, nos quais, a preferência é maximizada.

Balintfy⁽²¹⁾, como já salientado, desenvolveu modelos para solucionar estes tipos de problemas.

Neste trabalho, modificações foram introduzidas com o intuito de melhorar a solução proposta.

As alterações realizadas foram, basicamente, no processo de linearização da função objetivo em (5), no algoritmo de classificação dos itens principais de um cardápio e no modelo de alocação dos itens principais (modelo 6). Inicialmente, será abordado o processo de linearização da função objetivo no modelo utilizado para a determinação das frequências ótimas.

5.2. Modelo para a Determinação das Frequências Ótimas:

O modelo (5) discutido na seção 2.4.1. é da forma:

$$\text{Max. } G(Y) \quad (5)$$

sujeito a:

$$R^T Y \leq R_0 \quad (5.1)$$

21) BALINTFY, J.L. op.cit., p.1-10.

$$AY \geq B \quad (5.2)$$

$$MY = S \quad (5.3)$$

$$EY \leq V \quad (5.4)$$

$$Y \geq 0 \quad (5.5)$$

$G(Y)$ é não linear. A solução indicada foi o ajuste de segmentos de reta de forma a linearizar $G(Y)$. Estes segmentos são construídos a partir de valores inteiros das frequências. Um exemplo é mostrado na Figura 2.

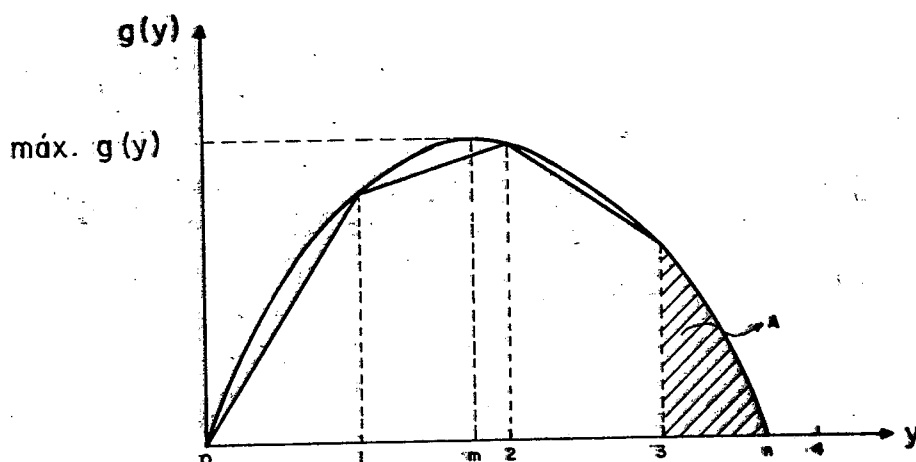


Fig. 2 - Linearização de $g(y)$ proposta por Balintfy

FIGURA 2 - Linearização de $g(y)$ proposta por Balintfy.

O problema colocado desta forma apresenta um bom ajuste para a função objetivo original. Entretanto, esta solução aumenta, consideravelmente, o número de restrições que devem ser satisfeitas se a quantidade de valores inteiros existentes entre os pontos extremos das funções $g(y)$ for muito elevada. Além des-

te aspecto, há ainda a possibilidade de que os pontos de máximo não coincidam com um valor inteiro. Nestes casos, haverá uma redução nos valores das funções $g(y)$. Por último, pode ocorrer uma perda dos valores extremos das funções $g(y)$ (na Figura 2 corresponde a área designada por "A"). Quando o problema é colocado da forma $\text{Max.} \sum_{i=1}^n G(y_i)$, com "n" sendo o número de itens, a soma destas parcelas, designadas por "A" pode provocar um decréscimo no valor ótimo da solução linear.

Para contornar os aspectos descritos acima, adotou-se a seguir a seguinte solução para a linearização da função objetivo: representar as funções $g(y)$ através de apenas dois segmentos de retas. Estes segmentos são traçados a partir dos valores extremos até o ponto de máximo das funções $g(y)$. Na Figura 3 é mostrado um exemplo da solução adotada.

O ponto "m" foi determinado através de $g'(y)=0$, onde $g'(y)$ é a primeira derivada de $g(y)$. O ponto "p" foi determinado, por aproximação (erro máximo de $1.00 \text{ E-}6$), para o valor que intercepta o eixo das abscissas à direita do valor máximo de $g(y)$.

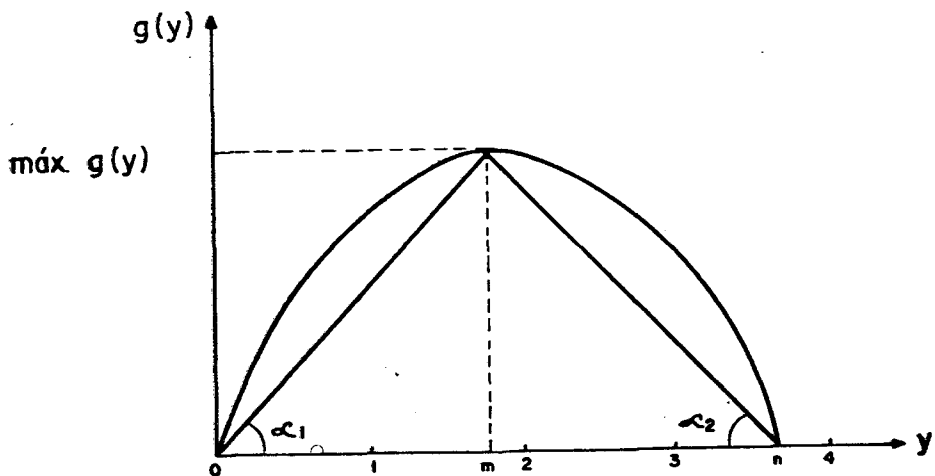


Fig.3 - Linearização de $g(y)$ adotada.

FIGURA 3 - Linearização de $g'(y)$ adotada.

