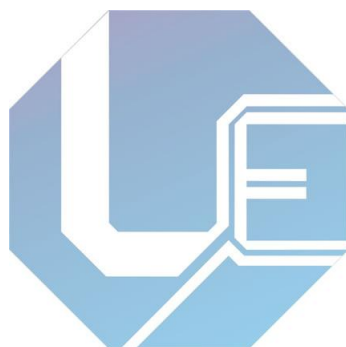


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



**PRÓ-DIETA: GERADOR AUTOMÁTICO DE  
CARDÁPIOS PERSONALIZADOS BASEADO EM  
ALGORITMOS GENÉTICOS**

FREDERICO RENATO GOMES

OUTUBRO  
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PRÓ-DIETA: GERADOR AUTOMÁTICO DE CARDÁPIOS  
PERSONALIZADOS BASEADO EM ALGORITMOS GENÉTICOS

Dissertação apresentada por Frederico Renato Gomes à  
Universidade Federal de Uberlândia perante a banca de  
examinadores abaixo, como requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Ciências.

Keiji Yamanaka, PhD (UFU)  
Shiguo Nomura, PhD (UFU)  
Leiner Resende Rodrigues, Dra. (UFTM)

Gomes, Frederico Renato.

PRÓ-DIETA: GERADOR AUTOMÁTICO DE CARDÁPIOS  
PERSONALIZADOS BASEADO EM ALGORITMOS GENÉTICOS / Frederico  
Renato Gomes. – 2012  
84 f.

Orientador: Keiji Yamanaka.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Uberlândia, BR-MG, 2012.

1. Algoritmos Genéticos. 2. Cardápios. 3. Dietas. 4. Nutrição. I. Yamanaka, Keiji, orientador. II Título.

**PRÓ-DIETA: GERADOR AUTOMÁTICO DE CARDÁPIOS  
PERSONALIZADOS BASEADO EM ALGORITMOS GENÉTICOS**

**FREDERICO RENATO GOMES**

Dissertação apresentada por Frederico Renato Gomes à  
Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de  
Mestre em Ciências.

---

Keiji Yamanaka, Phd  
Orientador

---

Alexandre Cardoso, Dr  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG – Brasil

---

G633p Gomes, Frederico Renato, 1973-  
2012 Pró-dieta: gerador automático de cardápios  
personalizados baseado em algoritmos genéticos / Frederico  
Renato Gomes. - 2012.  
170 p. : il.

Orientador: Keiji Yamanaka.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de  
Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.  
Inclui bibliografia.

1. Engenharia elétrica - Teses. 2. Algoritmos genéticos  
- Teses. 3.  
Cardápios - Teses. 4. Dietas - Teses. 5. Nutrição - Teses. I.  
Yamanaka, Keiji. II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III.  
Título.

CDU: 621.3

---

*Aos meu pais Antônio Geraldo e Rita, pela educação, exemplo e carinho. Aos meus filhos Lucas e Mateus pelo incentivo. E à minha esposa Geni, pelo companheirismo, apoio e compreensão.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por me conceder a dádiva da vida, por me confortar nos momentos de desespero e por iluminar os meus caminhos durante toda esta jornada.

Ao meu orientador professor Keiji Yamanaka que contribuiu com o meu crescimento acadêmico e profissional, que me orientou durante toda esta pesquisa com muita dedicação, paciência e comprometimento.

Aos meu pais, minha grande referência, meu maior exemplo de vida e inspiração.

Aos meus filhos e minha esposa que me apoiaram e que compreenderam as noites e fins de semanas dedicados aos estudos, sempre com carinho e muita dedicação.

Ao programa Minter UFU/IFTM e todos os envolvidos que propiciaram a realização do sonho de me tornar Mestre.

## RESUMO

O uso de sistemas computacionais e técnicas de Inteligência Artificial (IA) para resolver problemas do mundo real está cada vez mais frequente e, na área nutricional, não é diferente. No Brasil e no mundo, os sistemas mais encontrados são os de auxílio à prescrição de cardápios e formulação de dietas. Este trabalho apresenta uma metodologia de prescrição de cardápios e formulação de dietas, priorizando o atendimento aos preceitos de uma alimentação saudável e levando em conta a variedade de cores, a combinação de sabores, o equilíbrio na textura, a quebra da monotonia alimentar e o fornecimento de todos os nutrientes. Para analisar a aplicação desta metodologia, desenvolveu-se um sistema utilizando Algoritmos Genéticos a fim de buscar soluções satisfatórias em um tempo aceitável a partir de uma vasta tabela de alimentos disposta em medidas caseiras. O sistema desenvolvido também tem a finalidade de contribuir com as disciplinas de informática aplicadas à nutrição do Instituto Federal do Triângulo Mineiro. Os resultados experimentais obtidos foram satisfatórios, comprovando a eficácia da metodologia.

**Palavras-chave:** Algoritmos Genéticos; Cardápios; Dietas e Nutrição.



## **ABSTRACT**

The use of computer systems and artificial intelligence techniques to solve real world problems are increasingly common. In the nutrition area it is not different and, in Brazil and worldwide, systems are found to aid the prescription of food menus and diet formulation. The purpose of this paper is to present a methodology for prescription food menus and diet formulation, prioritizing the principles of healthy eating, emphasizing the variety of colors, combination of flavors, texture balance, the breaking of monotony and food supplying of all nutrients, besides contributing to the disciplines of Computer Science applied to Nutrition of the Federal Institute of Triangle Mineiro. To analyze this methodology, it was created a computer system using Genetic Algorithms to find satisfactory solutions in an acceptable time on a wide table food prepared in portion sizes. The experimental results were satisfactory, proving the effectiveness of the methodology.

**Keywords:** Genetic Algorithms; Food Menus; Diet and Nutrition.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1	Objetivo Geral .....	18
1.2	Objetivos Específicos .....	18
1.3	Estrutura da Dissertação .....	19
<b>2</b>	<b>TRABALHOS CORRELATOS .....</b>	<b>20</b>
2.1	PlaDiet(FLORES, 2007).....	20
2.2	DietPal(NOAH, 2004) .....	21
2.3	Avaliação alimentar utilizando técnicas de IA (STUMM, 2006).....	23
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTOS DE ALGORITMOS GENÉTICOS E DA PRESCRIÇÃO DE CARDÁPIOS.....</b>	<b>25</b>
3.1	Algoritmos Genéticos .....	25
3.2	Prescrição de cardápios .....	27
3.3	Estudo do Indivíduo .....	29
3.4	Recomendações Nutricionais .....	30
3.4.1	Gasto Energético Total (GET) .....	30
3.4.2	Da quantidade de proteínas, lipídeos e carboidratos .....	31
3.4.3	Da distribuição do GET e dos nutrientes energéticos pelas refeições; ..	31
3.4.4	Dos valores de minerais, vitaminas e fibras. ....	32
3.5	Planejamento do Plano Alimentar (Dieta).....	32
3.5.1	Seleção das preparações culinárias que devem compor cada refeição...	32
<b>4</b>	<b>O SISTEMA PRÓ-DIETA.....</b>	<b>34</b>
4.1	As bases de dados .....	35
4.2	Parametrização da dieta .....	38
4.3	Geração de cardápios.....	39

4.3.1	Pequenas Refeições .....	39
4.3.2	Grandes Refeições.....	48
4.3.3	Particularidades do AG .....	56
<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>60</b>
5.1	Ajustes de parâmetros.....	60
5.2	Avaliação do Pró-Dieta .....	65
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXO 1 – Interfaces de saída .....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXO 2 – Questionário de Avaliação do Software Pró-Dieta.....</b>	<b>82</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

AG	-	Algoritmos Genéticos
ER	-	Erro Calórico
GEB	-	Gasto Energético Basal
GET	-	Gasto Energético Total
IA	-	Inteligência Artificial
IFTM	-	Instituto Federal do Triângulo Mineiro
IMC	-	Índice de Massa Corporal
OMS	-	Organização Mundial de Saúde
PC	-	Probabilidade de Cruzamento
PI	-	Peso Ideal
PM	-	Probabilidade de Mutação
POP	-	População Inicial

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura básica de um AG.....	26
Figura 2 - Arquitetura do Sistema.....	34
Figura 3- Fluxograma simplificado do funcionamento do sistema.....	35
Figura 4 - Registro da Tabela de Guarnições.....	36
Figura 5- Interface de configuração da tabela Alimentos Personalizada.....	37
Figura 6- Atributos da tabela Pacientes .....	37
Figura 7– Tela de parametrização da Dieta .....	38
Figura 8 - Cromossomo pequena refeição .....	39
Figura 9 – Roleta obtida da tabela 7, Pequenas Refeições.....	43
Figura 10 – Exemplo de cruzamento, Pequenas Refeições. ....	46
Figura 11 - Exemplo de mutação, Pequenas Refeições. ....	47
Figura 12- Cromossomo Grandes Refeições. ....	48
Figura 13 – Roleta obtida da tabela 12, Grandes Refeições. ....	52
Figura 14 – Exemplo de cruzamento, Grandes Refeições. ....	55
Figura 15- Exemplo de mutação, grande refeição. ....	56
Figura 16 - Características do paciente .....	60
Figura 17- Avaliação nutricional do paciente .....	61
Figura 18 - Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Funcionalidade" .....	66
Figura 19- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Usabilidade" .....	66
Figura 20- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Confiabilidade" .....	67
Figura 21- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Eficiência" .....	68
Figura 22- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Portabilidade" .....	68
Figura 23- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Sobre o Sistema" .....	69
Figura 24- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Avaliação de desempenho" .....	70

Figura 25 - Gráfico consolidado com todos os tópicos de Avaliação.....	70
Figura 26 - Interface de Saída - Desjejum .....	75
Figura 27 - Visualização da Impressão - Desjejum .....	76
Figura 28 - Interface de Saída - Almoço.....	76
Figura 29 - Visualização da Impressão - Almoço.....	77
Figura 30 - Interface de Saída - Lanche.....	78
Figura 31 - Visualização da Impressão - Lanche.....	78
Figura 32 - Interface de Saída – Jantar .....	79
Figura 33 - Visualização da Impressão - Jantar .....	80
Figura 34- Interface de Saída - Cardápio Diário.....	80
Figura 35 - Visualização da Impressão - Cardápio Diário.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Peso Ideal pelo IMC .....	29
Tabela 2 – Calculo do GEB em função da idade e do sexo .....	31
Tabela 3 – Fator de Atividade .....	31
Tabela 4 – Porcentagem de nutrientes em relação ao GET .....	31
Tabela 5 – Distribuição do percentual do GET por refeição .....	32
Tabela 6– População Inicial de 10 indivíduos gerada pelo sistema Pró-Dieta .....	40
Tabela 7 – Cálculo da aptidão relativa invertida para criação da roleta, Pequenas Refeições. ....	42
Tabela 8 – Exemplo do método do Torneio, Pequenas Refeições.....	43
Tabela 9 – Resultado dos testes para escolha de método de seleção, Pequenas Refeições. ....	44
Tabela 10 – Valores finais dos testes de seleção, Pequenas Refeições.....	45
Tabela 11 – População Inicial de 10 indivíduos gerada pelo sistema Pró-Dieta, Grandes Refeições. ....	49
Tabela 12 – Cálculo da aptidão relativa invertida para criação da roleta, Grandes Refeições. ....	51
Tabela 13 – Exemplo do método do Torneio, Grandes Refeições.....	52
Tabela 14 – Resultado dos testes para escolha de método de seleção, Grandes Refeições. ....	53
Tabela 15 – Valores finais dos testes de seleção, Grandes Refeições .....	54
Tabela 16 – Variação do ER em função do tempo de execução.....	57
Tabela 17 – Valores tabulados dos testes para obter os valores ideais de POP e quantidade de gerações, Pequenas Refeições. ....	62
Tabela 18 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PC, Pequenas Refeições .....	62
Tabela 19 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PM, Pequenas Refeições .....	63
Tabela 20 – Valores tabulados dos testes para obter os valores ideais de POP e quantidade de gerações, Grandes Refeições.....	64
Tabela 21 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PC, Grandes Refeições. ....	64

Tabela 22 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PM, Grandes Refeições. ....	65
--	----



## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Kopelman, (2000) a incidência de sobrepeso e obesidade assumiu proporções epidêmicas na população mundial. São observadas prevalências crescentes de excesso de peso, contribuindo com o aumento das doenças crônicas não transmissíveis. A essas são associadas as causas de morte mais comuns atualmente. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a hipertensão arterial e a obesidade correspondem aos dois principais fatores de risco responsáveis pela maioria das mortes e doenças no mundo (WHO, 2002).

No Brasil, as doenças cardiovasculares correspondem à primeira causa de morte há pelo menos quatro décadas, acompanhada da ascensão de algumas neoplasias malignas e de um aumento expressivo da mortalidade por diabetes (LESSA, 2004). O padrão alimentar nas áreas metropolitanas do Brasil tem se caracterizado pelo consumo excessivo de produtos alimentícios industrializados, em detrimento da ingestão de alimentos regionais e tradicionais, como a farinha de mandioca, o arroz e o feijão, e por um consumo reduzido de frutas e hortaliças (BITTENCOURT; RIBEIRO; NEVES, 2009). As mudanças no padrão alimentar da população brasileira, o aumento da incidência de doenças e agravos não transmissíveis e a influência de fatores ambientais e da mídia constituem fatores que têm contribuído para que as pessoas busquem alternativas de melhoria da qualidade de vida. Dentre elas, destaca-se a adoção de uma alimentação saudável, cuja relação com a saúde tem sido reconhecida por consumidores de diferentes seguimentos da sociedade (BITTENCOURT; RIBEIRO; NEVES, 2009).

Um problema há muito discutido é a qualidade da alimentação da população, que deve conter os nutrientes necessários para uma boa nutrição. Diversos estudos têm demonstrado que o Brasil, assim como outros países em desenvolvimento, convive com a transição nutricional, determinada frequentemente pela má-alimentação (SOUZA, 2010).

A obesidade é uma condição que aumenta o risco de morbidade nas principais doenças crônicas: hipertensão, dislipidemia, diabetes, doença coronariana, alguns tipos de câncer e colecistite e, embora não se conheça uma estratégia adequada de prevenção, sua prevenção e tratamento apresentam-se como um dos grandes desafios deste século. A

importância que a obesidade vem assumindo no Brasil (SICHERI; MONTEIRO; COUTINHO, 2000) não pode ser ignorada e a anunciada epidemia de obesidade nos Estados Unidos é fato também no Brasil. Portanto, o estabelecimento de dietas saudáveis deve contemplar como prioridade a prevenção do ganho de peso. Incluir o consumo alimentar e a atividade física no âmbito de comportamentos para uma vida saudável é talvez a mais importante tarefa de promoção da saúde (SICHERI; COITINHO; MONTEIRO; COUTINHO, 2000).

A importância de uma dieta com um cardápio variado está em atender a essas necessidades nutricionais corretamente sem que haja excessos ou ausência de determinado nutriente. A variação dos alimentos na dieta é quem garante uma alimentação equilibrada. Um cardápio variado também proporciona uma maior aceitação dos alimentos por conta dos indivíduos e, conseqüentemente, uma melhora no estado nutricional (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

Tradicionalmente, o profissional nutricionista, no momento de elaborar uma dieta individualizada, faz o levantamento fisiológico do paciente e parametriza essa dieta, elencando as necessidades energéticas do paciente, as possíveis refeições diárias, o percentual energético de cada refeição, os percentuais dos macronutrientes que irão compor estas refeições e seus hábitos alimentares.

De porte das informações referentes ao paciente, o nutricionista trabalha com uma tabela de alimentos, selecionando-os de acordo com as necessidades do paciente no intuito de atender a todos os preceitos da alimentação saudável. Essa tabela de alimentos deve conter, preferencialmente, as medidas caseiras, para que o paciente tenha condições de executar a dieta proposta em seu ambiente.

O desenvolvimento de uma dieta individualizada não é uma tarefa fácil. Um nutricionista pode levar várias horas para criar uma determinada dieta, visto serem muitas as variáveis a serem consideradas, tais como altura, peso, idade, sexo, índice de massa corporal (IMC), hábitos alimentares, condições socioeconômicas e nível de atividade física do paciente, além da combinação de cores e texturas dos alimentos, dentre outras variantes.

Destarte, o problema da criação de uma dieta individualizada que atenda a todos os requisitos nutricionais estabelecidos por um nutricionista, é modelado como um problema de programação linear inteira que, sendo NP-completo<sup>1</sup>, não pode ser resolvido exatamente no tempo desejado. Assim, justifica-se a escolha de Algoritmos Genéticos (AG) para a realização deste trabalho, pois, eles destacam-se por possuírem amplos espaços de busca e por serem do nível de complexidade de problemas NP-Completo (LINDEN, 2008), além de serem de fácil implementação e de garantir resultados satisfatórios sem a intervenção do usuário.

## **1.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é apresentar a modelagem computacional de um sistema de apoio que possa comprovar a eficácia de uma metodologia de prescrição de cardápios e de formulação de dietas que seja capaz de sugerir dietas personalizadas automaticamente para pessoas de 18 a 65 anos, respeitando todos os preceitos de uma alimentação saudável e de predileção do indivíduo. Com isso, haveria uma grande aproximação das necessidades de nutrientes individuais, evitando a monotonia alimentar e em um curto espaço de tempo.

## **1.2 Objetivos Específicos**

Especificamente, este trabalho objetiva:

1. Compreender como é feito o estudo do indivíduo pela área nutricional no intuito de aprender como planejar dietas e cardápios;
2. Aprimorar os conhecimentos relacionados aos conceitos e técnicas dos AG;
3. Identificar a melhor forma de se armazenarem as preparações culinárias e informações nutricionais;

---

<sup>1</sup> Problema computacional cuja complexidade é de ordem exponencial ou fatorial, com solução intratável computacionalmente, uma vez que apresenta solução com tempo de execução inaceitável. (LINDEN, 2008)

4. Criar uma ferramenta de nome Pró-Dieta que seja capaz de aplicar o desenvolvimento de cardápios e dietas obedecendo a todos os conceitos nutricionais utilizando as técnicas de AG.