Com o problema colocado desta maneira, a função objetivo em (5) passa a ser:

$$\text{Max. } \sum_{i|j} \alpha_i x_i + \alpha_j x_j \quad \begin{array}{l} i=1,3,\dots,2n-1, \\ j=2,4,\dots,2n \end{array} \quad (35)$$

$n = \text{número de itens.}$

As restrições consideradas neste trabalho foram:

- a) Custo R^T $(n \times 1)$ - representando o custo da porção unitária para o j -ésimo item;
- b) Nutricionais A $(m \times n)$ - representando a quantidade do i -ésimo nutriente em uma porção unitária do j -ésimo item;
- c) Componentes M $(k \times n)$ - itens disponíveis para formar-se uma componente da refeição;
- d) Linearização - são as restrições relativas às linearizações feitas nas funções $g(y)$. Estas restrições são da forma:

$$x_i - W_n L_i \geq 0, \quad i=1,3,\dots,2n-1 \quad (36)$$

$$x_j - W_n L_j \leq 0, \quad j=2,4,\dots,2n \quad (37)$$

com L_i sendo o ponto de máximo da $g(y_i)$ e L_j sendo a distância de L_i e o valor à direita de L_i para o qual $g(y_i) = 0$.

$$W_n = (0,1);$$

e) relativas à disponibilidade para a produção dos itens $E_{(L \times n)}$.

Para resolver o problema do arredondamento dos valores de y na solução linear ótima, o sistema pode ser resolvido via programação inteira. Para tanto, devem ser adicionadas as seguintes restrições:

$$\begin{aligned} x_i + x_j - y_\ell &= 0, & i &= 1, 3, \dots, 2_{n-1} & (38) \\ & & j &= 2, 4, \dots, 2n \\ & & \ell &= 1, 2, \dots, n \\ & & n &= \text{número de itens.} \end{aligned}$$

com y_ℓ sendo uma variável inteira.

Com estas alterações a formulação do modelo (5) fica sendo da forma:

$$\text{Max. } \sum_{i,j} \alpha_i x_i + \alpha_j x_j \quad (39)$$

sujeito a:

$$R^T Y \leq R_0 \quad (39.1)$$

$$AY \geq B \quad (39.2)$$

$$MY = S \quad (39.3)$$

$$EY \leq V \quad (39.4)$$

$$x_i - W_n L_i \geq 0 \quad (39.5)$$

$$x_j - W_n L_j \leq 0 \quad (39.6)$$

$$x_i + x_j - Y_\ell = 0 \quad (39.7)$$

$$x_i \leq L_i \quad (39.8)$$

$$W_n \in (0, 1) \quad (39.9)$$

Y_ℓ inteira.

A seguir será analisado o problema da alocação dos itens principais dentro de um horizonte de planejamento.

5.3. O Problema da Alocação dos Itens Principais:

Uma vez, conhecidas as frequências ótimas de serviço para os itens, o próximo passo é a alocação dos itens principais dentro do horizonte de planejamento.

Na seção 2.4.2. foram apresentados dois critérios para executar esta alocação: classificação heurística e classificação considerando-se o tempo decorrido entre as vezes que itens são servidos. Nesta seção será abordada esta última forma de classificação.

Inicialmente, deve ser considerada uma matriz H , cujos elementos representam o tempo, em dias, entre os serviços dos itens principais "i" e "j" Balintfy⁽²²⁾ define a distância h_{ii} como sendo:

"... a distância mínima entre dois serviços consecutivos do prato principal "i", dentro do horizonte de planejamento".

Ainda segundo Balintfy, a diagonal principal é estabelecida através do seguinte:

"A diagonal principal pode ser obtida a partir do vetor de frequência y_e^* de tal modo que $h_{ii} = \left[D/y_i^* \right]$ "²³

22) BALINTFY, J.L., op.cit., p.6.

23) D é igual ao número total de dias do horizonte de planejamento e y_e^* relativo aos pratos principais.

ou $h_{ii} = \left[\frac{D}{Y_i^*} \right] - 1$ se necessário, para $i=1,2,\dots,n$. Para se obter os elementos não diagonais da matriz H , uma matriz similar Σ deve ser construída, com $\sigma_{ij} \in \Sigma$ definindo a similaridade entre os itens "i" e "j". Os itens similares devem ser separados tanto quanto possível e um mapeamento $h=\sigma_{ij} \rightarrow h_{ij}$ pode realizar este requisito para qualquer grau desejado.

Para executar a alocação, o seguinte algoritmo é proposto:

"Passo 1 - Seja Y_e^* um vetor n_e das frequências de serviço dos pratos principais, com $\sum_{j=1}^{n_e} Y_j^* = D$, onde D é o número total de dias na classificação. Seja $T_{(n_e \times D)}$ uma matriz, inicialmente toda zero.
Faça NÍVEL = 0.

Passo 2 - Encontrar $\max_i x_i (Y_i)$ e faça igual a Y_r^* . Se $Y_r^* = 0$ uma classificação possível foi encontrada. Pare. Se Y_r^* diferente de 0, vá ao passo 3.

Passo 3 - Encontre uma coluna com $T_{rq} = 0$. Se tal coluna não existir vá para o passo 5. Caso contrário, vá para o passo 4.

Passo 4 - Faça NÍVEL = 1 e $Y_r^* = Y_r^* - 1$. Assinale o item r no dia q e, com base em H , faça os elemen-

tos de $T = 1$ para aqueles que não podem mais ser alocados devido a atribuição de r em q , vá para o passo 2.

Passo 5 - Retorne, redefinindo T e Y_e^* para cada passo até que uma atribuição seja encontrada. Se encontrar NÍVEL = 0, então essa alocação é ótima. Caso contrário, faça a atribuição encontrada ser o item r para o dia q . Não atribua o item r a partir do dia q , no nível atual. Vá para o passo 2.

Este algoritmo, todavia, nem sempre garante uma solução. De fato, se as distâncias originais na matriz H forem sempre mantidas, então, é possível que não exista uma alocação ótima para os itens. Um exemplo de tal situação é dado a seguir. Considere-se sete itens, de tal forma que D seja igual a 25, $Y_e^* = (2, 3, 1, 5, 8, 2, 4)$ e a matriz H , como segue:

$$H = \begin{bmatrix} 12 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 8 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 25 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 5 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 12 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 6 \end{bmatrix}$$

Para contornar o problema da não alocação, é proposto o seguinte algoritmo:

Passo 0 - Faça $Z = 1.0$.

Passo 1 - Considere a parte inteira de $h_{ij} = \left[\frac{D}{Y_i^*} \right] * Z$ e $h_{jj} = 1$. Faça $T_{(n \times D)}$, inicialmente, toda zero.