### **1.3 Estrutura da Dissertação**

Na seção 2 deste trabalho, serão descritos e analisados os trabalhos correlatos ao escopo desta pesquisa. Na seção 3, os fundamentos da prescrição de cardápios e de elaboração de dietas. Na seção 4, será apresentado o modelo de programação inteira não linear desenvolvido para analisar a metodologia proposta e sua implementação. Na seção 5, serão mostrados os testes e os resultados obtidos. Por fim, na seção seis, serão apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros.

## 2 TRABALHOS CORRELATOS

Durante a busca por trabalhos correlatos, verificou-se que o uso de técnicas computacionais e de IA são frequentes e, geralmente, reverte à avaliação nutricional e ao planejamento de dietas e cardápios alimentares.

Pode-se observar, também, a escassez de trabalhos correlatos baseados nos hábitos alimentares brasileiros.

Por meio desta pesquisa, chegou-se à relação de alguns trabalhos que serão apresentados a seguir.

### 2.1 PlaDiet(FLORES, 2007)

Sistema de computador desenvolvido para calcular dietas individuais seguindo todos os requisitos nutricionais estabelecidos por um especialista. O sistema possui um modelo de Programação Inteira não-linear que é resolvido usando AG.

O PlaDiet trabalha com uma base de dados de refeições pré-cadastradas, baseada na experiência dos especialistas do Departamento de Nutrição da Universidade de Sonora no México. Esta base de dados está dividida em refeições como café da manhã, Almoço, Jantar e intermediárias. A primeira parte do sistema faz a avaliação nutricional do paciente; feita esta avaliação, o usuário deve informar quais as refeições deseja gerar e por quantos dias; a partir daí, o sistema executa um AG que busca, dentre as refeições pré-cadastradas, as que mais se aproximem das necessidades nutricionais do paciente e garante a ausência de refeições repetidas durante a dieta.

Vantagens do sistema, de acordo com o autor:

- gerar dietas satisfatórias e num tempo aceitável;
- permitir ao usuário separar as refeições que não lhe agrada;
- calcular uma dieta aceitável por até 28 dias.

Desvantagens:

- o sistema trabalha com um esquema de medidas não muito usuais no dia a dia da população brasileira, como “um copo de suco”, “uma colherada de feijão”, haja visto que no cotidiano do brasileiro existem várias opções de medidas que são importantes para facilitar o acesso correto à quantidade do alimento (ex.: “uma concha cheia de feijão”, “uma colher de sopa cheia de arroz”, “uma lata de 355ml de suco de uva”, etc.);
- alguns alimentos são apresentados de forma genérica, como “uma fruta”, isto é, faltam informações de qual fruta, da quantidade específica (um gomo, meia, unidade pequena, etc.);
- sua base de dados armazena refeições completas, como um café da manhã composto de:
  - um copo de cereal BranFlakes;
  - um copo de leite desnatado;
  - uma fruta.
- a base de dados, caso armazenasse as preparações separadamente, ocuparia menos espaço e as opções de se formar refeições novas com essa preparação aumentariam consideravelmente.

## 2.2 DietPal(NOAH, 2004)

Sistema de computador com acesso via *web*, desenvolvido para calcular dietas individuais seguindo todos os requisitos nutricionais estabelecidos por nutricionistas da Associação dos Nutricionistas da Malásia. O sistema simula a consulta feita pelo nutricionista e calcula automaticamente as necessidades calóricas dos pacientes; porém, o nutricionista ou profissional de saúde deve selecionar os alimentos a serem utilizados, ou se valer de dietas já armazenadas na base de dados do sistema. Feito isso, o nutricionista cria as tabelas de troca de alimentos por refeições. O sistema possui várias dietas armazenadas que vão de 1200 kcal a 2000 kcal e todas as dietas que são elaboradas são armazenadas para servirem para novos pacientes que tenham as mesmas características.

Tem como objetivo principal atender os pacientes de centros de saúde da zona rural da Malásia, onde apresenta maior escassez de profissionais nutricionistas.

Vantagens do sistema, de acordo com o autor:

- gerar dietas satisfatórias e permitir a utilização de dietas já armazenadas como referência a novos pacientes;
- permitir ao usuário separar as refeições que não lhe agrada;
- ser acessível via *web*, podendo atender um maior número de profissionais simultaneamente.

Desvantagens:

- da mesma forma que o Pladiet (seção 2.1), este também trabalha com um esquema de medidas não muito usuais no dia a dia da população brasileira, haja visto que no cotidiano do brasileiro existem várias opções de medidas que são importantes para facilitar o acesso correto à quantidade do alimento (ex.: “uma concha cheia de feijão preto cozido”, “uma colher de sopa cheia de arroz branco cozido”, etc.);
- o cardápio não é sempre sugerido automaticamente após a inserção dos dados do paciente. Caso haja pré-armazenada uma dieta compatível com as características do paciente, ela é sugerido automaticamente; caso isso não aconteça, ela tem que ser montada pelo nutricionista;
- sua base de dados armazena dietas diárias completas, ao passo que se armazenasse as preparações separadamente, a base de dados ocuparia menos espaço e as opções para se formarem novas refeições com esta preparação aumentariam consideravelmente;
- no Brasil, muitas regiões ainda não desfrutam de acesso à Internet de qualidade, transformando, assim, um programa via *web* restrito a grandes centros, além da necessidade em se manter o programa hospedado.

### 2.3 Avaliação alimentar utilizando técnicas de IA (STUMM, 2006)

Sistema de computador desenvolvido para avaliar e monitorar a qualidade da alimentação de crianças de 7 a 20 anos através de lógica Fuzzy.

O sistema recebe a prescrição das dietas e avalia sua qualidade considerando todos os preceitos da boa alimentação, classificando-as através de lógica Fuzzy em “inadequado”, “parcialmente inadequado” e “adequado” e sugerindo melhorias à dieta no intuito de deixá-la aceitável.

Vantagens do sistema, de acordo com o autor:

- mostrou-se, após testado por um especialista, coerente em avaliar as dietas analisadas;
- poderia ser usado para avaliação dos cardápios e dietas sugeridos pelo Pró-Dieta;
- é acessível via *web*, podendo atender um maior número de profissionais simultaneamente.

Desvantagens:

- foge um pouco ao escopo do artigo em questão, por focar a monitoração e avaliação de dietas, e não a geração;
- no Brasil, muitas regiões ainda não desfrutam de acesso à Internet de qualidade transformando, assim, um programa via *web* restrito a grandes centros, além da necessidade de se manter o programa hospedado.

Diferentemente dos sistemas encontrados na literatura, o sistema Pró-Dieta proposto neste trabalho apresenta uma metodologia de prescrever cardápios e formular dietas baseada nos preceitos de alimentação saudável e, principalmente, respeitando os hábitos alimentares da população brasileira, o que não acontece com o PlaDiet e o DietPal. Outra característica que difere o Pró-Dieta dos demais é a base de dados que armazena preparações culinárias com medidas caseiras brasileiras, e não cardápios de refeições inteiras. O Sistema apresenta uma programação não-linear através de AG, aliando a utilização da tecnologia atual com um caráter educacional na promoção da orientação alimentar, conforme ilustra o quadro 1.



Quadro 1 – Comparativo Pró-Dieta e correlatos

<b>Características PRÓ-DIETA</b>	<b>Pró-Dieta</b>	<b>DietPal</b>	<b>PlaDiet</b>	<b>Avaliação Alimentar</b>
Geração automática de Dietas	X	X	X	
Base de dados formatada no padrão das medidas caseiras brasileiras	X			
Base de dados de preparações culinárias, e não de refeições.	X			
Utilização de IA	X		X	X
Predileções do paciente	X	X	X	
Garantia de Equilíbrio da Textura dos Alimentos	X			
Garantia da variedade de cores	X			

### **3 FUNDAMENTOS DE ALGORITMOS GENÉTICOS E DA PRESCRIÇÃO DE CARDÁPIOS**

#### **3.1 Algoritmos Genéticos**

Algoritmos Genéticos são uma técnica de busca extremamente eficiente no seu objetivo de varrer o espaço de soluções e encontrar soluções próximas da solução ótima, quase sem necessitar de interferência humana.

São uma família de modelos computacionais inspirados na evolução, que incorporam uma solução potencial para um problema específico numa estrutura semelhante à de um cromossomo e aplicam operadores de seleção e cruzamento a essas estruturas de forma a preservar informações críticas relativas à solução do problema (GOLDBERG, 1989 et al MICHALEWICZ, 1998 et al LINDEN 2008).

Deve ser observado que cada cromossomo, chamado de indivíduo no AG, corresponde a um ponto no espaço de soluções do problema de otimização. O processo de solução adotado nos AG consiste em gerar, através de regras específicas, um grande número de indivíduos, uma população, de forma a promover uma varredura tão extensa quanto necessária do espaço de soluções (GOLDBERG, 1989 et al MICHALEWICZ, 1998 et al LINDEN 2008).

Além da forma como o cromossomo é codificado, existem vários parâmetros do AG que podem ser escolhidos para melhorar o seu desempenho, adaptando-o às características particulares de determinadas classes de problemas. Entre eles, os mais importantes são o tamanho da população, o número de gerações, a probabilidade de cruzamento e a probabilidade de mutação. A influência de cada parâmetro no desempenho do algoritmo depende da classe de problemas que se está tratando. Assim, a determinação de um conjunto de valores otimizado para estes parâmetros dependerá da realização de um grande número de experimentos e testes. O tamanho da população e o número de gerações dependem da complexidade do problema de otimização e devem ser determinados experimentalmente. No entanto, deve ser observado que o tamanho da população e o número de gerações definem diretamente o tamanho do espaço de busca a ser coberto. Existem estudos que utilizam um AG como método de otimização para a escolha dos

parâmetros de outro AG, devido à importância da escolha correta destes parâmetros (GOLDBERG, 1989 et al MICHALEWICZ, 1998 et al LINDEN 2008).

A estrutura básica do algoritmo genético é mostrada na figura 1:

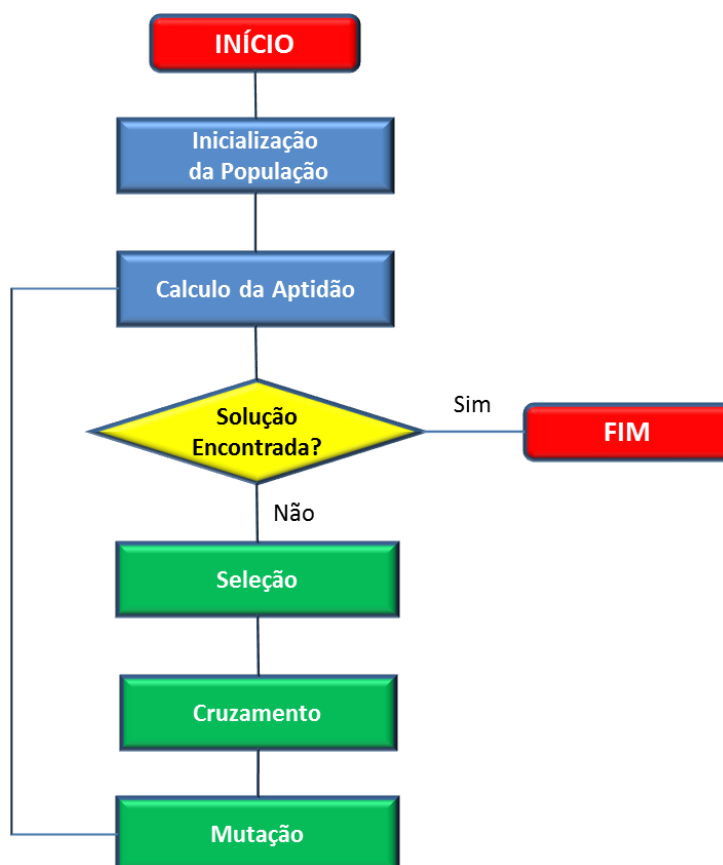


Figura 1 - Estrutura básica de um AG

Neste trabalho, quatro aspectos foram determinantes pela escolha do AG na solução deste problema em detrimento dos métodos tradicionais de busca e otimização:

- AGs trabalham com uma codificação do conjunto de parâmetros, e não com os próprios parâmetros;
- AGs trabalham com uma população, e não com um único ponto;
- AGs utilizam informações de custo ou recompensa, e não derivadas ou outro conhecimento auxiliar;
- AGs utilizam regras de transição probabilísticas e não determinísticas.

(GOLDBERG, 1989 et al HOLLAND, 1992 et al MICHALEWICZ, 1998 et al LINDEN 2008).

Os AG's são utilizados para resolver vários tipos de problemas, tais como:

- síntese de circuitos analógicos: para certa entrada e uma saída desejada, por exemplo, tensão elétrica, o AG gera a topologia, o tipo e o valor dos componentes do circuito;
- síntese de protocolos: determinação de quais funções do protocolo devem ser implementadas em *hardware* e quais devem ser implementadas em *software* para que um certo desempenho seja alcançado;
- programação genética: gera a listagem de um programa, numa determinada linguagem especificada, para que um determinado conjunto de dados de entrada forneça uma saída desejada;
- gerenciamento de redes: supervisão do tráfego nos *links* e das filas nos "*buffers*" de roteadores para descobrir rotas ótimas e para reconfigurar as rotas existentes no caso de falha de algum *link*;
- computação evolutiva: gera programas que se adaptam a mudanças no sistema ao longo do tempo;
- problemas de otimização complexos: problemas com muitas variáveis e espaços de soluções de dimensões elevadas. Ex: PRÓ-DIETA: sistema automático de geração de cardápios personalizados, problema do caixeiro viajante, gerenciamento de carteiras de fundos de investimento;
- ciências biológicas: modela processos biológicos para o entendimento do comportamento de estruturas genéticas (LINDEM, 2008).

### 3.2 Prescrição de cardápios

A geração de um cardápio nutricionalmente correto baseia-se em alguns parâmetros, dentre eles o principal é o Gasto Energético Total (GET) que varia segundo idade, peso, altura, nível de atividade física, que considera a presença ou não de alguma doença e que varia também em situações fisiológicas como períodos de gravidez e lactação. A necessidade de energia de um indivíduo é o nível de ingestão de energia a partir do alimento que irá equilibrar o gasto de energia quando tal indivíduo possui certo tamanho e

composição corporal e nível de atividade física consistente com boa saúde e longo prazo e que irá levar em consideração a manutenção da atividade física economicamente necessária e socialmente desejável.

O cardápio é definido como a lista de preparações culinárias que compõem uma refeição. Constitui parte importante do plano alimentar e, para sua elaboração, devem-se considerar o estudo do indivíduo, as recomendações nutricionais e o planejamento do plano alimentar (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

De acordo com a professora nutricionista Dione Chaves de Macedo, na elaboração do cardápio é comum e aceitável uma diferença de até 100 gramas numa dieta diária para mais ou para menos em relação à necessidade de energia do indivíduo. Isso significa que é aceitável uma diferença em Kcal de até 525 kcal, uma vez que cada grama de lipídeo gera 9 kcal de energia e cada grama de carboidrato e proteína gera 4 kcal de energia, considerando ainda a Tabela 4 que estabelece a porcentagem de nutrientes em relação ao GET. Para chegar neste valor de 525 kcal o seguinte calculo foi efetuado:

Diferença aceitável em gramas = 100, onde 15% devem ser de proteínas, portanto, 15 gramas \* 4 kcal = 60 kcal, mais 60% que devem ser de carboidratos perfazendo 60 gramas \* 4 kcal = 240 kcal, mais 25% que devem ser de lipídeos perfazendo 25 gramas \* 9 kcal = 225 kcal.

De acordo com esta informação a diferença calórica total aceitável ficaria até 525 kcal diárias, como a proposta é atender a prescrição de cardápios de no máximo 4 refeições diárias, chegou-se ao valor de 131,25 kcal por refeição.

Outro ponto importante citado pela professora nutricionista foi a caracterização e importância da variação das cores e textura das preparações culinárias, de acordo com ela as preparações culinárias complemento, entrada, guarnição e sobremesa são classificadas em amarelas, verdes, vermelhas ou marrons e que para garantir a variedade dos nutrientes nas refeições almoço e jantar deve-se evitar a repetição de preparações culinárias com as mesmas cores. No tocante a textura, as preparações culinárias prato principal e guarnição devem ter texturas diferentes, no intuito de garantir o equilíbrio da refeição. A textura das preparações culinárias pode ser pastosa ou firme.

### 3.3 Estudo do Indivíduo

A caracterização do indivíduo é de suma importância para a perfeita adequação do cardápio e, conseqüentemente, do plano alimentar (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008). O levantamento dos dados do paciente para sua caracterização começa pela reunião dos dados idade, sexo, altura e peso atual, além do cálculo do seu peso ideal (PI), segundo o IMC. O IMC calcula o nível de adiposidade em relação à altura.

O peso corporal do paciente deve ser calculado através do IMC, de acordo com a fórmula:  $IMC = \text{Peso (kg)} / \text{Altura}^2 \text{ (m)}$ .

A OMS utiliza a tabela 1 de PI pelo IMC para avaliar a situação nutricional dos indivíduos (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008):

**Tabela 1– Peso Ideal pelo IMC**

<b>Situação</b>	<b>IMC em adultos</b>
Desnutrição (abaixo do PI)	Abaixo de 18,5
Eutrófico (no PI)	Entre 18,5 e 24,9
Sobrepeso (Acima do PI)	Entre 25 e 29,9
Obeso	Acima de 30

Fonte: (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

Se o paciente estiver fora dos limites de eutrofia, deve ser proposto o PI, de acordo com o seguinte cálculo de IMC:

$$PI = A^2 * IMC \text{ (ideal)}$$

Sendo:

PI: peso ideal

A<sup>2</sup>: altura ao quadrado, em metros.

IMC Ideal: constitui-se dos limites mínimo (18,5) e máximo (24,9) da eutrofia. Também pode ser utilizada a média aritmética entre estes valores (21,7) – para o desenvolvimento do sistema será utilizada a média aritmética da eutrofia (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

Levar em consideração se o paciente está em crescimento, gestação e lactação. Para o desenvolvimento do sistema, aplica-se apenas a gestação, uma vez que o seu objetivo é atender indivíduos de 18 a 65 anos (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

Classificar o paciente conforme suas atividades rotineiras, tais como o trabalho, a prática desportiva e o estudo (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

Hábitos de vida, restrição em função de patologias, restrição religiosa ou filosófica e condição socioeconômica e cultural (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

### **3.4 Recomendações Nutricionais**

As recomendações nutricionais consistem na determinação do GET, na determinação das quantidades dos nutrientes energéticos e sua distribuição pelas refeições, além da determinação dos valores de minerais, vitaminas e fibras (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

#### **3.4.1 Gasto Energético Total (GET)**

O GET corresponde à energia gasta pelo organismo no período de 24 horas, varia fundamentalmente com a atividade exercida e deve ser calculado pela seguinte fórmula (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008):

$$\text{GET} = \text{GEB (Gasto Energético Basal)} * \text{FA (Fator Atividade)}.$$

##### **3.4.1.1 Gasto Energético Basal (GEB)**

Representa uma cota energética básica necessária para a vida vegetativa: paciente em repouso, em temperatura ambiente de 20°C e em jejum de 12 a 16 horas (DA SILVA; BERNARDES, 2004).

Para se calcular o GEB, é utilizada a tabela 2, em que 'P' representa o peso do paciente em Kg e 'A' representa a altura do paciente em cm (DA SILVA; BERNARDES, 2004).

Tabela 2 – Cálculo do GEB em função da idade e do sexo

SEXO	FAIXA ETÁRIA	EQUAÇÃO
MASCULINO	10 – 18	$GEB = 16,6 P + 77 A + 572$
	18 – 30	$GEB = 15,4 P - 27 A + 717$
	30 – 60	$GEB = 11,3 P + 16 A + 901$
	> 60	$GEB = 8,8 P + 1128 A - 1071$
FEMININO	10 – 18	$GEB = 7,4 P + 482 A + 217$
	18 – 30	$GEB = 13,3 P + 334 A + 35$
	30 – 60	$GEB = 8,7 P - 25 A + 865$
	> 60	$GEB = 9,2 P + 637 A - 302$

Fonte: (DA SILVA; BERNARDES, 2004).

### 3.4.1.2 Fator de Atividade (FA)

O FA representa níveis de atividades desenvolvidas pelo paciente de acordo com a tabela 3, conforme recomendado pela OMS/FAO (DA SILVA; BERNARDES, 2004).

Tabela 3 – Fator de Atividade

MASCULINO	1,55	1,78	2,10
FEMININO	1,56	1,64	1,82
SEDENTÁRIO	1,40	–	–

Fonte: (DA SILVA; BERNARDES, 2004).

### 3.4.2 Da quantidade de proteínas, lipídeos e carboidratos

De acordo com a OMS e citado em Galisa; Esperança; De Sá (2008) as refeições devem seguir uma porcentagem de contribuição dos nutrientes energéticos em relação ao GET do paciente de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 – Porcentagem de nutrientes em relação ao GET

NUTRIENTE	% MÍNIMO E MÁXIMO
PROTEÍNAS	10 a 15
LIPÍDEOS	15 a 30
GLICÍDEOS	55 a 60

Fonte: (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

### 3.4.3 Da distribuição do GET e dos nutrientes energéticos pelas refeições;

O paciente deve fazer, no mínimo, quatro refeições diárias e o percentual do GET que cada uma deve conter é distribuído conforme a tabela 5 (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).



Tabela 5 – Distribuição do percentual do GET por refeição

REFEIÇÃO	% DO GET
Desjejum	20
Almoço	30 a 40
Lanche	10
Jantar	30 a 40

Fonte: (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

#### 3.4.4 Dos valores de minerais, vitaminas e fibras.

Em relação aos alimentos fontes, a recomendação da OMS é de consumo  $\geq 400\text{g}$  de vegetais e frutas por dia (GUIMARÃES; GALISA, 2008).

### 3.5 Planejamento do Plano Alimentar (Dieta)

O planejamento do Plano Alimentar deve se basear na seleção das preparações culinárias que devem compor cada refeição, no estabelecimento das quantidades individuais (*per capita*) de cada substância alimentar por refeição, no cálculo do valor calórico e dos nutrientes energéticos de cada refeição, dos minerais, das vitaminas e das fibras, com os ajustes necessários, sem deixar de observar a biodisponibilidade dos nutrientes (GALISA; ESPERANÇA; DE SÁ, 2008).

#### 3.5.1 Seleção das preparações culinárias que devem compor cada refeição

Na elaboração dos cardápios, devem-se observar os seguintes preceitos de uma alimentação saudável: variedade das cores, combinação dos sabores, equilíbrio da textura, evitamento da monotonia e garantia do fornecimento de todos os nutrientes (GUIMARÃES; GALISA, 2008).

##### 3.5.1.1 Desjejum

- Fruta.
- Leite ou derivados.
- Pão ou outros cereais.

### 3.5.1.2 Almoço/Jantar

- **Entrada:** salada ou sopa.
  - equilibrar o sabor e a textura com os demais componentes do cardápio. As sopas são mais aceitas no inverno e as saladas no verão.
- **Prato Principal:** carne, peixe, aves ou ovos.
  - o prato principal constitui a base do planejamento do cardápio, sendo responsável pelo aporte de proteína.
- **Guarnição:** vegetal ou massa.
  - a preparação selecionada deve se harmonizar com o prato principal, respeitando o sabor e a consistência.
- **Prato base:** arroz e feijão.
  - a combinação – arroz com feijão – é um hábito brasileiro, que precisa ser reforçado em função de seu importante valor nutricional. O prato base permite que o nutricionista faça o ajuste do valor energético do cardápio. O feijão pode ser substituído por outras leguminosas.
- **Sobremesa:** doce ou fruta.
  - em função do perfil do estado nutricional da população brasileira, com tendência ao excesso de peso, deve-se preferir as frutas *in natura*.
- **Complemento:** suco, refrigerante temperos, molhos de salada, etc.

### 3.5.1.3 Colação, Lanche, ceia.

- Leite ou derivados, fruta ou suco de fruta, cereais ou, ainda, o conjunto deles.

Depois da fundamentação do problema, ficou caracterizado que na geração automática de cardápios não se procura uma solução ótima, e sim várias soluções próximas da ótima, além de se tratar de um problema cujo tempo necessário para resolução é considerado inaceitável para os requerimentos do usuário da solução (Linden, 2008).

Sendo assim, a técnica da inteligência computacional mais apropriada para resolver o problema da geração automática de cardápios são os AG.

#### 4 O SISTEMA PRÓ-DIETA

A metodologia proposta é a de conseguir gerar cardápios personalizados automaticamente, com apenas poucos cliques do *mouse*, de forma que atendam aos preceitos da alimentação saudável, respeitando as características do indivíduo, as recomendações nutricionais e a forma de se planejarem dietas. No intuito de garantir a variação dos alimentos, sem quebrar os hábitos alimentares do paciente, é prevista a personalização da tabela de alimentos. A arquitetura do sistema pode ser observada na figura 2.

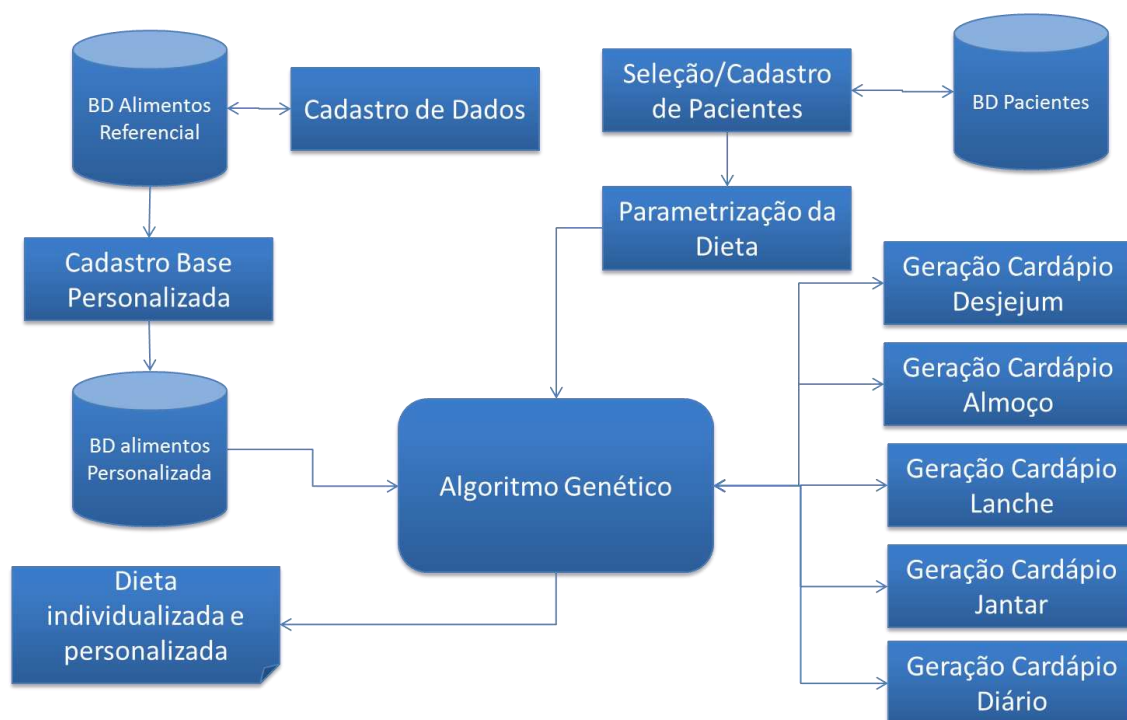


Figura 2 - Arquitetura do Sistema

Na figura 3 está o fluxograma simplificado do funcionamento do sistema.

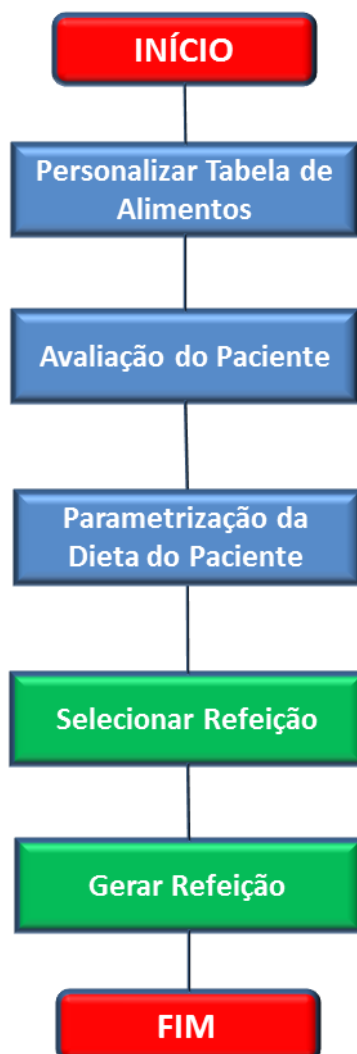


Figura 3- Fluxograma simplificado do funcionamento do sistema

#### 4.1 As bases de dados

O Pró-Dieta utiliza três bases de dados, a base Alimentos Referencial, a Alimentos Personalizada e a Pacientes. As duas primeiras, com 10 tabelas cada, representam as preparações culinárias que devem compor cada refeição. As tabelas são: tb\_Arroz, tb\_bebida, tb\_entrada, tb\_feijao, tb\_fruta, tb\_guarnicao, tb\_leite, tb\_paes, tb\_principal e tb\_sobremesa. Esta relação de tabelas foi definida de acordo com o item 3.3.1 deste trabalho, que se refere à seleção das preparações culinárias que deve compor cada refeição.

A base de dados Alimentos Referencial recebeu os dados digitalizados do livro “Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras” (PINHEIRO; LACERDA; BENZECRY; GOMES; DA COSTA, 2004) e servirá de referência para a

base de dados Alimentos Personalizada que é destinada à personalização dos alimentos de acordo com os hábitos alimentares do paciente. São os dados armazenados na base Alimentos Personalizada que serão utilizados no espaço de busca do AG. A figura 4 apresenta a tela com os atributos da tabela tb\_guarnicao da base Alimentos Referencial.

**Cadastro de Guarnições**

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>		
1	ABOBORA COZIDA PICADA		
<b>Medida</b>	<b>Quantidade</b>		
COLHER SOPA CHEIA	36		
<b>Energia Kcal</b>	<b>Lipídeos Kcal</b>	<b>Cor</b>	<b>Textura</b>
25,2	1,44	2	2
<b>Proteínas Kcal</b>	<b>Cálcio mg</b>	1 Amarelo	1 Textura Firme
2,6	7,39	2 Vermelho	2 Textura Pastosa
<b>Carboidratos Kcal</b>	<b>Ferro mg</b>	3 Verde	
21,16	0,38	4 Marron	

Barra de Ferramentas: Inserir, Apagar, Anterior, Próximo, Salvar, Cancelar, Atualizar, Localizar

**Figura 4 - Registro da Tabela de Guarnições**

O sistema prevê uma interface onde o usuário possa selecionar os alimentos que lhe agradam em cada tabela da base Alimentos Referencial e estes são transportados automaticamente para a sua tabela correspondente na base de dados Alimentos Personalizada. Desta forma, é possível preservar os hábitos alimentares do paciente. Esta interface é ilustrada pela figura 5.

Relação de Pratos Base

Relação de Tabelas

Bebida ARROZ Entrada Frutas Guarnição Leite e Derivados Pães e Cereais Prato Principal Sobremesa FEIJÃO

Tabela Geral de Alimentos: **GUARNIÇÃO**

Descrição	Medida Caseira	QT	Kcal	Proteínas	Carboidratos	Lipídeos	Calcio	Ferro
ABOBORA COZIDA PICADA	COLHER SOPA CHEIA	36	25,2	2,6	21,16	1,44	7,39	0,38
ABOBORA COZIDA PICADA	COLHER DE SOPA RASA	16	11,2	1,16	9,4	0,63	3,28	0,17
ABOBORA COZIDA PICADA	ESCUMADEIRA MEDIA CHEIA	100	70	7,2	58,8	4,05	20,53	1,05
ABOBORA COZIDA PICADA	ESCUMADEIRA MEDIA RASA	70	49	5,04	41,16	2,88	14,37	0,74
ABOBORA COZIDA	PEDAÇO MEDIO	50	35	3,6	29,4	2,07	10,27	0,53
ABOBORA COZIDA	PEDAÇO PEQUENO	30	21	2,16	17,64	1,26	6,16	0,32
ABOBORA REFOGADA PICADA	COLHER DE SOPA CHEIA	30	35,1	2,24	18,2	14,76	6,61	0,33
ABOBORA REFOGADA PICADA	COLHER DE SOPA RASA	20	23,4	1,48	12,16	9,81	4,41	0,22
ABOBORA REFOGADA PICADA	ESCUMADEIRA MEDIA CHEIA	105	122,85	7,84	63,76	51,57	23,13	1,16

Limpar Tabela Personalizada

Tabela Personalizada de Alimentos: **GUARNIÇÃO**

Descrição	Medida Caseira	QT	Kcal	Proteínas	Carboidratos	Lipídeos	Calcio	Ferro
AIPIM COZIDO PICADO	COLHER DE ARROZ CHEIA	60	72	1,44	69,36	1,08	16,8	0,54
AIPIM COZIDO PICADO	COLHER DE SOPA CHEIA	30	36	0,72	34,68	0,54	8,4	0,27
AIPIM COZIDO PICADO	COLHER DE SOPA RASA	20	24	0,48	23,12	0,36	5,06	0,18
AIPIM COZIDO	PEDAÇO GRANDE	180	216	4,32	208,08	3,24	50,4	1,62
AIPIM COZIDO	PEDAÇO MEDIO	100	120	2,4	115,6	1,8	28	0,9
AIPIM COZIDO	PEDAÇO PEQUENO	50	60	1,2	57,8	0,9	14	0,45
AIPIM FRITO PICADO	COLHER DE ARROZ CHEIA	60	213,6	2,88	132,48	78,3	32,4	1,02
AIPIM FRITO PICADO	COLHER DE ARROZ RASA	35	124,6	1,68	77,28	45,72	18,9	0,6
AIPIM FRITO PICADO	COLHER DE SOPA CHEIA	35	124,6	1,68	77,28	45,72	18,9	0,6
AIPIM FRITO PICADO	COLHER DE SOPA RASA	20	71,2	0,96	44,16	26,1	10,8	0,34

Figura 5- Interface de configuração da tabela Alimentos Personalizada

A base de dados Pacientes possui uma única tabela, a qual armazena as informações referentes aos pacientes. Na figura 6, é possível visualizar os atributos dessa tabela, através da tela de cadastro do Pró-Dieta.