Passo 2 - Encontre o $\max_i \{ Y_i^* \}$ e faça $JJ = i$

Passo 3 - Encontre a coluna em T , para a linha JJ , cujo valor seja 0. Se tal não existir, faça $Z = Z - 0.1$. Restaure T e Y_e^* . Retorne ao passo 2. Se existir a coluna em T , para a linha JJ , cujo valor é zero seguir ao passo 4.

Passo 4 - Atribua o item i para o dia $t_{jj,d}$ fazendo $t_{jj,d} = 1$. Faça $t_{k,d} = -1$ para $k \neq jj$. Faça $t_{jj,\ell} = -1$ para $\ell = d + h_{jj,jj}$.

Passo 5 - Faça $Y_i^* = Y_i^* - 1$. Se $Y_i^* = 0$ a solução ótima foi obtida. Caso contrário retornar ao Passo 2.

O relaxamento executado no passo 3 garante que uma alocação será atingida. Esta folga é mais significativa para aqueles itens que apresentam intervalos de tempo mais elevados. Como consequência pode ocorrer uma diminuição do tempo entre os serviços dos itens. Em vários exemplos testados, o valor máximo assumido por Z foi 0,8 (ver exemplo acima).

Por último, será analisado o problema da alocação dos itens não principais.

5.4. Alocação dos Itens Não Principais:

O modelo (6) considera a minimização das incompatibilidades entre itens principais e não principais. Além disso, a restrição relativa aos requerentes nutricionais é estabelecida para um período semanal.

Para este modelo, uma melhor alternativa é a consideração da maximização das compatibilidades. Este grau é mais facilmente compreendido entre os usuários de um cardápio planejado. Pode-se obter tais graus, por exemplo, atribuindo-se notas para os serviços de um item principal com itens não principais. Outro aspecto é o relacionado com as restrições nutricionais. É mais conveniente que os requerimentos nutricionais sejam observados diariamente.

Com estas modificações o modelo para a alocação dos itens não principais fica da forma:

$$\text{Max. } \sum_{k=1}^K \sum_{i \in I_k} \sum_{d=1}^D x_{id} \quad (40)$$

sujeito a:

$$\sum_{d=1}^D x_{id} = Y_i^*, \quad i \in I_k, k = 1, 2, \dots, K \quad (40.1)$$

$$\sum_{i \in I_k} x_{id} \leq 1^{(24)}, \quad d = 1, 2, \dots, D \quad (40.2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i \in I_k} \sum_{d=1}^D a_{pi} x_{id} \geq U_p \quad (40.3)$$

$$x_{id} \in (0,1) \text{ para todo } i,d \quad (40.4)$$

(24) Para o caso de nem todos os componentes de uma refeição estarem presentes.

onde:

- k - número total de componentes da refeição;
- I_k - conjunto de itens pertencentes ao k -ésimo componente de uma refeição;
- D - número total de dias no horizonte de planejamento;
- l_{id} - grau de compatibilidade entre o i -ésimo item e o item principal classificado no dia d ;
- x_{id} - 1 se o i -ésimo item é classificado no dia d o caso contrário;
- Y_i^* - frequência do i -ésimo item, proveniente de (39);
- P - número de restrições nutricionais;
- ap_i - Se a restrição relativa ao p -ésimo nutriente for do tipo \geq , representa a quantidade existente do p -ésimo nutriente no i -ésimo item servido. Caso contrário, assume o valor negativo desta quantidade;
- U_p - quantidade mínima diária requerida para o p -ésimo nutriente.

A avaliação das modificações sugeridas e sua adequação à realidade brasileira foi feita através de uma aplicação prática. Esta aplicação foi realizada no RU da UFSC.

A aplicação e seus resultados são apresentados no capítulo seguinte.

CAPÍTULO VI

6. Um Cardápio Planejado Para o Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina

6.1. Introdução:

Neste capítulo, mostram-se os resultados obtidos para o RU da UFSC quando é considerada a aplicação da Pesquisa Operacional para fins de modelagem e classificação de um cardápio planejado. Este cardápio tem como característica fundamental a maximização da preferência dos usuários daquele restaurante com relação aos pratos ali servidos.

Como já descrito no Capítulo IV, quarenta e seis pratos foram analisados. Destes, apenas trinta e três são aqui considerados. Os restantes apresentaram uma frequência máxima de preferência fora do horizonte de planejamento trabalhado (quinze dias).

Os trinta e três pratos foram subdivididos em seis subconjuntos, mutuamente exclusivos, de acordo com a similaridade apresentada entre os mesmos. Assim, os seguintes subconjuntos foram estabelecidos.

- a) arroz;
- b) feijão;
- c) carnes;
- d) saladas;
- e) acompanhamentos.

f) sobremesas.

Cada um destes subconjuntos foi considerado como um componente de uma refeição. Os dois primeiros, devido aos hábitos alimentares brasileiros, são considerados isoladamente. A componente carne é classificada, neste trabalho, como principal e, portanto, não deve estar ausente quando da formação de uma refeição. As tabelas 3, 4, 5 e 6, apresentam, respectivamente, os itens relativos às carnes, saladas, acompanhamento e sobremesa.

Picadinho à Jardineira
 Filé de Peixe à Milanese
 Peixe Frito
 Bife Rolê com Toucinho
 Bife à Milanese
 Bife à Dorê
 Bife ao Molho Rubro
 Carne de Porco Frita
 Frango Frito

TABELA 3 - Itens Relativos às Carnes

Cenoura Crua com Tempero Verde
 Cenoura com Repolho
 Tomate com Tempero Verde
 Tomate com Cebola
 Tomate com Vagem
 Primavera
 Mista
 Repolho com Tomate
 Beterraba com Tempero Verde
 Beterraba com Cebola

TABELA 4 - Itens Relativos às Saladas

Cenoura Refogada
 Cenoura com Ovos e Azeitonas
 Farofa com Lingüiça
 Farofa Fantasia
 Batata com Maionese
 Batata à Vapor
 Purê de Batata

TABELA 5 - Itens Relativos aos Acompanhamentos

Gelatina
 Laranja
 Pudim
 Abacaxi
 Banana

TABELA 6 - Itens Relativos às Sobremesas

Para a formação do cardápio, primeiramente, é necessário que sejam estabelecidas as frequências ótimas dos itens, de acordo com o descrito na seção 5.2.

A seguir são apresentados os resultados destas frequências. Estes resultados a serem apresentados neste capítulo foram obtidos com o auxílio do programa computacional: "Fortran Codes Mathematical Programming: Linear, Quadratic and Discrete". (25)

6.2. Frequências Ótimas para o RU:

O problema aqui é o de maximizar as preferências alimentares, de acordo com as frequências com que são servidos os itens. As dimensões totais do problema são 148 restrições e 231 variáveis.

As restrições consideradas foram:

a) Custo - valor máximo para uma refeição é de Cz\$15,00.

Para a dieta este valor deve ser de Cz\$ 225,00 e foi determinado a partir do limite extremo que custaria uma refeição no RU, tomando-se como base a tabela de preços de produtos alimentares emitida pela Superintendencia Nacional de Abastecimento (SUNAB) (26) em setembro de 1986;

b) Nutricionais - o controle nutricional foi feito para os macronutrientes. Os limites considerados são os recomendados pela Food Agency Organization (FAO) e

25) LAND, A.H. & POWELL, S. FORTTRAN CODES FOR MATHEMATICAL PROGRAMMING: LINEAR QUADRATIC AND DISCRETE, New York, John Wiley & Sons, 1979.

26) BRASIL. Superintendência Nacional de Abastecimento, Delegacia de Santa Catarina. Tabela de Preços da SUNAB. (Florianópolis), 1986. (23p. listagem de computador).

apresentados no relatório final de estágio das alunas do curso de Nutrição da UFSC⁽²⁷⁾, período Junho/Agosto de 1986. A partir deste relatório, considerando-se apenas almoço (40% do total de nutrientes diários necessários) o valor das restrições foram estabelecidas como:

calorias > 18000 Kcal

1800 Kcal < proteínas < 2700 Kcal

5400 Kcal < lipídeos < 6300 Kcal

9900 Kcal < lipídeos < 10800 Kcal

somatório de glicídeos, lipídeos e proteínas=18000 (cuja finalidade é a de verificar o controle dos nutrientes).

c) Componentes - os componentes ficaram estabelecidos a partir das funções de preferências obtidas no capítulo IV. São as seguintes:

Arroz = 13;

Feijão = 3;

Carnes = 15;

Saladas = 15;

Acompanhamentos = 13;

Sobremesas = 15.

27) PASSOS, Clenia., RODRIGUES, Isméria., ASSIS, Maria Alice. Relatório do Estágio Supervisionado em Administração de Serviços de Alimentação. Julho/86.

d) Relativas à linearização - um conjunto de trinta e três restrições dos tipos (36) e (37).

As restrições relativas à disponibilidade para a produção das refeições não foram consideradas. O pressuposto, aqui adotado, é o de que o restaurante apresentava condições de produção para os itens sob análise.

Para obter-se uma solução inteira, restrições do tipo (38) foram utilizadas.

A tabela 7 mostra as frequências ótimas obtidas para a solução linear. Apresenta ainda a solução inteira adotada.

Pratos	Frequências	
	Solução Linear	Solução Inteira
Arroz	13.00	13
Feijão	3.00	3
Picadinho a Jardineira	0.81	1
Filé de Peixe	2.31	2
Peixe Frito	2.18	2
Bife Rolê com Toucinho	0.92	1
Bife à Milanese	1.80	2
Bife à Dorê	1.57	2
Bife ao Molho Rubro	1.94	2
Carne de Porco Frita	1.69	1
Frango Frito	1.76	2
Cenoura Crua com Tempero Verde	2.47	2
Cenoura com Repolho	2.71	3
Tomate com Tempero Verde	2.03	2
Tomate com Cebola	1.54	1
Tomate com Vagem	1.36	1
Primavera	1.45	2
Mista	1.51	1
Repolho com Tomate	0.62	1
Beterraba com Tempero Verde	0.70	1
Beterraba com Cebola	0.61	1
Cenoura Refogada	0.72	1
Cenoura com Ovos e Azeitonas	0.73	1
Farofa com Lingüiça	1.81	1
Farofa Fantasia	3.02	3
Batata com Maionese	3.88	3
Batata à Vapor	1.46	2
Purê de Batata	1.37	2
Gelatina	1.27	2
Laranja	7.31	7
Pudim	3.17	2
Abacaxi	2.23	3
Banana	1.00	1

TABELA 7 - Frequências ótimas obtidas para a solução linear e frequências inteiras adotadas.

6.3. Análise dos Resultados Obtidos para o Problema da Freqüência Ótima:

O problema de programação linear tornou-se viável com a inclusão de variáveis adicionais nas restrições nutricionais e de custos. O problema apresentou os seguintes resultados:

- a) a solução linear ótima encontrada atingiu o valor de 1284.81 para a função objetivo;
- b) o valor da função objetivo para a solução inteira adotada é de 1089.46.

A seguir, apresenta-se uma breve discussão a respeito dos resultados obtidos.

6.3.1. O Modelo e as Variáveis Adicionais:

Devido aos valores limites de algumas das restrições, o problema só tem solução com o acréscimo de variáveis. Portanto, foram introduzidas as seguintes:

Restrição	Variáveis
Custo	$-\lambda_{221}$
Calorias	λ_{222}
Proteínas	$\lambda_{223}; -\lambda_{224}$
Lipídeos	$\lambda_{225}; -\lambda_{226}$
Glicídeos	$\lambda_{227}; -\lambda_{228}$
Proteínas+Glicídeos+Lipídeos (Soma)	$\lambda_{229}; -\lambda_{230}$

TABELA 8 - Variáveis Adicionais para o Problema da
Frequência Ótima

Os efeitos destas novas variáveis, dentro do problema analisado é o de liberar os limites das restrições. Isto torna possível perceber o quanto os requerimentos nutricionais não são respeitados pelos pratos servidos no RU. Os valores para estas variáveis, bem como para as variáveis de folga. São mostrados na Tabela 9.

Variáveis	Restrições	Solução		Variáveis de Folga Sol. Inteira
		Linear	Inteira	
λ_{221}	Custo	0.0	0.0	115.98
λ_{222}	Calorias	0.0	0.0	-217.04
λ_{223}	Prot. Inf.	0.0	0.0	-1172.40
λ_{224}	Prot. Sup.	322.99	272.40	0.0
λ_{225}	Lip. Inf.	0.0	0.0	-1776.53
λ_{226}	Lip. Sup.	1135.45	876.53	0.0
λ_{227}	Gli. Inf.	2014.72	1965.24	0.0
λ_{228}	Gli. Sup.	0.0	0.0	2865.24
λ_{229}	Soma	0.0	0.0	0.0
λ_{230}	Soma	348.88	88.84	0.0

TABELA 9 - Valores das Variáveis Adicionais nas Soluções Linear e Inteira Adotada.
Valores das Variáveis de Folga (Solução Inteira).