Area de Trabalho

Nome do Paciente  OK

NOME	IDADE	ALTURA	PESO	SEXO
AUGUSTO CEZAR TEIXEIRA	49	1,62	65	1
DIONE CHAVES DE MACEDO	52	1,76	68	2
FREDERICO RENATO GOMES	38	1,83	89	1
LETICIA PALHARES	28	1,57	56	2
LIVIA LETICIA ZANIER GOMES	27	1,52	53	2

Novo Paciente

CD  7 NOME  AUGUSTO CEZAR TEIXEIRA

Salvar alterações

IDADE  49 ALTURA  1,62 PESO  65 SEXO  1 1 - Masculino 2 - Feminino TELEFONE  33261141

Apagar Paciente

ENDERECO

Cancelar Alterações

EMAIL  AUGUSTOCEZAR@IFTM.EDU.BR

Alterar

Condições Nutricionais do Paciente **AUGUSTO CEZAR TEIXEIRA**  
IMC: 24,77 Peso Ideal 65,58

Detalhes da Dieta

Figura 6- Atributos da tabela Pacientes

## 4.2 Parametrização da dieta

Para que seja gerado um cardápio, alguns parâmetros devem ser cadastrados. Esses parâmetros vão influenciar diretamente na escolha dos alimentos e nas quantidades calóricas. Esses parâmetros devem ser classificados preferencialmente por um profissional nutricionista e sempre devem respeitar as especificações abordadas no capítulo 3 deste trabalho. A classificação destes parâmetros deve se basear no estado nutricional atual do paciente e levar sempre em consideração o objetivo nutricional a ser alcançado. Parâmetros como percentual de proteínas a ser ingerido em cada refeição podem ser determinantes no tratamento de distúrbios nutricionais como a anemia, assim como o percentual de carboidratos é diretamente ligado ao tratamento de pacientes com diabetes.

No intuito de garantir uma interface fácil e intuitiva, a seguinte tela foi criada, como ilustra a figura 7, para receber todos os parâmetros necessários para a geração do cardápio referente à refeição desejada.

**Elaborar Dieta**

FREDERICO RENATO GOMES

IMC: 26,58 PESO: 89 Kg ALTURA: 1,83 m IDADE: 38 Anos SEXO: Masculino

Fator de Atividade: Baixa

**Relação de Refeições Diárias**

Refeição	Porcentagem
Desjejum	20 %
Almoço	40 %
Lanche	10 %
Jantar	30 %

**% de nutrientes em relação ao GET**

Nutriente	Porcentagem
Proteínas	15 %
Lipídeos	25 %
Glicídeos	60 %

**Gerar Cardápios**

Desjejum

Almoço

Lanche

Jantar

Todos

**Calcular GET**

PESO IDEAL: 72,67

**Necessidade Calórica 2714,77 kcal**

Figura 7– Tela de parametrização da Dieta

### 4.3 Geração de cardápios

O Pró-Dieta foi desenvolvido para gerar cardápios de refeições individuais, tais como Desjejum, Almoço, Lanche e Jantar, além de oferecer um cardápio diário completo englobando as quatro refeições individuais.

A geração das refeições é feita através de AG adaptados às especificidades de cada grupo de refeições, sendo um grupo o das Grandes Refeições (Almoço e Jantar) e outro grupo o das Pequenas Refeições (Desjejum e Lanche).

#### 4.3.1 Pequenas Refeições

O AG utilizado para o grupo das Pequenas Refeições foi implementado para atender às necessidades calóricas dos pacientes, respeitando os percentuais de macronutrientes.

Este AG foi implementado com números inteiros e seu cromossomo conta com 3 genes, sendo que cada um representa uma preparação culinária que deve compor as refeições deste grupo, ou seja: o gene um refere-se à preparação culinária de nome Fruta; o gene dois refere-se à preparação culinária de nome Leite e Derivados; o gene três refere-se à preparação culinária de nome Pães e Cereais, como descreve a figura 8.

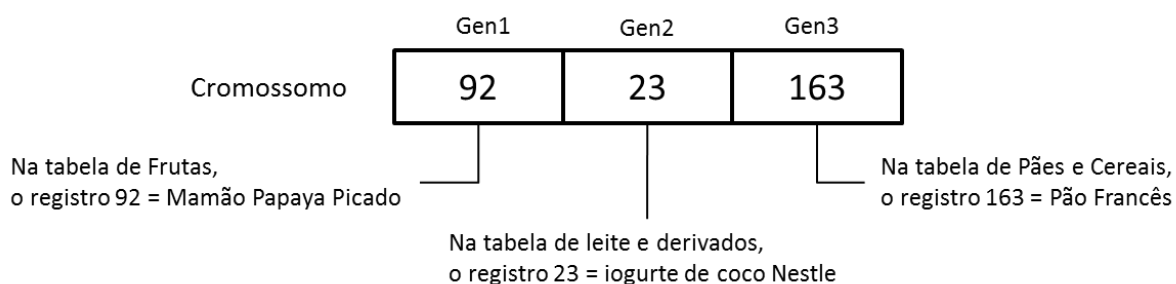


Figura 8 - Cromossomo pequena refeição

A população inicial (POP) deste AG é criada de forma aleatória e dirigida, uma vez que cada gene dos cromossomos dos indivíduos criados receberá os valores cadastrados na base 'Alimentos Personalizada', correspondente à tabela de cada preparação culinária. A criação da POP também passa por uma verificação de duplicidade, em que não são permitidos indivíduos idênticos. Na tabela 6, há um exemplo de POP gerada pelo sistema com 10 indivíduos e nenhuma duplicidade.



Tabela 6– População Inicial de 10 indivíduos gerada pelo sistema Pró-Dieta

População Inicial	Fruta	Leite e Derivados	Pães e Cereais
	Gen1	Gen2	Gen3
Ind1	33	347	143
Ind2	14	231	135
Ind3	21	111	112
Ind4	37	12	64
Ind5	44	213	17
Ind6	8	17	116
Ind7	11	5	73
Ind8	2	87	129
Ind9	4	29	45
Ind10	18	2	128

Para gerar a POP exemplificada na tabela 6, o AG criou uma matriz 3 X 10 e, para cada indivíduo, realizou o seguinte procedimento.

No geneGen1 do indivíduo Ind1, o AG foi na tabela tb\_fruta e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen2 do indivíduo Ind1, o AG foi na tabela tb\_leite e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen3 do indivíduo Ind1, o AG foi na tabela tb\_paes e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela.

Ao final da geração de todos os indivíduos da POP, um procedimento para verificar a ocorrência de indivíduos iguais foi iniciado e, em caso de identificação de igualdade, uma nova POP foi gerada até que não ocorresse igualdade entre seus indivíduos.

Após a geração da POP, cada indivíduo da população gerada é avaliado e classificado de acordo com o melhor atendimento às necessidades apresentadas para geração de cardápios.

Para garantir o sucesso do AG, esta avaliação é feita através de uma função de aptidão.

A função de aptidão é responsável pela classificação dos indivíduos da população. É através dela que os melhores espécimes são classificados, que posteriormente serão

selecionados para cruzamento e mutação, buscando sempre a evolução da espécie, ou seja, indivíduos mais qualificados. Para este AG, quanto menor o erro calórico (ER), mais qualificado será este indivíduo. A função de aptidão utilizada é:

$$ER = \left| \sum_{i=1}^3 pts_i + \sum_{i=1}^3 cbs_i + \sum_{i=1}^3 lps_i - (ptn + cbn + lpn) \right|$$

onde:

ER = erro calórico – o erro calórico é a diferença entre a quantidade de calorias necessárias para atender o paciente e a quantidade de calorias geradas pelo cardápio sugerido. Ao valor final deste erro calórico, ainda são acrescentadas restrições referentes a refeições que não apresentam a variação necessária de cores e textura.

pts = quantidade de proteínas encontradas na refeição

cbs = quantidade de carboidratos encontrados na refeição

lps = quantidade de lipídeos encontrados na refeição

ptn = quantidade de proteínas necessárias ao paciente nesta refeição

cbn = quantidade de carboidratos necessários ao paciente nesta refeição

lbn = quantidade de lipídeos necessários ao paciente nesta refeição

Depois que a população está devidamente classificada, o AG verifica se algum dos indivíduos desta população atende aos preceitos da geração de cardápios proposto, especificamente, ao paciente analisado. Caso isto ocorra, este indivíduo é apresentado como resultado final, ou seja, um cardápio personalizado e o AG são finalizados. Caso isso não ocorra, o AG começa o processo de seleção dos indivíduos para os procedimentos de cruzamento e mutação.

O processo de seleção utilizado pelo AG foi escolhido após alguns testes, onde foram avaliados os melhores resultados obtidos nas seleções de indivíduos através da roleta e através do torneio.

No Método da Roleta, no qual indivíduos de uma geração são escolhidos para fazer parte da próxima geração através de um sorteio de roleta, cada indivíduo da população é representado proporcionalmente ao seu índice de aptidão. Assim, aos indivíduos com alta aptidão é dada uma porção maior da roleta, enquanto aos de aptidão mais baixa é dada uma porção relativamente menor da roleta. Finalmente, a roleta é girada um determinado número de vezes, dependendo do tamanho da população, e são escolhidos, como indivíduos que participarão da próxima geração, aqueles sorteados na roleta. (LINDEN, 2008).

Para atender às necessidades propostas, algumas alterações no método da roleta foram necessárias, uma vez que a função de aptidão busca o indivíduo com menor valor. Sendo assim, após calcular a aptidão e a aptidão relativa, os indivíduos foram classificados e tiveram sua aptidão relativa invertida, conforme a tabela 7, no intuito de garantir que o indivíduo de menor valor da aptidão obtivesse a maior porção da roleta, conforme ilustra a figura 9.

**Tabela 7 – Cálculo da aptidão relativa invertida para criação da roleta, Pequenas Refeições.**

<b>Indivíduo</b>	<b>Aptidão</b>	<b>Aptidão Relativa</b>	<b>Aptidão Relativa Invertida</b>
Ind9	1	0,66	26,49
Ind8	4	2,65	23,18
Ind7	7	4,64	11,92
Ind3	10	6,62	8,61
Ind6	11	7,28	7,95
Ind2	12	7,95	7,28
Ind5	13	8,61	6,62
Ind1	18	11,92	4,64
Ind4	35	23,18	2,65
Ind10	40	26,49	0,66

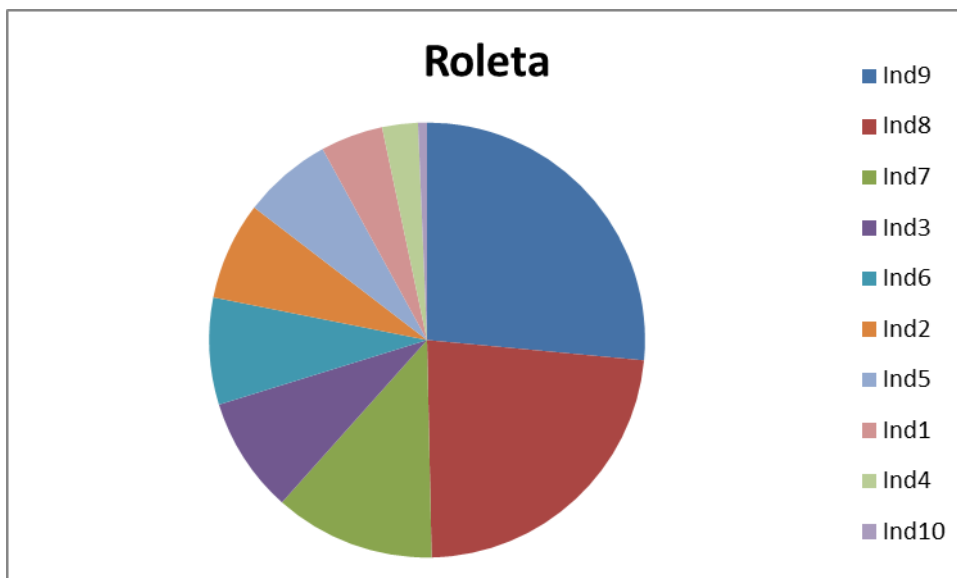


Figura 9 – Roleta obtida da tabela 7, Pequenas Refeições.

O Método do torneio consiste em  $k$  sorteios de acordo com o tamanho da população de  $n$  indivíduos por sorteio, em que se elege o indivíduo com melhor aptidão dentre os  $n$  indivíduos sorteados.

Utilizando o exemplo da POP ilustrada pela tabela 6, foi utilizado  $k = \text{tamanho da população} / 2$  e  $n = 3$ . Dessa forma, conforme a tabela 8, foram feitos 5 torneios no intuito de se selecionarem 2 indivíduos por torneio. Para a seleção de cada indivíduo do torneio, são sorteados 3 indivíduos, sendo escolhido o de menor aptidão.

Tabela 8 – Exemplo do método do Torneio, Pequenas Refeições.

Indivíduo	Aptidão	Torneio	Indivíduos sorteados	Indivíduos Selecionados
Ind9	1	1	1,1,3	3
Ind8	4	1	2,1,9	9
Ind7	7	2	7,3,9	9
Ind3	10	2	8,7,6	8
Ind6	11	3	1,2,4	2
Ind2	12	3	1,3,6	3
Ind5	13	4	2,2,1	2
Ind1	18	4	1,8,10	8
Ind4	35	5	1,5,5	5
Ind10	40	5	10,3,9	9

No intuito de encontrar o melhor método de seleção natural para o AG, vários testes foram feitos e os resultados foram tabulados e descritos a seguir.

Os testes foram feitos para uma pequena refeição, o Desjejum, que atendesse a um indivíduo do sexo masculino, com um peso de 65 kg, com 49 anos de idade e 1 metro e 62 centímetros de altura, com um fator de atividade classificado em baixo. Para este indivíduo, foi calculado um GET igual a 2.581,29 kcal diárias, sendo, o Desjejum, 20% deste GET, com 15% dessas kcal de proteínas, 60% de carboidratos e 25% de lipídeos.

Foram feitos 50 testes com cada tipo de método de seleção com os valores dos parâmetros do AG fixados em 500 indivíduos, 500 gerações, Probabilidade de Cruzamento (PC) igual a 90% e Probabilidade de Mutação (PM) igual a 70%. Estes dados tabulados podem ser observados na tabela 9.

**Tabela 9 – Resultado dos testes para escolha de método de seleção, Pequenas Refeições.**

<b>Roleta ER em kcal</b>	<b>Torneio ER em kcal</b>
5	6
7	3
4	13
1	15
9	12
6	20
7	18
9	19
8	12
7	16
3	15
2	13
1	8
6	2
8	18
10	1
2	16
6	5
6	18
0	5
7	4
7	14

1	5
10	16
11	19
10	15
12	5
9	17
6	11
4	18
5	9
10	18
7	17
6	7
4	14
3	8
0	4
2	6
9	11
1	4
10	8
8	16
0	9
4	17
0	19
3	12
10	10
7	3
2	14
5	20

Foram guardados os valores da média aritmética do Erro Calórico (ER) e do desvio padrão do ER, conforme apresentado na tabela 10.

**Tabela 10 – Valores finais dos testes de seleção, Pequenas Refeições**

<b>Media Roleta</b>	<b>Media Torneio</b>
5,6	11,7
<b>Desvio Roleta</b>	<b>Desvio Torneio</b>
3,37	5,66

Baseado nestes resultados, o método de seleção utilizado para o AG foi o da roleta.

Para iniciar o processo de seleção dos indivíduos, a roleta é girada x vezes, em que x será sempre o tamanho da população dividido por 2. No entanto, antes da utilização da roleta, um número qualquer entre 0 e 100 é sorteado e comparado ao valor do parâmetro PC; sendo PC maior que este número, a roleta seleciona dois indivíduos para o cruzamento. O cruzamento é simples e de apenas um ponto, ou seja, cada indivíduo é dividido em duas partes: a primeira parte do primeiro indivíduo se juntará à segunda parte do segundo indivíduo, e vice-versa, dando origem, assim, a dois novos indivíduos, mantendo a herança genética dos pais. Para fazer o cruzamento, é necessário o sorteio de um novo número para a variável “ponto de corte”. Esse valor está entre 1 e 2, e é ele que define onde, ou em que gen, os indivíduos selecionados pela roleta deverão ser divididos. Na figura 10, na qual foi utilizado o mesmo exemplo da POP demonstrado na tabela 6, há um exemplo de como ocorre o cruzamento.

<b>Ponto de corte = 2</b>			
<b>População Inicial</b>	<b>Fruta</b>	<b>Leite e Derivados</b>	<b>Pães e Cereias</b>
	Gen1	Gen2	Gen3
Ind1	33	347	143
<b>População Inicial</b>	<b>Fruta</b>	<b>Leite e Derivados</b>	<b>Pães e Cereias</b>
	Gen1	Gen2	Gen3
Ind2	14	231	135
<b>Nova População</b>	<b>Fruta</b>	<b>Leite e Derivados</b>	<b>Pães e Cereias</b>
	Gen1	Gen2	Gen3
Filho1	33	347	135
<b>Nova População</b>	<b>Fruta</b>	<b>Leite e Derivados</b>	<b>Pães e Cereias</b>
	Gen1	Gen2	Gen3
Filho2	14	231	143

Figura 10 – Exemplo de cruzamento, Pequenas Refeições.

Desta forma, é gerada uma nova população, preservando a herança genética dos melhores indivíduos da geração anterior.

Nessa nova população, ainda é aplicado o operador de mutação, que trabalha de forma bem particular. Tradicionalmente, a mutação é aplicada a cada dois novos indivíduos gerados a cada cruzamento. Nos AG's do Pró-Dieta, a mutação acontece uma única vez a cada nova população. Assim que o processo de cruzamento é finalizado e uma nova população é gerada, um número entre 0 e 100 é sorteado e comparado ao parâmetro PM; se o PM for maior que esse número, será sorteado um indivíduo dentre a nova população, e também será sorteado um gene deste indivíduo, o qual terá seu valor substituído por outro cadastrado na base de dados alimentos personalizada na tabela referente ao gene sorteado, conforme a figura 11.