Verificando-se os resultados apresentados na Tabela 9 pode-se concluir que:

- a) o valor de Cz\$ 225,00 para a dieta considerada está superestimado. Entretanto, cabe uma ressalva: não estão incluídos os custos operacionais e, portanto, este valor deverá sofrer alteração quando da inclusão destes custos;
- b) limite para as calorias, considerando-se o horizonte de planejamento da dieta, é atingido;
- c) com relação aos valores de proteínas e lipídeos, dentro do horizonte considerado, estes encontram-se acima do limite superior; já, os valores de glicídeos estão abaixo do limite inferior utilizado;
- d) a restrição de soma está dentro dos limites padrões na solução discreta (a variação aceitável para esta restrição é de ± 100 Kcal).

Embora a solução discreta encontrada esteja no mínimo a 85% da solução ótima⁽²⁸⁾, já é notada a deficiência apresentada pelos pratos servidos no RU com relação a proteínas, lipídeos e glicídeos. Esta deficiência já havia sido observada, em parte, em

28) Esta foi a melhor solução encontrada em 80.000 iterações "branch-bound" para este problema. Não é apresentada a solução ótima devido a problemas encontrados com tempo de CPU necessário para tal. Todavia, acredita-se que esta seja a solução discreta ótima, pois, foi obtida na iteração número 7947.

trabalho realizado por alunos do Curso de Nutrição da UFSC⁽²⁹⁾.

A partir destes resultados e dos relativos às frequências, foi resolvido o problema de alocação dos itens principais e, também, o problema da distribuição dos itens não principais. As soluções para estes problemas são apresentados a seguir.

6.4. Alocação dos Pratos Principais:

A Tabela 7 mostra as frequências que devem ser atendidas para o estabelecimento de um cardápio com um horizonte de planejamento de quinze dias. Estas informações servem de base para a montagem da matriz H, descrita na seção 5.3.

A utilização do algoritmo sugerido na seção 5.3. permitiu que os pratos principais fossem alocados ao longo dos quinze dias de horizonte de planejamento. A alocação foi obtida para um valor $Z = 1.0$. Isto significa que as distâncias ótimas foram todas mantidas. A distribuição dos pratos principais encontra-se na Tabela 10.

29)

Dia	Prato
1	Filê de Peixe
2	Peixe Frito
3	Bife à Milanesa
4	Bife à Dorê
5	Bife ao Molho Rubro
6	Frango Frito
7	Picadinho à Jardineira
8	Filê de Peixe
9	Peixe Frito
10	Bife Rolê com Toucinho
11	Bife à Milanesa
12	Bife à Dorê
13	Bife ao Molho Rubro
14	Carne de Porco Frita
15	Frango Frito

TABELA 10 - Pratos Principais Distribuídos
dentro do Horizonte de
Planejamento.

Uma vez que os pratos principais foram alocados, o próximo passo é a alocação dos pratos não principais, de forma que o cardápio fique completamente estabelecido.

6.5. Alocação dos Pratos Não Principais:

A alocação dos itens não principais foi resolvida através de um problema de programação inteira. Este problema foi formulado com 497 variáveis e 191 restrições.

As restrições consideradas referem-se à:

- a) Frequência - para cada item, o valor a ser atingido é o das frequências ótimas da Tabela 7;
- b) Componentes - cada item de um componente não principal só pode assumir, no máximo, o valor um para cada um dos dias considerados. Isto faz com que cada dia a refeição tenha, no máximo, um item de cada componente;
- c) Requerentes Nutricionais/Custos - foram estabelecidos limites diários para os requerentes nutricionais e custos. Para o estabelecimento destes limites foram retiradas as quantidades relativas aos pratos principais, pois, os mesmos já haviam sido distribuídos ao longo do período considerado para a dieta. Os valores para os limites nutricionais e de custos são mostrados na Tabela 11.

Neste problema, novamente, uma solução é alcançada somente após o acréscimo de variáveis nas restrições nutricionais/custos.

Uma vez adicionadas estas variáveis, o valor ótimo da função objetivo foi de 419.92, obtido na iteração número 676 para a solução inteira (a solução linear atingiu este valor na iteração 643).

A seguir, serão discutidos e analisados os resultados para este problema.

Dia	Prato Principal	Custo	Caloria	Proteínas		Lipídeos		Glicídeos		Soma
				Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	
1	Filé de Peixe	10.81	774.10	1.96	61.96	140.94	200.94	579.36	639.36	782.26
2	Peixe Frito	8.61	629.07	-	-	7.38	67.38	627.52	687.52	631.06
3	Bife à Milanesa	10.80	689.01	14.52	74.52	79.65	139.65	537.28	597.28	691.45
4	Bife à Dorê	10.15	765.41	20.24	80.24	87.75	147.75	598.60	658.60	766.59
5	Bife Molho Rubro	10.34	802.94	4.88	64.88	85.95	145.95	652.84	712.84	803.67
6	Frango Frito	10.49	632.25	-	-	9.00	69.00	660.00	720.00	636.00
7	Picadinho Jardineira	10.62	899.72	6.80	66.80	225.54	285.54	607.88	667.80	900.22
8	Filé de Peixe	10.81	774.10	1.96	61.96	140.94	200.94	579.36	639.36	782.26
9	Peixe Frito	8.61	629.07	-	-	7.38	67.38	627.52	687.52	634.06
10	Bife Rolê Toucinho	9.68	707.42	-	49.52	5.31	65.31	656.40	716.40	711.23
11	Bife à Milanesa	10.80	689.01	14.52	74.52	79.65	139.65	537.28	597.28	691.45
12	Bife à Dorê	10.15	765.41	20.24	80.24	87.65	147.75	598.60	658.60	766.90
13	Bife Molho Rubro	10.34	802.94	4.88	64.88	85.95	145.95	652.84	712.84	803.67
14	Carne Porco Frita	8.20	556.25	-	-	-	-	660.00	720.00	556.00
15	Frango Frito	10.49	636.25	-	-	9.00	69.00	660.00	720.00	736.00

TABELA 11 - Limites das restrições de Requerimentos Nutricionais e de Custos do Modelo para Alocação dos Pratos Não Principais, (-) os valores dos limites das restrições são satisfeitos pelo prato principal.

6.6. Análise dos Resultados Obtidos para o Problema da Alocação dos Pratos Não Principais:

Os resultados apresentados na seção 6.4.juntamente com aqueles obtidos através da solução do problema para alocação dos pratos não principais estabelece um cardápio. Neste cardápio, a preferência dos usuários do RU, com relação aos pratos servidos por este restaurante, é maximizada. Este cardápio é mostrado na Tabela 12.

Como já salientado, uma resposta para este problema só foi possível mediante a inclusão de variáveis adicionais. A seguir, é realizada uma análise de tais variáveis.

6.6.1. O Modelo de Alocação e as Variáveis Adicionais:

Os valores limites para algumas das restrições tornam o problema inviável. Assim, o acréscimo de variáveis permite que uma solução seja possível.

Refeições	Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Arroz		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*		*	*	*
Feijão				*								*	*			
Picadinho Jardineira								*								
Filé de Peixe		*							*							
Peixe Frito			*							*						
Bife Rolê Toucinho											*					
Bife à Milanesa				*								*				
Bife Molho Rubro						*								*		
Carne Porco Frita															*	
Frango Frito							*									*
Cenoura Crua Temp.							*									*
Cenoura c/Repolho				*							*	*				
Tomate c/Tempero			*							*						
Tomate c/Cebola															*	
Tomate c/Vagem		*														
Primavera					*								*			
Mista						*										
Repolho c/Tomate								*								
Beterraba c/Temp.									*							
Beterraba c/Cebola														*		
Cenoura Refogada													*			
Cenoura Ovos Azeit.												*				
Farofa c/Lingüiça								*								
Farofa Fantasia				*			*									*
Batatas c/Maionese						*					*			*		
Batata à Vapor			*							*						
Purê de Batata									*						*	
Gelatina Nevada					*								*			
Laranja			*				*			*	*	*		*	*	
Pudim				*		*										
Abacaxi		*						*	*							
Banana																*

TABELA 12 - Cardápio para o RU no qual a Preferência dos Usuários é Maximizada.

A Tabela 13 contém os valores das variáveis adicionais, bem como, o valor das variáveis de folga, para as restrições de custos.

Dia	Variáveis Adicionais	Variáveis de Folga
1	0.0	9.17
2	0.0	6.95
3	0.0	8.34
4	0.0	7.66
5	0.0	7.30
6	0.0	8.97
7	0.0	9.28
8	0.0	7.73
9	0.0	6.95
10	0.0	7.24
11	0.0	8.15
12	0.0	7.26
13	0.0	7.49
14	0.0	5.52
15	0.0	8.87

TABELA 13 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Custos.

A exemplo do problema das frequências ótimas o custo não atinge o valor máximo estabelecido. Ressalta-se que este valor máximo representa o custo da refeição mais elevado, de acordo com os preços unitários tabelados pela SUNAB em setembro de 1986, conforme já mencionado.

Com relação às calorias, os resultados encontram-se dispostos na Tabela 14.

Dia	Variáveis Adicionais	Variáveis de Folga
1	255.25	0.0
2	0.0	- 48.65
3	0.0	-364.09
4	107.39	0.0
5	0.0	-20.65
6	0.0	-129.55
7	590.17	0.0
8	52.11	0.0
9	0.0	-48.65
10	0.0	-65.55
11	0.0	-289.59
12	142.61	0.0
13	2.49	0.0
14	0.0	-159.43
15	0.0	-249.90

TABELA 14 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Calorias.

As Tabelas 15, 16, 17 e 18 apresentam, respectivamente, os valores obtidos para as variáveis adicionais e de folga relativas às restrições de proteínas, lipídeos, glicídeos e "soma".

Dias	Variáveis Adicionais		Variáveis de Folga	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
1	0.0	0.0	- 35.24	24.76
2	-	-	-	-
3	0.0	26.16	- 86.16	0.0
4	0.0	0.0	- 34.08	25.92
5	0.0	10.04	- 70.09	0.0
6	-	-	-	-
7	0.0	0.0	- 9.76	50.24
8	0.0	0.48	- 60.48	0.0
9	-	-	-	-
10	-	7.24	-	0.0
11	0.0	14.20	-74.12	0.0
12	0.0	0.0	-51.40	8.60
13	0.0	1.72	-61.72	0.0
14	-	-	-	-
15	-	-	-	-

TABELA 15 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Proteínas.

(-) os valores dos limites das restrições são satisfeitos pelo prato principal.

Dias	Variáveis Adicionais		Variáveis de Folga	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
1	47.92	0.0	0.0	107.92
2	0.0	53.54	-113.54	0.0
3	0.0	182.42	-242.42	0.0
4	0.0	0.0	-36.50	23.50
5	0.0	77.66	-137.66	0.0
6	0.0	163.88	-223.88	0.0
7	106.47	0.0	0.0	166.47
8	20.20	0.0	0.0	80.20
9	0.0	53.54	-113.54	0.0
10	0.0	125.45	-185.45	0.0
11	0.0	133.64	-193.64	0.0
12	0.0	91.74	-151.74	0.0
13	0.0	44.10	-104.09	0.0
14	-	-	-	-
15	0.0	162.26	-272.26	0.0

TABELA 16 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Lipídeos.

(-) os valores dos limites das restrições são satisfeitos pelo prato principal.

Dias	Variáveis Adicionais		Variáveis de Folga	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
1	197.40	0.0	0.0	257.40
2	130.04	0.0	0.0	190.04
3	0.0	24.08	- 84.08	0.0
4	130.12	0.0	0.0	190.12
5	136.04	0.0	0.0	196.04
6	128.48	0.0	0.0	188.48
7	430.72	0.0	0.0	490.72
8	97.08	0.0	0.0	107.08
9	130.04	0.0	0.0	190.04
10	142.88	0.0	0.0	202.88
11	0.0	0.0	-26.52	33.48
12	285.76	0.0	0.0	345.36
13	120.80	0.0	0.0	180.80
14	136.88	0.0	0.0	196.87
15	59.60	0.0	0.0	119.60

TABELA 17 - Valores das Variáveis Adicionais e de Folga para as Restrições de Glicídeos.