Indivíduo Sorteado	Fruta	Leite e Derivados	Pães e Cereias
	Gen1	Gen2	Gen3
Ind1	33	347	135
Gen sorteado = 2		Valor do Gen sorteado = 128	
Indivíduo após Mutação	Fruta	Leite e Derivados	Pães e Cereias
	Gen1	Gen2	Gen3
Ind1	33	128	135

Figura 11 - Exemplo de mutação, Pequenas Refeições.

Este formato de mutação foi criado para resolver um problema observado com o modelo tradicional, no qual a alteração genética estivesse muito acentuada, mesmo com valores de PM baixos. Dessa forma, o AG demorava muito para chegar a um resultado aceitável ou, às vezes, não chegava a um resultado aceitável.

Com esta opção de aplicar a mutação uma única vez a cada nova população, a mutação causou uma alteração genética mais equilibrada, requerendo apenas um valor de PM maior que o habitual.

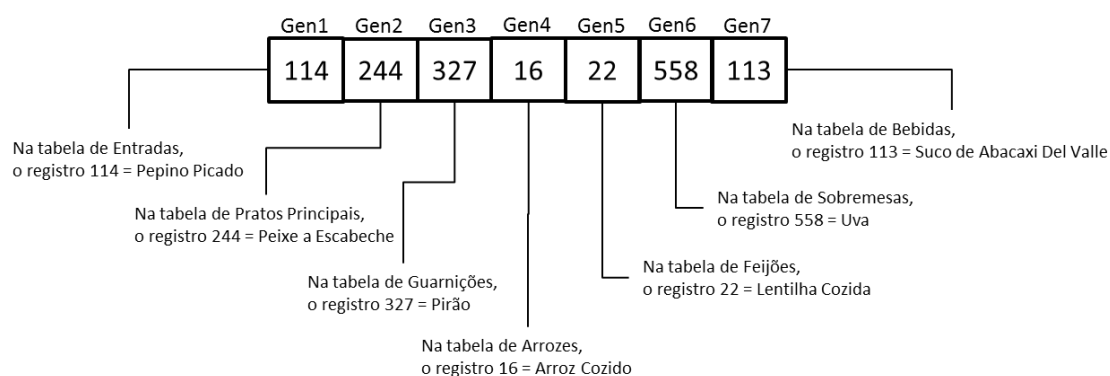
Gerada a nova população, o AG aplica novamente a função de aptidão para classificar seus indivíduos e, assim, continuar todo o processo até encontrar uma solução aceitável, ou finalizar pelo número de gerações.



### 4.3.2 Grandes Refeições

O AG utilizado para o grupo das Grandes Refeições foi implementado para atender às necessidades calóricas dos pacientes, respeitando os percentuais de macronutrientes, além de garantir a variedade de cores e texturas dos alimentos.

Esse AG foi implementado com números inteiros e seu cromossomo conta com 7genes, em que cada um representa uma preparação culinária que deve compor as refeições deste grupo. Ou seja, o geneGen1 refere-se à preparação culinária de nome Entrada; o geneGen2 refere-se à preparação culinária de nome Principal; o geneGen3 refere-se à preparação culinária de nome Guarnição; o geneGen4 refere-se à preparação culinária de nome Arroz; o geneGen5 refere-se à preparação culinária de nome Feijão; o geneGen6 refere-se à preparação culinária de nome Sobremesa e o geneGen7 refere-se à preparação culinária de nome Bebida. A figura 12 descreve o cromossomo do AG das Grandes Refeições.



**Figura 12- Cromossomo Grandes Refeições.**

A POP desse AG é criada de forma aleatória e dirigida, uma vez que cada gene dos cromossomos dos indivíduos criados receberá os valores cadastrados na base Alimentos Personalizada correspondente à tabela de cada preparação culinária. A criação da POP também passa por uma verificação de duplicidade, na qual não são permitidos indivíduos idênticos. Na tabela 11, está um exemplo de POP gerada pelo sistema com 10 indivíduos e nenhuma duplicidade.

Tabela 11 – População Inicial de 10 indivíduos gerada pelo sistema Pró-Dieta, Grandes Refeições.

População Inicial	Entrada	Prato Principal	Guarnição	Arroz	Feijão	Sobremesa	Bebida
	Gen1	Gen2	Gen3	Gen4	Gen5	Gen6	Gen7
Ind1	38	347	78	10	16	103	141
Ind2	12	231	45	9	11	76	98
Ind3	27	341	12	1	20	234	22
Ind4	32	12	77	15	8	198	100
Ind5	45	213	65	7	2	167	89
Ind6	43	67	54	2	1	123	73
Ind7	11	54	46	4	23	143	54
Ind8	23	87	31	6	14	45	41
Ind9	31	21	23	13	9	87	77
Ind10	18	2	8	11	10	59	3

Para gerar a POP exemplificada na tabela11, o AG criou uma matriz 7 X 10 e, para cada indivíduo, realizou o seguinte procedimento.

No gene Gen1 do indivíduo Ind1, o AG foi na tabela tb\_entrada e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen2 do indivíduo Ind2, o AG foi na tabela tb\_principal e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen3 do indivíduo Ind1, o AG foi na tabela tb\_guarnicao e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen4 do indivíduo um, o AG foi na tabela tb\_arroz e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen5 do indivíduo Ind1, o AG foi na tabela tb\_feijao e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen6 do indivíduo Ind1, o AG foi na tabela tb\_sobremesa e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela; no geneGen7 do indivíduo ind1, o AG foi na tabela tb\_bebida e sorteou um número entre 1 e a quantidade total de cadastros desta tabela.

Ao final da geração de todos os indivíduos da POP, um procedimento para verificar a ocorrência de indivíduos iguais foi iniciado e, em caso de identificação de igualdade, uma nova POP foi gerada até que não ocorresse igualdade entre seus indivíduos.

Após a geração da POP, cada indivíduo da população gerada é avaliado e classificado de acordo com o melhor atendimento às necessidades apresentadas para geração de cardápios.

Para garantir o sucesso do AG, esta avaliação é feita através de uma função de aptidão.

A função de aptidão é responsável pela classificação dos indivíduos da população. É através dela que se classificam os melhores espécimes que posteriormente serão selecionadas para cruzamento e mutação, buscando sempre a evolução da espécie, ou seja, indivíduos mais qualificados. Para este AG, quanto menor o ER, mais qualificado será este indivíduo. A função de aptidão utilizada é:

$$ER = \left| \sum_{i=1}^7 pts_i + \sum_{i=1}^7 cbs_i + \sum_{i=1}^7 lps_i - (ptn + cbn + lpn) \right| + rc + rt$$

onde:

ER = erro calórico – o erro calórico é a diferença entre a quantidade de calorias necessárias para atender o paciente e a quantidade de calorias geradas pelo cardápio sugerido. No valor final deste erro calórico, ainda são acrescidas restrições referentes a refeições que não apresentam a variação necessária de cores e textura.

pts = quantidade de proteínas encontradas na refeição

cbs = quantidade de carboidratos encontrados na refeição

lps = quantidade de lipídeos encontrados na refeição

ptn = quantidade de proteínas necessárias ao paciente nesta refeição

cbn = quantidade de carboidratos necessários ao paciente nesta refeição

lbn = quantidade de lipídeos necessários ao paciente nesta refeição

rt = restrição a falta de equilíbrio da textura

rc = restrição a falta de variedade das cores.

Depois que a população está devidamente classificada, o AG verifica se algum dos indivíduos desta população atende aos preceitos da geração de cardápios proposto especificamente ao paciente analisado. Caso isso ocorra, este indivíduo é apresentado como resultado final, ou seja, um cardápio personalizado e o AG são finalizados. Caso isso

não ocorra, o AG começa o processo de seleção dos indivíduos para os procedimentos de cruzamento e mutação.

O processo de seleção utilizado pelo AG foi escolhido após alguns testes, onde foram avaliados os melhores resultados obtidos nas seleções de indivíduos através da roleta e através do torneio.

Para atender às necessidades propostas, algumas alterações no método da roleta foram necessárias, uma vez que a função de aptidão busca o indivíduo com menor valor. Sendo assim, após calcular a aptidão e a aptidão relativa, os indivíduos foram classificados e tiveram sua aptidão relativa invertida, conforme a tabela 12, no intuito de garantir que o indivíduo de menor valor da aptidão obtivesse a maior porção da roleta, conforme ilustra a figura 13.

**Tabela 12 – Cálculo da aptidão relativa invertida para criação da roleta, Grandes Refeições.**

<b>Indivíduo</b>	<b>Aptidão</b>	<b>Aptidão Relativa</b>	<b>Aptidão relativa Invertida</b>
Ind7	1,2	1,07	29,22
Ind5	3,99	3,54	19,01
Ind4	5,41	4,80	11,99
Ind3	7,2	6,39	8,70
Ind8	8,4	7,46	7,82
Ind10	8,8	7,82	7,46
Ind9	9,8	8,70	6,39
Ind2	13,5	11,99	4,80
Ind1	21,4	19,01	3,54
Ind6	32,9	29,22	1,07

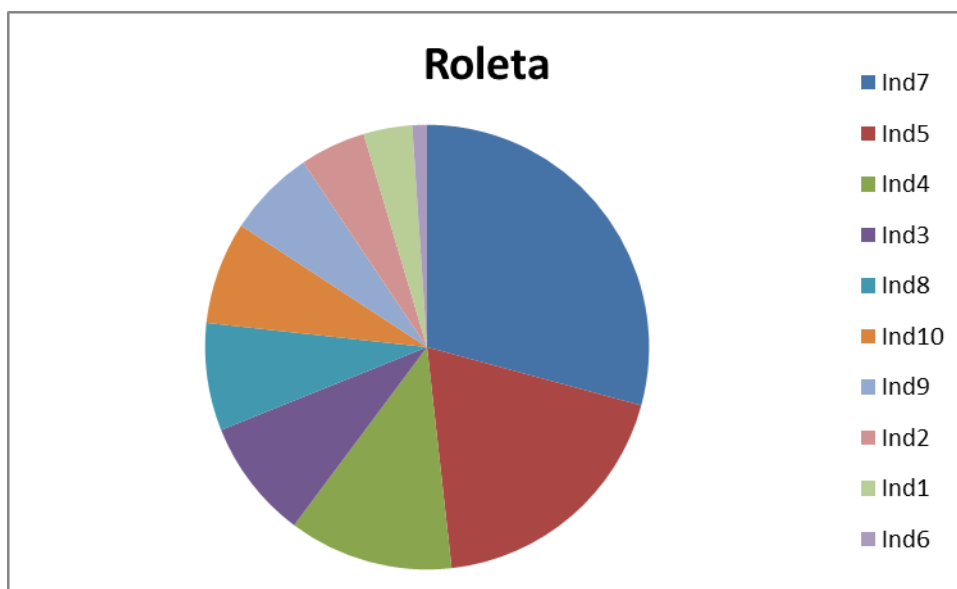


Figura 13 – Roleta obtida da tabela 12, Grandes Refeições.

Utilizando o exemplo da POP inicial ilustrada pela tabela 6, foi utilizado  $k = \text{tamanho da população}/2$  e  $n = 3$ . Dessa forma, conforme a tabela 13, foram feitos 5 torneios no intuito de se selecionarem 2 indivíduos por torneio. Para a seleção de cada indivíduo do torneio, são sorteados 3 indivíduos sendo escolhido o de menor aptidão.

Tabela 13 – Exemplo do método do Torneio, Grandes Refeições.

Indivíduo	Aptidão	Torneio	Indivíduos sorteados	Indivíduos Selecionados
Ind7	1,2	1	1,5,8	5
Ind5	3,99	1	2,1,9	9
Ind4	5,41	2	7,9,10	7
Ind3	7,2	2	8,7,6	7
Ind8	8,4	3	1,2,4	4
Ind10	8,8	3	3,5,7	7
Ind9	9,8	4	2,2,1	2
Ind2	13,5	4	1,8,10	8
Ind1	21,4	5	1,5,5	5
Ind6	32,9	5	1,9,4	4

No intuito de encontrar o melhor método de seleção natural para o AG, vários testes foram feitos e os resultados foram tabulados e descritos a seguir.

Os testes foram feitos para uma grande refeição, o Almoço, que atendesse a um indivíduo do sexo masculino, com um peso de 65 kg, 49 anos de idade e 1 metro e 62 centímetros de altura, com um fator de atividade classificado em baixo. Para este indivíduo, foi calculado um GET igual a 2.581,29 kcal diárias, sendo o Almoço 40% deste GET, com 15% destas kcal de proteínas, 60% de carboidratos e 25% de lipídeos.

Foram feitos 50 testes com cada tipo de método de seleção com os valores dos parâmetros do AG fixados em 500 indivíduos, 500 gerações, PC igual a 90% e PM igual a 70%. Esses dados tabulados podem ser observados na tabela 14.

**Tabela 14 – Resultado dos testes para escolha de método de seleção, Grandes Refeições.**

<b>Roleta ER em kcal</b>	<b>Torneio ER em kcal</b>
27	1
14	12
15	8
4	14
12	16
8	7
7	27
22	9
15	11
5	9
29	26
3	0
29	4
26	3
9	20
30	4
17	27
21	1
3	29
9	8
6	21
0	28
20	25
6	10
28	27
22	21
26	7
3	11
8	27
12	1
2	30

16	19
19	14
7	21
21	27
23	27
20	17
18	14
10	1
3	12
13	16
25	16
11	25
14	4
24	2
14	25
0	21
25	15
26	4
20	28

Foram guardados os valores da média aritmética do ER e do desvio padrão do ER conforme apresentado na tabela 15.

**Tabela 15 – Valores finais dos testes de seleção, Grandes Refeições**

<b>Media Roleta</b>	<b>Media Torneio</b>
14,94	15,04
<b>Desvio Padrão Roleta</b>	<b>Desvio Padrão Torneio</b>
8,78	9,40

Baseado nestes resultados, o método de seleção utilizado para o AG foi o da roleta.

Para iniciar o processo de seleção dos indivíduos, a roleta é girada  $x$  vezes, sendo  $x$  o tamanho da população dividido por 2. No entanto, antes da utilização da roleta, um número qualquer entre 0 e 100 é sorteado e comparado ao valor do parametro PC; sendo PC maior que este número, a roleta seleciona dois indivíduos para o cruzamento. O cruzamento é simples e de apenas um ponto, ou seja, cada indivíduo é dividido em duas partes: a primeira parte do primeiro indivíduo se juntará à segunda parte do segundo indivíduo, e vice-versa, dando origem, assim, a dois novos indivíduos, mantendo a herança genética dos

pais. Para fazer o cruzamento, é necessário o sorteio de um novo número para a variável “ponto de corte”. Esse valor está entre 1 e 6, e é ele que define onde, ou em que gene, os indivíduos selecionados pela roleta deverão ser divididos. Na figura 14, na qual foi utilizado o mesmo exemplo da POP demonstrado na tabela 11, há um exemplo de como ocorre o cruzamento.

**Ponto de corte = 4**

População Inicial	Entrada	Prato Principal	Guarnição	Arroz	Feijão	Sobremesa	Bebida
	Gen1	Gen2	Gen3	Gen4	Gen5	Gen6	Gen7
Ind1	38	347	78	10	16	103	141

População Inicial	Entrada	Prato Principal	Guarnição	Arroz	Feijão	Sobremesa	Bebida
	Gen1	Gen2	Gen3	Gen4	Gen5	Gen6	Gen7
Ind2	12	231	45	9	11	76	98

Nova População	Entrada	Prato Principal	Guarnição	Arroz	Feijão	Sobremesa	Bebida
	Gen1	Gen2	Gen3	Gen4	Gen5	Gen6	Gen7
Filho1	38	347	78	10	11	76	98

Nova População	Entrada	Prato Principal	Guarnição	Arroz	Feijão	Sobremesa	Bebida
	Gen1	Gen2	Gen3	Gen4	Gen5	Gen6	Gen7
Filho2	12	231	45	9	16	103	141

Figura 14 – Exemplo de cruzamento, Grandes Refeições.

Dessa forma, é gerada uma nova população preservando a herança genética dos melhores indivíduos da geração anterior.

Nessa nova população, ainda é aplicado o operador de mutação, que trabalha de forma bem particular. Tradicionalmente, a mutação é aplicada a cada dois novos indivíduos gerados a cada cruzamento. No AG do Pró-Dieta, a mutação acontece uma única vez a cada nova população. Assim que o processo de cruzamento é finalizado e uma nova população é gerada, um número entre 0 e 100 é sorteado e comparado ao parâmetro PM; se o PM for maior que este número, será sorteado um indivíduo dentre a nova população e também será sorteado um gene deste indivíduo, o qual terá o valor substituído



por outro cadastrado na base de dados Alimentos Personalizada na tabela referente ao gene sorteado conforme ilustra a figura 15.

Indivíduo	Entrada	Prato Principal	Guarnição	Arroz	Feijão	Sobremesa	Bebida
Sorteado	Gen1	Gen2	Gen3	Gen4	Gen5	Gen6	Gen7
Ind1	38	347	78	10	16	103	141
Gen Sorteado = 5                      Valor sorteado na tabela Personalizada referente ao Gen sorteado = 2							
Indivíduo após	Entrada	Prato Principal	Guarnição	Arroz	Feijão	Sobremesa	Bebida
Mutação	Gen1	Gen2	Gen3	Gen4	Gen5	Gen6	Gen7
Ind1	38	347	78	10	2	103	141

Figura 15- Exemplo de mutação, grande refeição.

Esse formato de mutação foi criado para resolver um problema observado com o modelo tradicional, em que a alteração genética estava muito acentuada, mesmo com valores de PM baixos. Dessa forma, o AG demorava muito para chegar a um resultado aceitável ou, às vezes, não chegava a um resultado aceitável.

Com esta opção de aplicar a mutação uma única vez a cada nova população, a mutação causou uma alteração genética mais equilibrada, requerendo apenas um valor de PM maior que o habitual.

Gerada a nova população, o AG aplica novamente a função de aptidão para classificar seus indivíduos e, assim, continuar todo o processo até encontrar uma solução aceitável ou finalizar pelo número de gerações.

#### 4.3.3 Particularidades do AG

No intuito de garantir bons resultados em curto espaço de tempo, alguns procedimentos foram agregados ao AG básico.

Conforme descrito na sub-seção 3.2 referente à prescrição de cardápios, um valor aceitável de ER ficaria entre 0 e 131,25 kcal. Na busca de diminuir o valor de ER alguns testes foram executados.

Para estes testes o AG foi executado por 50 vezes com POP = 500, quantidade de gerações = 500, PC = 90 e PM = 70, na busca de uma solução para uma grande refeição, neste caso o almoço com necessidade de consumo calórico de 800 kcal, variando a condição de parada do AG entre  $ER \leq 110$  e  $ER \leq 10$ , de 25 em 25 dentro deste intervalo.

Para cada variação do valor da condição de parada, foram armazenados os tempos de execução do AG em segundos, que foram tabulados em média aritmética e desvio padrão.

Conforme ilustra a tabela 16, o mais baixo valor de ER e num tempo de execução aceitável foi o de  $ER = 35$  Kcal, que apresentou menor variação.

**Tabela 16 – Variação do ER em função do tempo de execução**

<b>ER</b>	<b>Média Tempo execução</b>	<b>Desvio Tempo Execução</b>
110	18,1	3,84
85	28,67	4,27
60	30,12	4,12
<b>35</b>	<b>31,04</b>	<b>3,86</b>
10	45,13	4,19

No AG básico a condição de parada é encontrar uma solução aceitável ou rodar por todas as gerações; porém, no Pró-Dieta, foi necessária a criação de um novo laço no intuito de garantir uma solução aceitável ou, ao menos, uma solução muito próxima disso.

Durante os testes, os resultados foram sempre favoráveis; porém, não existia nada que garantisse isso. Mesmo não ocorrendo nenhum resultado insatisfatório durante os testes, fez-se necessária a implementação de um procedimento que garantisse esses resultados, ou que garantisse uma solução bem próxima a eles.

O AG do Pró-Dieta é executado até achar um indivíduo com uma aptidão absoluta de 0 a 35, ou até estourar o valor cadastrado no parâmetro “quantidade de gerações”. Com a criação deste novo laço, se durante a execução normal do AG não se encontrar um

indivíduo que atenda à característica de parada, o AG é reiniciado e roda mais uma vez, com nova POP inicial e por todas as gerações em que o parâmetro “quantidade de gerações” estiver configurado. Este laço obriga o AG a reiniciar por 50 vezes e guarda o melhor indivíduo encontrado por todo o período de sua execução.

Exemplo:

Para uma grande refeição como o Almoço, de acordo com as características do paciente, são necessárias 2000 kcal diárias, sendo 800 kcal destas consumidas durante o Almoço, considerando o parâmetro “quantidade de gerações” = 500.

Ao executar o AG, ele rodará até encontrar um indivíduo com aptidão absoluta de 0 a 35 kcal, ou seja,  $ER < 36$ , ou até exceder a quantidade de gerações que, para este exemplo, é de 500.

Suponhamos que ao fim da execução das 500 gerações o AG não tenha encontrado um indivíduo com  $ER < 36$ . Com a inserção desse novo laço, o indivíduo com menor ER encontrado será armazenado e o AG será reiniciado por novas 500 gerações. Caso ainda não se encontre um indivíduo com  $ER < 36$ , o indivíduo de menor ER desta nova execução será comparado ao da anterior e sempre será mantido o de menor aptidão. O AG será novamente reiniciado e, caso necessário, por, no máximo, 50 vezes. Caso ainda não seja encontrado um indivíduo com  $ER < 36$ , será apresentado ao usuário o indivíduo de menor ER encontrado durante todo esse processo e lhe será informado, com ressalvas, que não se trata de um indivíduo aceitável. O valor de 50 vezes foi estabelecido pelo tempo de processamento, o qual, mesmo sendo executado por 50 vezes, ainda assim se mostrou aceitável. Valores maiores como 100, 200 e 500 mostraram-se sem resultados relevantes; acima disto, o tempo de processamento passou a ser inaceitável.

Outra particularidade deste AG é a penalização do indivíduo que não atende às características de cor e textura conforme a sub-seção 3.2 que trata da prescrição de cardápios. Para que esta penalização fosse possível, as preparações culinárias complemento, entrada, guarnição e sobremesa cadastradas na base de dados alimentos referencial receberam uma classificação no tocante a cor, e as preparações culinárias guarnição e prato principal em relação a textura. Esta classificação foi feita com a orientação da professora nutricionista Dione Chaves de Macedo, coordenadora do curso de Nutrição e Dietética do IFTM, campus Uberaba.

A penalidade acontece quando um indivíduo apresenta os genes referentes às preparações culinárias complemento, entrada, guarnição e sobremesa todas com a mesma cor, neste caso a variável  $rc$  da função de aptidão recebe o valor 50; ou caso apareça num mesmo indivíduo os genes referentes a estas preparações culinárias com 2 delas com a mesma cor, a variável  $rc$  da função de aptidão recebe o valor 35; se não houver repetição de cores em nenhum dos genes referentes a estas preparações culinárias, a variável  $rc$  da função de aptidão receberá o valor 0.

No caso das texturas, a penalidade acontece quando um indivíduo apresenta os genes referentes às preparações guarnição e prato principal com a mesma textura, neste caso a variável  $rt$  da função de aptidão recebe o valor 35, não ocorrendo a igualdade a variável  $rt$  da função de aptidão recebe o valor 0.

Como o valor aceitável para o ER estipulado ficou abaixo de 36, sempre que um indivíduo receber uma destas penalidades o mesmo se desqualificará como uma possível solução.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo são descritos os testes necessários para os ajustes dos parâmetros do AG e seus resultados são tabulados. É descrita, também, a metodologia de avaliação do Pró-Dieta feita por profissionais da área de nutrição.

### 5.1 Ajustes de parâmetros

No intuito de encontrar os melhores parâmetros para o AG, vários testes foram feitos. Os resultados foram tabulados e descritos a seguir.

Os primeiros testes foram feitos para uma refeição do grupo das Pequenas Refeições, o Desjejum.

Para esses testes, foi adotado como exemplo um paciente do sexo feminino, com as características descritas conforme a figura 16.

NOME	IDADE	ALTURA	PESO	SEXO
AUGUSTO CEZAR TEIXEIRA	49	1,62	65	1
DIONE CHAVES DE MACEDO	52	1,76	68	2
FREDERICO RENATO GOMES	39	1,83	89	1
▶ LETICIA PALHARES	28	1,57	56	2
LIVIA LETICIA ZANIER GOMES	27	1,52	53	2

CD

5

NOME

LETICIA PALHARES

IDADE

28

ALTURA

1,57

PESO

56

SEXO

2

1 - Masculino

2 - Feminino

TELEFONE

33261141

ENDERECO

EMAIL

LETICIAPALHARES@IFTM.EDU.BR

Condições Nutricionais do Paciente

LETICIA PALHARES

IMC: 22,72 Peso Ideal 53,49

Figura 16 - Características do paciente

Feita a avaliação nutricional do paciente, de acordo com a figura 17, o valor do GET de 1982,41kcal e o valor do GET para a refeição em análise de 396,48 kcal foram encontrados. De posse dessas informações, os testes estavam prontos para serem iniciados.

The screenshot shows the 'Elaborar Dieta' (Create Diet) software interface. At the top, the patient's name is 'LETICIA PALHARES'. Below it, personal data is listed: IMC: 22,72, PESO: 56 Kg, ALTURA: 1,57 m, IDADE: 28 Anos, SEXO: Feminino. A dropdown menu for 'Fator de Atividade' is set to 'Baixa'. The interface is divided into three main sections. The left section, 'Relação de Refeições Diárias', shows meal distribution: Desjejum (20%), Almoço (40%), Lanche (10%), and Jantar (30%). The middle section, '% de nutrientes em relação ao GET', shows nutrient percentages: Proteínas (15%), Lipídeos (25%), and Glicídeos (60%). The right section, 'Gerar Cardápios', has buttons for 'Desjejum', 'Almoço', 'Lanche', 'Jantar', and 'Todos'. At the bottom left is a 'Calcular GET' button. At the bottom center, it displays 'PESO IDEAL: 53,49' and 'Necessidade Calórica 1982,41 kcal' in red text.

Figura 17- Avaliação nutricional do paciente

O primeiro teste foi feito para definir o valor da POP e a quantidade de gerações. Para esses testes, os valores de ER em kcal foram armazenados e tiveram calculadas a média aritmética e o desvio padrão. Nesse primeiro teste, o AG para essa refeição foi executado 100 vezes, com os valores de POP = 100, 500 e 1000. Para cada valor de POP, o valor da quantidade de gerações variou de 100, 500 e 1000. Já os valores de PC e de PM foram fixados em 90% e 10%, respectivamente.

De acordo com os dados tabulados e apresentados na tabela 17, os melhores resultados foram obtidos para o grupo das Pequenas Refeições com POP = 500 e quantidade de gerações também igual a 500.

**Tabela 17 – Valores tabulados dos testes para obter os valores ideais de POP e quantidade de gerações, Pequenas Refeições.**

<b>GERAÇÃO/POP</b>	<b>MÉDIA ARITMÉTICA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
100/100	38,9	3,05
100/500	36,1	2,81
100/1000	33,5	2,87
500/100	35,7	3,61
<b>500/500</b>	<b>26,9</b>	<b>1,45</b>
500/1000	29,8	3,16
1000/100	34,3	4,27
1000/500	28,6	4,03
1000/1000	27,8	5,78

Seguindo os testes para fixar os valores dos parâmetros a serem usados pelo AG gerador dos cardápios referentes ao grupo das Pequenas Refeições, foi utilizado o mesmo paciente como exemplo e o AG foi executado novamente por 100 vezes, agora com os valores fixados em 500, tanto para POP quanto para a quantidade de gerações. Desta vez, o objetivo dos testes era encontrar o melhor valor de PC. Para isso, o PC variou de 85%, 90% e 95% e o PM continuou fixo em 10%.

De acordo com os dados tabulados e apresentados na tabela 18, os melhores resultados foram obtidos com PC = 90%.

**Tabela 18 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PC, Pequenas Refeições**

<b>PC</b>	<b>MÉDIA ARITMÉTICA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
85	24	2,86
<b>90</b>	<b>17,9</b>	<b>1,81</b>
95	20,9	2,74

No intuito de achar o melhor valor de PM, um novo teste foi feito, mantendo os dados do mesmo paciente, a mesma refeição, os valores fixos de POP = 500, quantidade de gerações = 500 e PC = 90. Para esse teste o AG foi executado novas 100 vezes, variando o valor de PM em 10%, 30%, 50%, 70% e 90%.

De acordo com os dados tabulados e apresentados na tabela 19, os melhores resultados foram obtidos com PC = 70%.

Tabela 19 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PM, Pequenas Refeições

PM	MÉDIA ARITMÉTICA	DESVIO PADRÃO
10	9	2,41
30	9,8	2,40
50	8,3	3,61
70	2,9	1,81
90	2,9	2,07

Depois de definidos os parâmetros do AG para o grupo das Pequenas Refeições – Desjejum e Lanche – os testes foram direcionados para o grupo das Grandes Refeições – Almoço e Jantar.

Para esses testes foi adotado como exemplo o mesmo paciente do utilizado nos testes do grupo das Pequenas Refeições e a refeição utilizada foi o Almoço.

Feita novamente a avaliação nutricional do paciente, manteve-se o valor do GET de 1982,41 kcal e foi encontrado o valor do GET, para a refeição em análise, de 792,96 kcal.

Seguindo a mesma metodologia adotada para o grupo das Pequenas Refeições, o primeiro teste foi feito para definir o valor da POP e a quantidade de gerações. Para esses testes os valores de ER em kcal foram armazenados, e tiveram calculadas a média aritmética e o desvio padrão. Neste primeiro teste, o AG para esta refeição foi executado 100 vezes, com os valores de POP = 100, 500 e 1000. Para cada valor de POP, o valor da quantidade de gerações variou de 100, 500 e 1000. Já os valores de PC e PM foram fixados em 90% e 10% respectivamente.

De acordo com os dados tabulados e apresentados na tabela 20, os melhores resultados foram obtidos para o grupo das Grandes Refeições com POP = 500 e quantidade de gerações igual a 100. Neste caso, a variação mais significativa foi a apontada pelo desvio padrão, apontando para um valor mais constante e gastando menos tempo de execução em relação ao melhor valor apontado pela variável média aritmética. Por isso, a escolha destes valores de POP e quantidade de gerações.



**Tabela 20 – Valores tabulados dos testes para obter os valores ideais de POP e quantidade de gerações, Grandes Refeições.**

<b>GERAÇÃO/POP</b>	<b>MÉDIA ARITMÉTICA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
100/100	59,3	7,69
100/500	41,2	2,82
100/1000	49,3	5,06
500/100	43,9	4,44
500/500	41,6	4,98
500/1000	40,7	5,78
1000/100	43,5	3,64
1000/500	44	4,56
1000/1000	45,2	3,99

Seguindo os testes para fixar os valores dos parâmetros a serem usados pelo AG gerador dos cardápios referentes ao grupo das Grandes Refeições, foi utilizado o mesmo paciente como exemplo e o AG foi executado novamente por 100 vezes, agora com os valores de POP fixados em 500 e com a quantidade de gerações em 100. Desta vez, o objetivo dos testes era encontrar o melhor valor de PC. Para isso o PC variou de 85%, 90% e 95% e o PM continuou fixo em 10%.

De acordo com os dados tabulados e apresentados na tabela 21, os melhores resultados foram obtidos com PC = 90%.

**Tabela 21 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PC, Grandes Refeições.**

<b>PC</b>	<b>MÉDIA ARITMÉTICA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
85	27,3	7,17
90	22,3	1,55
95	24,6	4,39

Por fim, no intuito de achar o melhor valor de PM, um novo teste foi feito, mantendo os dados do mesmo paciente, a mesma refeição, os valores fixos de POP = 500, quantidade de gerações = 100 e PC = 90. Para este teste, o AG foi executado 100 vezes, variando o valor de PM em 10%, 30%, 50%, 70% e 90%.

De acordo com os dados tabulados e apresentados na tabela 22, os melhores resultados foram obtidos com PM = 70%.

Tabela 22 – Valores tabulados dos testes para obter o valor ideal para PM, Grandes Refeições.

PM	MÉDIA ARITMÉTICA	DESVIO PADRÃO
10	26,2	5,90
30	24,1	4,89
50	16,5	5,18
70	13,2	3,2
90	17,7	5,08

## 5.2 Avaliação do Pró-Dieta

O Pró-Dieta foi avaliado por um grupo de profissionais da área de nutrição. Este grupo foi composto por desesseis técnicos em nutrição e dietética e uma nutricionista, coordenadora do curso técnico de nutrição e dietética do IFTM câmpus Uberaba.

O Pró-Dieta foi instalado em três laboratórios de informática do IFTM câmpus Uberaba, um laboratório com o sistema operacional Windows XP, outro com o sistema operacional Windows Vista e outro com o Windows 7 Professional no intuito de verificar o seu funcionamento em sistemas operacionais diferentes.

O grupo avaliador recebeu treinamento básico de como usar o sistema e teve o prazo de 10 dias para utilizá-lo, e avaliá-lo nesses laboratórios.

Cada representante do grupo avaliador recebeu um formulário com 15 perguntas, distribuídas em sete tópicos, conforme o Anexo 1. Para cada pergunta, o avaliador teve três opções de resposta: “um” indicando um alto grau de satisfação ou pleno atendimento com valor cinco na tabulação final da avaliação; “dois” representando satisfação ou atendimento com pontuação 3 para a tabulação final da avaliação e “três” representando insatisfação ou não-atendimento, o que não apresentará pontuação na tabulação final da avaliação.

Após 10 dias de avaliação, os formulários foram devolvidos preenchidos e assinados. De posse desses formulários, iniciou-se a fase de tabulação e a análise dos dados.

Os principais resultados obtidos pela análise da avaliação foram os descritos a seguir.

Para o tópico 1, “FUNCIONALIDADE” – cujo objetivo era evidenciar que o conjunto de funções atende às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o *software* (Gerador automático de cardápios individualizados) – a avaliação

mostrou 90% de usuários muito satisfeitos, 10% de usuários satisfeitos e 0% de usuários insatisfeitos conforme o gráfico da figura 18.