Dias	Variáveis Adicionais		Variável de Folga
	(λ_{229})	(λ_{230})	
1	269.68	0.0	0.0
2	0.0	35.90	0.0
3	0.0	353.06	0.0
4	119.14	0.0	0.0
5	0.0	12.06	0.0
6	0.0	173.44	0.0
7	587.43	0.0	0.0
8	66.40	0.0	0.0
9	0.0	35.90	0.0
10	0.0	50.21	0.0
11	0.0	234.69	0.0
12	142.93	0.0	0.0
13	14.59	0.0	0.0
14	0.0	149.12	0.0
15	0.0	144.38	0.0

TABELA 18 - Valores das Variáveis Adicionais e de
Folga para as Restrições de "soma".

No problema das frequências ótimas, a restrição das calorias, globalmente, tinha sido satisfeita. Contudo, quando uma consideração diária é feita, tal não acontece. Em seis dias é observado que não são satisfeitas as necessidades de calorias. Esta falta pode ser ocasionada pelo seguinte motivo: devido ao fato de que as restrições de lipídeos, glicídeos e proteínas estão fora de especificação, sete conjunto de restrições não atinge (ou ultrapassa) os limites exigidos. Então, para se obter uma solução que não afete demasiado estes limites, a alternativa é atribuir um valor para as variáveis adicionais relativas às calorias.

Por fim, esta etapa vem a confirmar, mais uma vez, que os níveis de gordura, açúcar e proteínas, no RU, não estão dentro dos limites recomendados (novamente, estes resultados apresentam concordância com o trabalho das alunas do curso de Nutrição da UFSC).

CAPÍTULO VII

7. Conclusões e Recomendações

7.1. Conclusões:

Neste trabalho, utilizou-se uma abordagem matemática que permite a elaboração de um cardápio planejado, no qual, as preferências são maximizadas.

É apresentado um cardápio para quinze dias, no qual, as refeições atendem às preferências dos usuários do RU da UFSC. Esta solução apresenta outros aspectos que merecem consideração. As funções de preferência aqui determinadas constituem uma indicação da preferência dos usuários do RU.

Outro aspecto a ser ressaltado é o do desequilíbrio nutricional, mormente com relação às proteínas e lipídeos, apresentado pelo RU. Este fato já era ressaltado em documento elaborado pelos estudantes do curso de Nutrição da UFSC. (30)

Todos os passos seguidos neste trabalho podem ser aplicados ao indivíduo que se defronte com o problema da dieta. Usualmente, dietas para um indivíduo são padronizadas ou levam em conta, de forma empírica, preferências de um indivíduo. A abordagem aqui apresentada permite que não só sejam quantificadas as preferências de um indivíduo mas que por ocasião da escolha de uma dieta, esta seja feita segundo a sua melhor preferência.

(30) PASSOS, Clénia., RODRIGUES, Isméria., ASSIS, Maria Alice. Relatório do Estágio Supervisionado em Administração de Serviços de Alimentação. Julho/86.

7.2. Recomendações para Futuros Trabalhos:

Este trabalho apresenta diversas e interessantes proposições para seu complemento. Uma delas é a ampliação do número de entrevistados a fim de se obter uma amostra mais representativa dos usuários do RU. Para isto, é preciso que alterações no questionário aplicado (anexo I) sejam processadas de forma a torná-lo mais acessível.

Com relação aos modelos de programação formulados, um exame no conjunto de restrições que levam à linearização da função objetivo em (35) pode ser realizado. Glover⁽³¹⁾ apresenta algumas técnicas de combinação para reforçar apenas as não linearidades de interesse do problema. Tais técnicas podem conduzir a um problema de dimensões muito menores das que foram utilizadas.

O algoritmo apresentado para a solução da alocação dos itens principais pode ser formulado, também, como um problema de programação linear inteira. Para tal, considere-se a seguinte função objetivo:

31) GLOVER, F. & WOOLSEY, E. Converting the 0-1 polynomial programming problem to a 0-1 linear program. Operations Research, 22:180-2, 1974.

$$\text{Max. } \sum \lambda_j \quad (41)$$

sujeito a:

$$x_{ij} - x_{kj} = t_j + \lambda_j \quad K = i-1; \quad i=1, \dots, D \quad (41.1)$$

$$x_{ij} - x_{i\ell} \geq 1 - \delta_i M \quad \begin{array}{l} j=1, \dots, n \\ \ell=1, \dots, I_v \end{array} \quad (41.2)$$

$$x_{i\ell} - x_{ij} \geq 1 - (1 - \delta_i) M \quad (41.3)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i \in I_v} x_{ij} = D(D+1)/2 \quad (41.4)$$

$$\delta_i \in \{0, 1\}; \quad \lambda_j \leq 0 \quad (41.5)$$

onde:

x_{ij} - dia em que o prato j foi servido pela i -ésima vez
(i depende da frequência de cada item);

D - número de dias do horizonte de planejamento;

I_v - conjunto dos elementos pertencentes a uma componente da refeição;

v - número de componentes de uma refeição;

n - número de itens.

A implementação desta solução pode ser uma boa alternativa para o algoritmo proposto em 5.3..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01) ANDERSON, A.M. & EARLE, M.D. Diet planning in the third world by linear and goal programming. Journal of The Operational Research Society, Great Britain Vol.34, no.1, 9-16, 1983.
- 02) BALINTFY, J.L. Mathematical Models of Menus. Naval Research, U.S.A., :1-10, jun. 1974.
- 03) BALINTFY, J.L. et alli. Modeling food preferences over time. Operations Research, U.S.A., 22:711-27, 1974.
- 04) BALINTFY, J.L. Equivalence relations in the theory of repetitive consumption. Naval Research, U.S.A. :651-7, dez., 1982.
- 05) BALINTFY, J.L. et alli. More about modeling food preferences. Operations Research, U.S.A., 23:839-40, 1975.
- 06) BENSON, P.H. Some implications of modeling food preferences over time. Operations Research, U.S.A., 23:839, 1975.
- 07) BRADLEY, S.P. et alli. Applied mathematical programming., U.S.A., Addison-Wesley Publishing, 1977.
- 08) DANTZIG, G.B. Linear programming extensions. Princeton University Press, 1963,
- 09) FRANCO, Guilherme. Nutrição texto básico e tabela de composição: química dos alimentos. 6.ed. Rio de Janeiro, Atheneu, 1982.