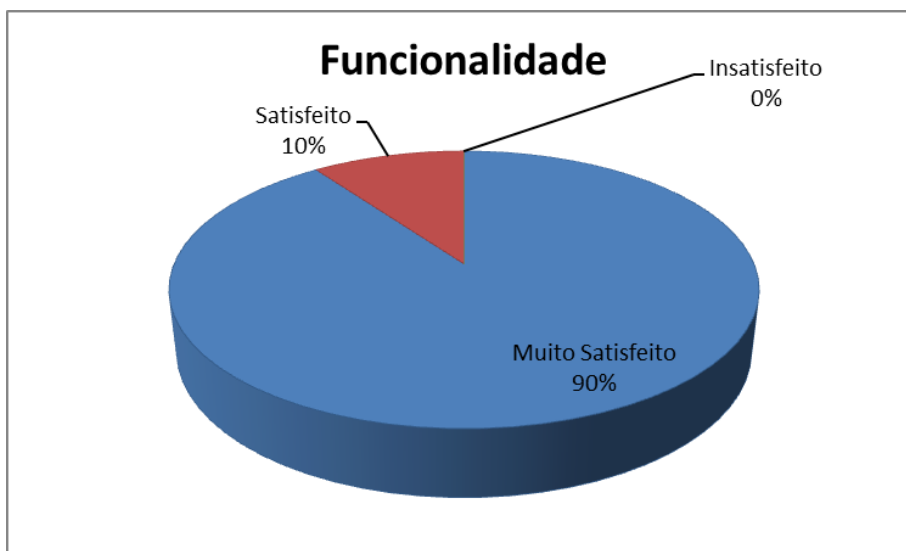


Figura 18 - Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Funcionalidade"

Para o tópico 2, "USABILIDADE, – cujo objetivo era evidenciar a facilidade de aprender a utilizar e a facilidade de utilização do *software* – a avaliação mostrou 90% de usuários muito satisfeitos, 10% de usuários satisfeitos e 0% de usuários insatisfeitos, conforme o gráfico da figura 19.

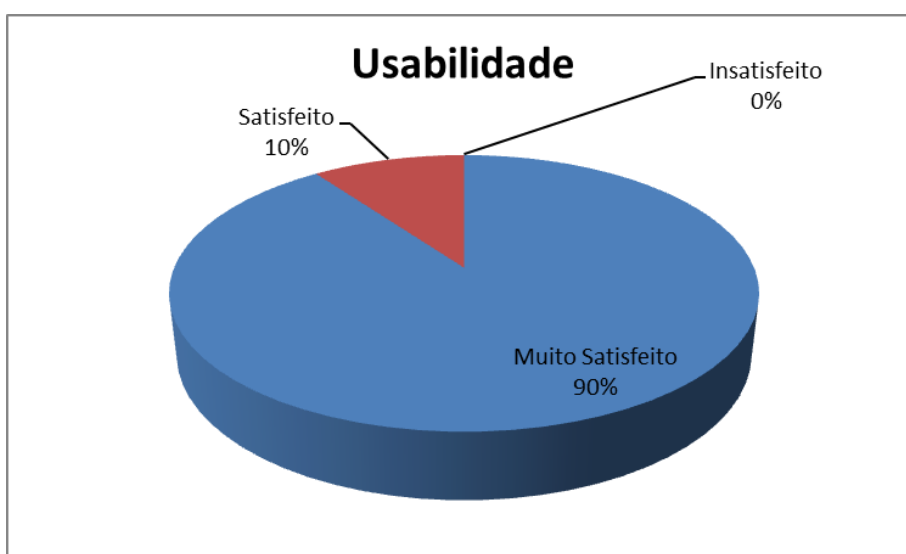
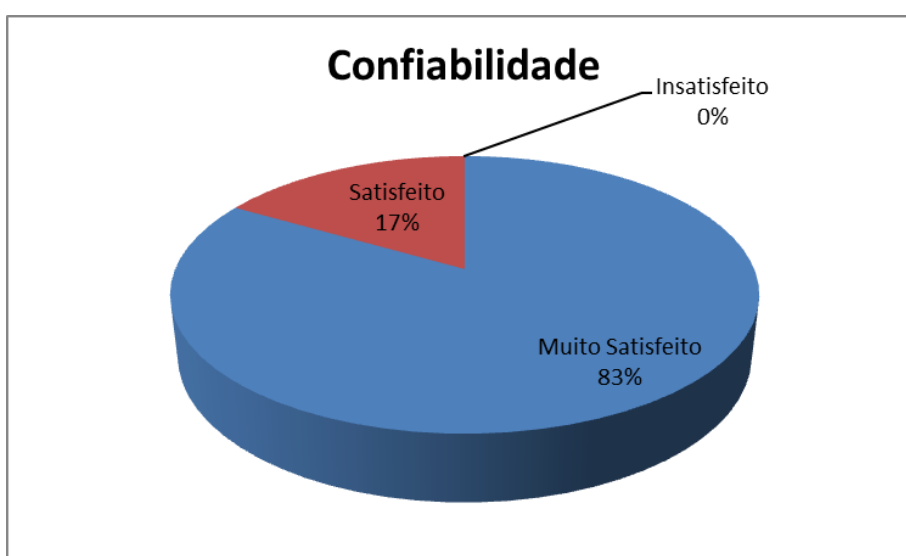


Figura 19- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Usabilidade"

Para o tópico 3, “CONFIABILIDADE”, – cujo objetivo era evidenciar que o desempenho se mantém ao longo do tempo em condições estabelecidas, que o software tem a capacidade de continuar a funcionar corretamente, após erros do próprio *software* ou erros de manipulação de dados – a avaliação mostrou 83,33% de usuários muito satisfeitos, 16,67% de usuários satisfeitos e 0% de usuários insatisfeitos conforme o gráfico da figura 20.



**Figura 20-** Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Confiabilidade"

Para o tópico 4, “EFICIÊNCIA”, – cujo objetivo era evidenciar que os recursos e os tempos envolvidos são compatíveis com o tempo de desempenho requerido para o produto – a avaliação mostrou 91,67% de usuários muito satisfeitos, 8,33% de usuários satisfeitos e 0% de usuários insatisfeitos, conforme o gráfico da figura 21.

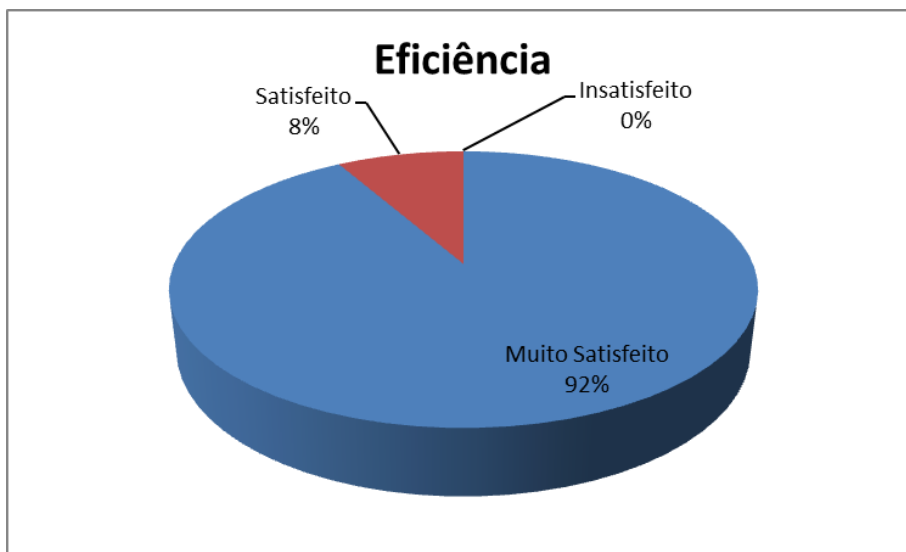


Figura 21- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Eficiência"

Para o tópico 5, "PORTABILIDADE", – cujo objetivo era evidenciar a capacidade do *software* para ser utilizado e/ou transferido de um ambiente para o outro – a avaliação mostrou 83,33% de usuários muito satisfeitos, 16,67% de usuários satisfeitos e 0% de usuários insatisfeitos, conforme o gráfico da figura 22.

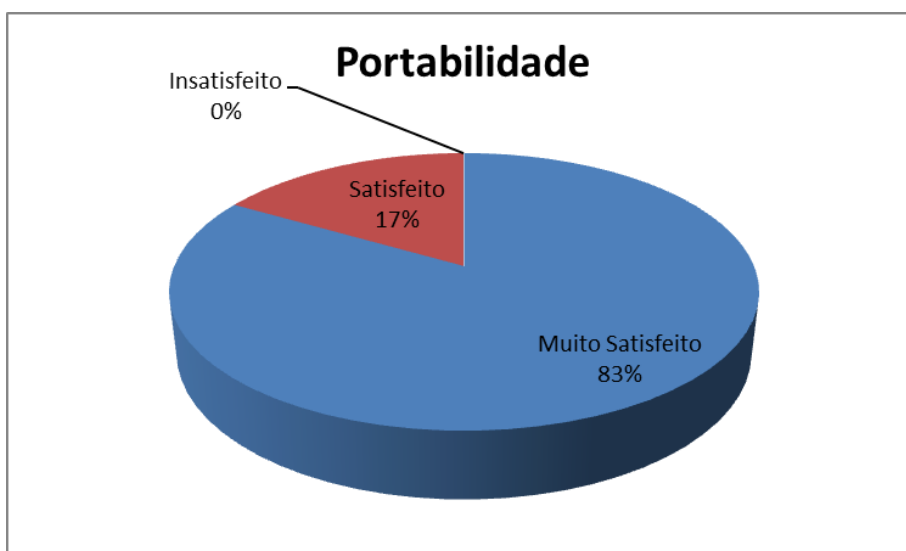
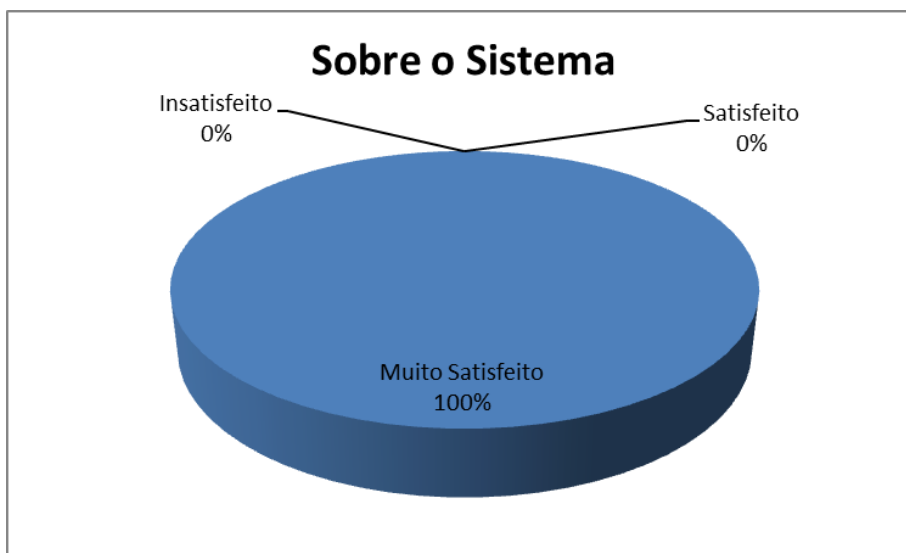


Figura 22- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Portabilidade"

Para o tópico 6, "SOBRE O SISTEMA", – cujo objetivo era metrificar o sistema em um contexto profissional e acadêmico, verificar a importância geral do sistema na

utilização profissional e como ferramenta computacional nos cursos da área nutricional – a avaliação mostrou 100% de usuários muito satisfeitos, 0% de usuários satisfeitos e 0% de usuários insatisfeitos, conforme o gráfico da figura 23.



**Figura 23-** Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Sobre o Sistema"

Para o tópico 7, “AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO”, – cujo objetivo era medir o nível de experiência profissional e acadêmica do usuário e apontar qual seria o nível de experiência nutricional necessário para a utilização do *software* – a avaliação mostrou que 50% consideram que, para utilização do *software*, é necessário ser muito experiente; outros 50% consideram que para utilização do *software* é necessário ter um nível intermediário de experiência e 0% considera que um usuário sem experiência poderia utilizar o *software*, conforme o gráfico da figura 24.



Figura 24- Gráfico do resultado da avaliação do Pró-Dieta referente ao tópico "Avaliação de desempenho"

Na figura 25 o gráfico de barras consolidado com todos os tópicos da avaliação.

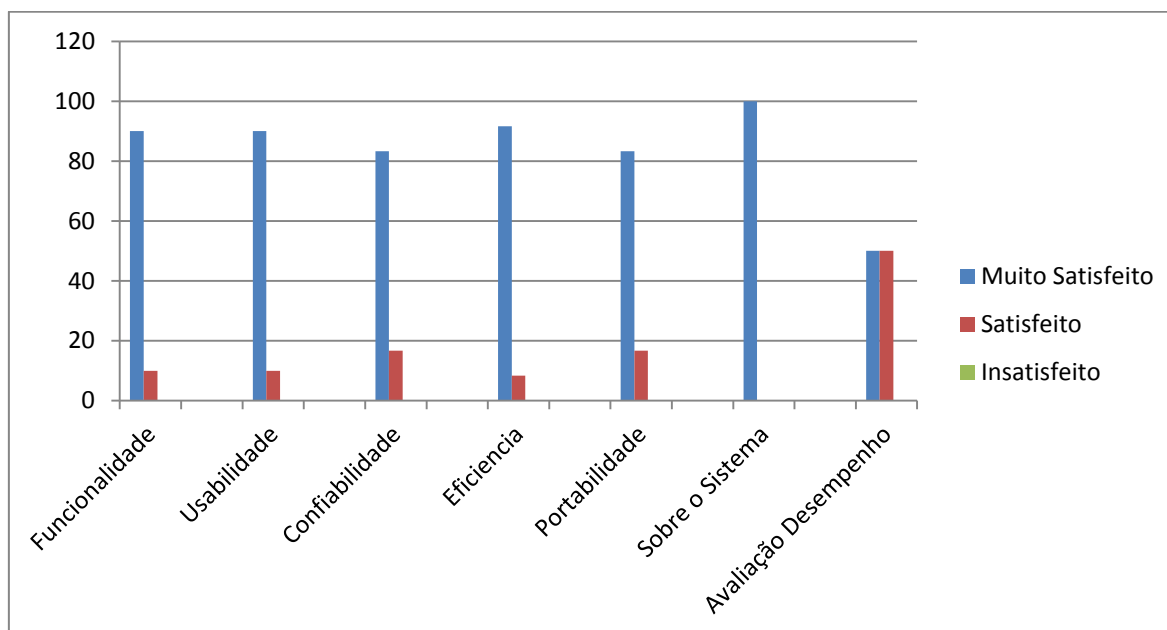


Figura 25 - Gráfico consolidado com todos os tópicos de Avaliação

## 6 CONCLUSÃO

Através do Pró-Dieta foi possível testar e avaliar a metodologia proposta, comprovando que ela atende ao seu propósito gerando, em segundos, os cardápios e as dietas que podem levar horas para serem obtidos manualmente. Também foi possível apoiar o ensino da prescrição de cardápios e do planejamento de dietas nas disciplinas do Curso Técnico em Nutrição e Dietética do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), câmpus Uberaba, bem como auxiliar na orientação alimentar de seu refeitório.

Além disso, o sistema proposto faz o tratamento das combinações de cores e equilíbrio das texturas, o que foi o grande diferencial destacado pelo grupo avaliador; porém, algumas ressalvas foram colocadas, como inserir uma opção para gerar cardápios que componham dietas mais longas, acrescentar uma área explicativa de como preparar os alimentos utilizados e criar opções para auxiliar a geração de cardápios específicos a enfermos de determinadas patologias.

Mais uma vez o AG mostra sua eficiência na resolução de problemas reais classificados como NP-Completo – nesse caso, as combinações de preparações culinárias podem atingir a ordem de  $10^9$ .

A tabela de alimentos que foi digitalizada e utilizada apresenta 2421 preparações culinárias distribuídas por 10 categorias, permitindo alcançar um cardápio com grande precisão, satisfazendo as restrições impostas pelos preceitos de uma alimentação saudável.

Como proposta de trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de técnicas de visualização da informação – no intuito de encontrar a melhor maneira de se estimular, através de figuras, a prática da alimentação saudável e balanceada – e, ainda, a criação de uma versão do Pró-Dieta para dispositivos móveis.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Da Silva, S. M. C. S., Bernardes, S. M. (2004) **Cardápio: Guia Prático para a elaboração**. Editora Atheneu e Centro universitário São Camilo, 1º Edição, São Paulo.
- Guimarães, A. F., Galisa, M. S. (2008) **Cálculos Nutricionais: Conceitos e aplicações práticas**. M.Books do Brasil editora Ltda., 1º Edição, São Paulo.
- Galisa, M. S., Esperança, L. M. B., De Sá, N. G. (2008) **Nutrição: Conceitos e Aplicações**. M.Books do Brasil editora, 1º Edição, São Paulo.
- Pinheiro, A. B. V., Lacerda, E. M. A., Benzecry, E. H., Gomes, M. C. S., da Costa, V. M. (2004) **Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras**. Editora Atheneu, 5º edição, São Paulo.
- WHO World Health Organization (2002) **The World Health Report 2002: reducing risks, promoting healthy life**. Geneva: World Health Organization.
- Souza, E. B. (2010) **Transição nutricional no Brasil: análise dos principais fatores**. Cadernos UniFOA. Volta Redonda, Ano V, n. 13, agosto 2010. Disponível em: <<http://www.unifoa.edu.br/cadernos/edicao/13/49.pdf>> acesso em 12 de outubro de 2012.
- Bermudez O. I, Tucker K. L. (2003) **Trends in dietary patterns of Latin American populations**. Cad. Saúde Pública; 19 Suppl 1:S87-99.
- Lessa I. (2004) **Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: um desafio para a complexa tarefa da vigilância**. Ciência Saúde Coletiva; 9:931-43.
- Goldberg, D. E. (1989) **Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning**. Addison-Wesley.
- Holland, J. H. (1992) **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. The MIT Press, 2ª Edição, Michigan.
- Michalewicz, Z. (1998) **Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs**. Springer, 3ª edição, Charlotte/USA.