- 10) GLOVER, F. & WOOLSEY, E. Converting the 0-1 polynomial programming problem to a 0-1 linear program. Operation Research, 22:180.2, 1974.
- 11) HEHL, N.E. FORTRAN IV. São Paulo, Mc Graw-Will do Brasil, 1985.
- 12) HOMERO, C. & REHMAN, T. Anote on diet planning in the third world by linear and goal programming. Journal of the Operation Research Society, Great Britain, 35(6):555-8, 1984.
- 13) LAND, A.H. & POWELL, S. Fortran codes for mathematical programming: linear quadratic and discrete. New York, John Wiley & Sons, 1979.
- 14) DINDYCK, R.S. & RUBINFELD, D.L. Econometric models and economic forecasts. 26 ed. New York, Mc Graw-Hill, 1981.
- 15) SANTOS, Hudson P. Dietas de Custo Mínimo: Análise de Modelos de Adequação Nutricional para a População de Baixa Renda da Cidade de Curitiba. Tese de Mestrado, PGEP/UFSC, Florianópolis, 1985.
- 16) SAS Institute Inc. SAS USER'S GUIDE: STATISTICS, 1982 edition, Cary, N.C: SAS Institute Inc, 1982.
- 17) SMITH, V.E. Linear programming for the determination of palatable human diets. Journal of Farm Economics, 41: 272-83, 1959.

- 18) SIMONNARD, M. Linear programming. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1966.
- 19) STIGLER, G.J. The cost of subsistence. Journal of Farm Economics, 27:303-14, 1945.
- 20) BRASIL. Superintendência Nacional de Abastecimento. Delegacia de Santa Catarina. Tabela de Preços da SUNAB. (Florianópolis), 1986. (23p. listagem do computador).
- 21) BRASIL. Secretaria de Planejamento. Estudo Nacional da Defesa Familiar. Tabela de Composição dos Alimentos. Rio de Janeiro, IBGE, 1977.
- 22) WAGNER, H.M. Pesquisa Operacional. 2 ed. Rio de Janeiro, Prentice Hall do Brasil, 1985.
- 23) PASSOS, Clenia., RODRIGUES, Ismeria., ASSIS, Maria Alice. Relatório do Estágio Supervisionado em Administração de Serviços de Alimentação. Julho/86.

A N E X O - I

Este questionário foi elaborado com o objetivo de se estimar curvas de preferências por pratos servidos no Restaurante Universitário da UFSC.

Solicitamos a todos os respondentes que o preencham com bastante atenção evitando distorções na estimação das curvas.

PRATOS SERVIDOS NO R.U

1 - arroz

2 - feijão

CARNES E PEIXES

- 3 - picadinho à jardineira (carne bovina com cenoura e batata)
- 4 - file de peixe à milanesa
- 5 - peixe frito
- 6 - bife ao molho de pimentão
- 7 - bife rolê com toucinho
- 8 - bife à milanesa (carne bovina, farinha de trigo, ovos, farinha de rosca)
- 9 - bifê à dorê (carne bovina, farinha de trigo, ovos)
- 10 - bife ao molho rubro (carne bovina, massa de tomate, tomate, cebola)
- 11 - carne de porco frita
- 12 - carne de porco à brasileira (carne suína, massa de tomate, farinha de mandioca)
- 13 - carne moída com ovos e batata
- 14 - carne moída com legumes
- 15 - carne moída à moda inglesa (carne moída, soja, cebola, tomate, ervilha, azeitona)

- 16 - frango frito
- 17 - galinha desfiada(galinha, cebola, ervilham timate, pimentão)
- 18 - risoto
- 19 - carreteiro

SALADAS

- 20 - cenoura crua com tempero verde
- 21 - cenoura com repolho
- 22 - tomate com tempero verde
- 23 - tomate com tempero
- 24 - tomate com vagem
- 25 - primavera (tomate, salsicha, azeitona)
- 26 - mista (chuchu, couve-flor, tomate)
- 27 - repolho com tomate
- 28 - repolho com pimentão
- 29 - beterraba com tempero verde
- 30 - beterraba com cebola

COMPLEMENTO

- 31 - cenoura refogada
- 32 - cenoura com ovos e azeitonas
- 33 - farofa de linguiça(farinha de mandioca, linguiça bovina, azeitona)
- 34 - farofa fantasia(farinha de mandioca, carne bovina, azeitona)
- 35 - batata com maionese
- 36 - batata ã vapor
- 37 - purê de batata
- 38 - repolho refogado

- 39 - macarrão
- 40 - sopa de massa

SOBREMESA

- 41 - gelatina nevada
- 42 - sagü
- 43 . laranja
- 44 - pudim
- 45 - abacaxi
- 46 - banana

QUESTIONÁRIO

- 1 - Imagine que você tivesse comido cada um dos itens acima hoje, quantos dias você esperaria para saboreá-los novamente, levando em conta o seu objetivo de obter a máxima satisfação?

pratos	tempo em dia (to)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	

pratos	tempo em dia (to)
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	

2 - Suponha agora, que cada um dos pratos fossem colocados em leilão. Quanto você estaria disposto a pagar por eles? Considere esse valor entre 0 e 100 cruzados e os tempos apresentados na tabela seguinte. Imagine sempre que você comeu o prato hoje.

PRATOS	QUANTO VOCÊ PAGARIA APÓS					
	1 dia	2 dias	1 semana	2 semanas	1 ano	tq (tempo da questão 1)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						

3 - Considere uma refeição composta pelos seguintes itens:

- 1 - arroz
- 2 - feijão
- 3 - carnes e peixes
- 4 - acompanhamentos (ver os pratos que compõem este item)
- 5 - saladas.
- 6 - sobremesa

Coloque os itens por ordem de importância (primeiro os mais importantes) dentro de uma refeição e atribua uma nota para cada um. Sua nota pode variar de 0 a 10.

itens					
notas					

mais importante -----menos importante

4 - Se você estivesse compondo os pratos de uma refeição certamente acharia que determinados pratos não combinam. Segundo a escala abaixo, como você classificaria os pratos em termos de compatibilidade.

- 0 - não compatível
- (1 a 3) - compatibilidade ruim
- (4 a 6) - compatibilidade regular
- (7 a 9) - compatibilidade boa
- 10 - ótima compatibilidade.

OBS: Para responder esta questão utilize a tabela a seguir.