- Linden, R. (2008) **Algoritmos Genéticos: Uma importante ferramenta da Inteligência Computacional**. Editora Brasport – 2ª Edição. RJ.
- Noah, S. A., Abdullah, S. N., Shahar, S., Abdul-Hamid, H., Khairudin, N., Yusoff, M., Ghazali, R., Mohd-Yusoff, N., Shafii, N. S., Abdul-Manaf, Z. (2004) **DIETPAL - a Web-based dietary menu-generating and management system**. Revista PUBMED.gov, Selangor, Malaysia, 2004. Disponível em: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15111270>. Acesso em 12 de abril de 2012.
- Flores, P., Cota, M. G., Ramirez, D., Jiménez, I. J., Raygoza, J. A., Morales, L. C., Galaviz, S., Espinoza, A., Orozco, M. E. (2007) **Pladiet: Un sistema de cómputo para el diseño de dietas individualizadas utilizando Algoritmos Genéticos**. Revista Iberoamericana de Sistemas Cibernéticos e Informática. Sonora, México, 2007. Disponível em: <www.mendeley.com/research/pladiet-un-sistema-cmputo-para-el-diseo-dietas-individualizas-utilizando-algoritmos-genticos/>. Acesso em 12 de abril de 2012.
- Stumm, J., Nassar, S. M., Pires, M. M. S. (2006) **Avaliação Alimentar Utilizando Técnicas de Inteligência Artificial**. *X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde CBIS'2006 "Informática em Saúde e Cidadania"* Outubro de 2006. Florianópolis – SC. Acesso em: 26 de abril de 2012, em <http://www.sbis.org.br/cbis/pdfs/SO%2029%20-%20Jaqueline%20Stumm%20-%201630h.pdf>
- Lima A, Guerra N. B., Lira, B. F. (2003) **Evolução da legislação brasileira sobre rotulagem de alimentos e bebidas embalados, e sua função educativa para promoção da saúde**. HigAliment; 17(110):12-7.
- Almeida-Bittencourt, P. A., Azambuja, P. S. A., Ribeiro, M. M. V. N. (2009) **Estratégias de atuação do nutricionista em consultoria alimentar e nutricional da família**. Revista de Nutrição, Print version ISSN 1415-5273, Rev. Nutr. vol.22 no.6 Campinas Nov./Dec. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732009000600013>> Acesso em 14 de abril de 2012.
- Kopelman, P. G. (2000) **Obesity as a medical problem**. Nature. 404(6778):635-43. Disponível em:

<[http://cmgm3.stanford.edu/biochem/biochem230/papers2005/week7/Nature\\_Obesity\\_Review.pdf](http://cmgm3.stanford.edu/biochem/biochem230/papers2005/week7/Nature_Obesity_Review.pdf)> acesso em 14 de abril de 2012.

Taubes, G. (1998) **As obesity rates rise, experts struggle to explain why**. Science; 280:1397-8.

Sichieri, R. (1998) **Epidemiologia da Obesidade**. Rio de Janeiro: EDUERJ.

Sichieri, R., Coitinho, D. C., Monteiro, J. B., Coutinho, W. F. (2000) **Recomendações de Alimentação e Nutrição Saudável para a População Brasileira**. ArqBrasEndocrinolMetab vol.44 no.3 São Paulo June 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302000000300007>> Acesso em 14 de abril de 2012.

## ANEXO 1 – Interfaces de saída

O sistema Pró-Dieta conta com algumas telas que proporcionam a visualização dos resultados, ou seja, dos cardápios gerados para cada refeição e para um cardápio com todas as refeições diárias.

Para cada refeição, foi criada uma tela específica a partir da qual se observa, em tempo de execução, a busca do AG pelo melhor resultado e a sua apresentação ao usuário com opções de visualização de impressão e posterior impressão.

Para a refeição Desjejum, a tela criada, figura 26, demonstra: o cardápio sugerido para aquele paciente em específico; o GET diário do paciente; o GET daquela refeição; o Desjejum e o valor calórico contido no cardápio sugerido.

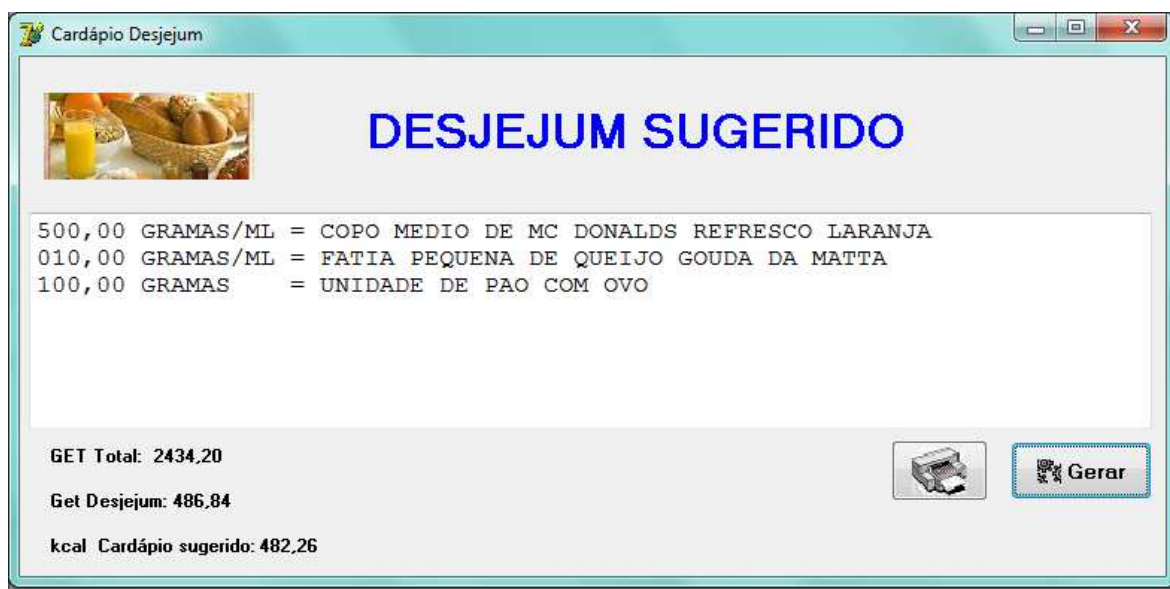


Figura 26 - Interface de Saída - Desjejum

Conforme ilustra a figura 26, um botão com a gravura de uma impressora foi criado para que o usuário possa visualizar a impressão do cardápio gerado, bem como imprimi-lo, de acordo com a figura 27.

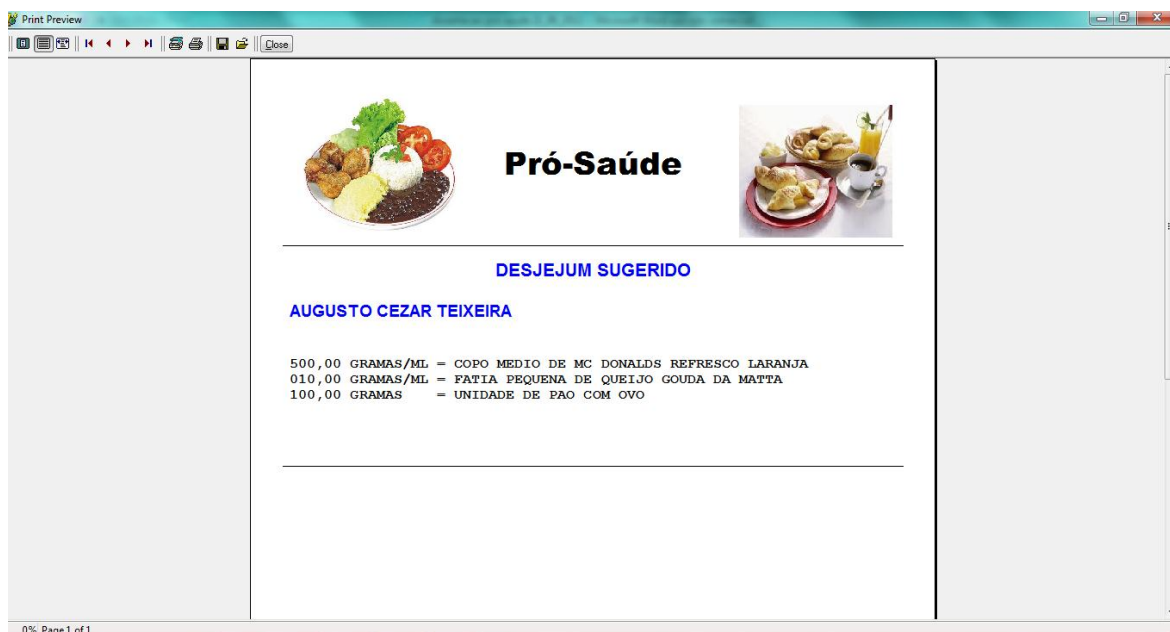


Figura 27 - Visualização da Impressão - Desjejum

Para a refeição Almoço, a tela criada, figura 28, demonstra: o cardápio sugerido para aquele paciente em específico; o GET diário do paciente; o GET daquela refeição; o Almoço e o valor calórico contido no cardápio sugerido.

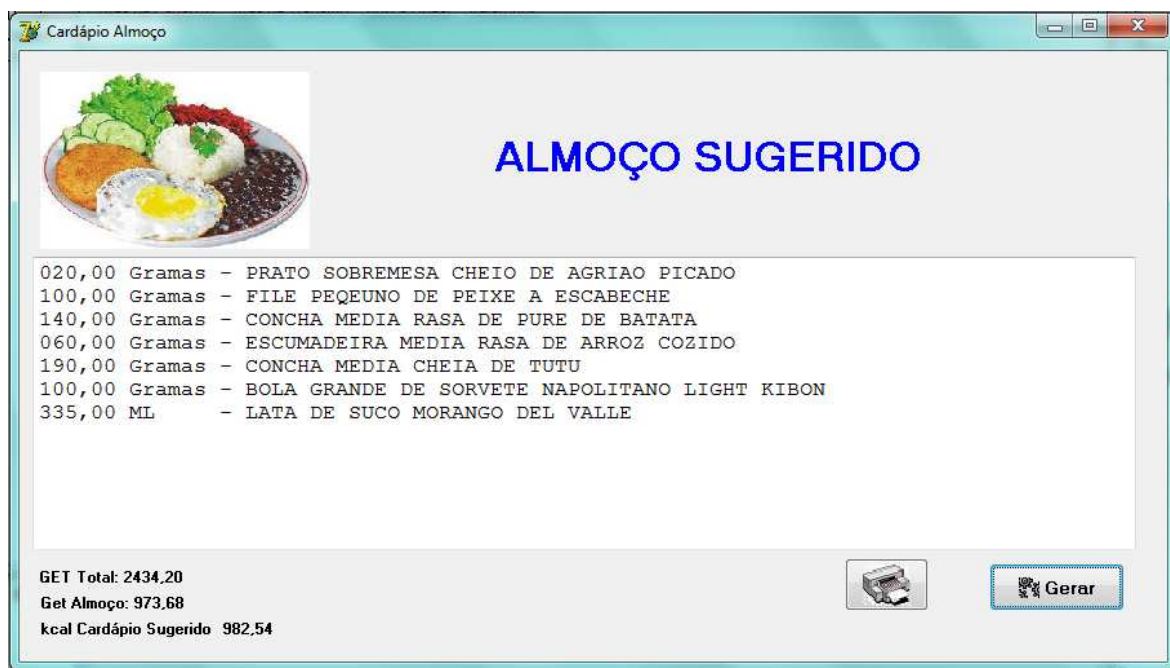


Figura 28 - Interface de Saída - Almoço

Conforme ilustra a figura 28, um botão com a gravura de uma impressora foi criado para que o usuário possa visualizar a impressão do cardápio gerado, bem como imprimi-lo, de acordo com a figura 29.



**Figura 29 - Visualização da Impressão - Almoço**

Para a refeição Lanche da Tarde, a tela criada, figura 30, demonstra: o cardápio sugerido para aquele paciente em específico; o GET diário do paciente; o GET daquela refeição; o Lanche da tarde e o valor calórico contido no cardápio sugerido.



Figura 30 - Interface de Saída - Lanche

Conforme ilustra a figura 30, um botão com a gravura de uma impressora foi criado para que o usuário possa visualizar a impressão do cardápio gerado, bem como imprimi-lo, de acordo com a figura 31.

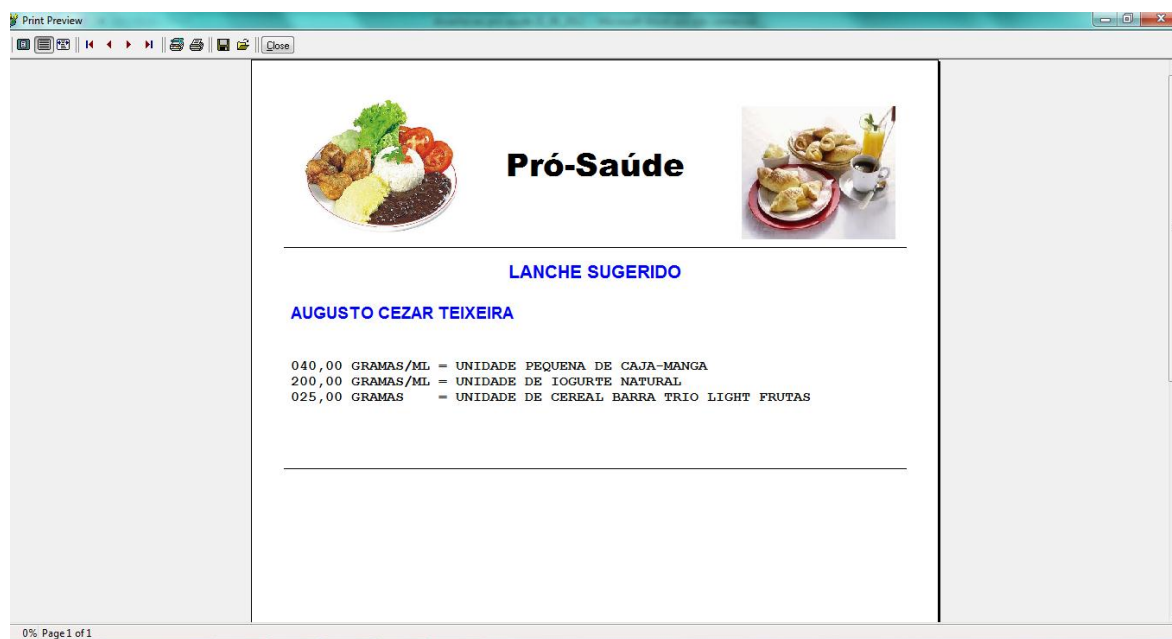
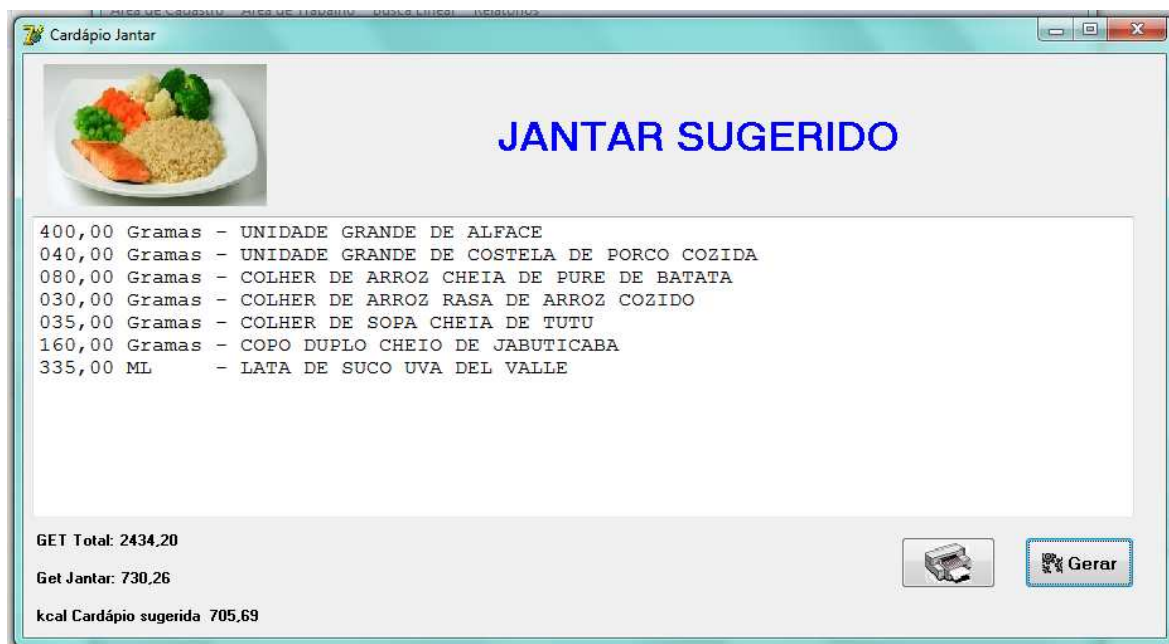


Figura 31 - Visualização da Impressão - Lanche

Para a refeição Jantar, a tela criada, figura 32, demonstra: o cardápio sugerido para aquele paciente em específico; o GET diário do paciente; o GET daquela refeição; o Jantar e o valor calórico contido no cardápio sugerido.



**Figura 32 - Interface de Saída – Jantar**

Conforme ilustra a figura 32, um botão com a gravura de uma impressora foi criado para que o usuário possa visualizar a impressão do cardápio gerado, bem como imprimi-lo, de acordo com a figura 33.





Figura 33 - Visualização da Impressão - Jantar

Para o cardápio diário com todas as refeições, a tela criada, figura 34, demonstra: os cardápios sugeridos para aquele paciente em específico; o GET diário do paciente e o valor calórico contido no cardápio diário sugerido.

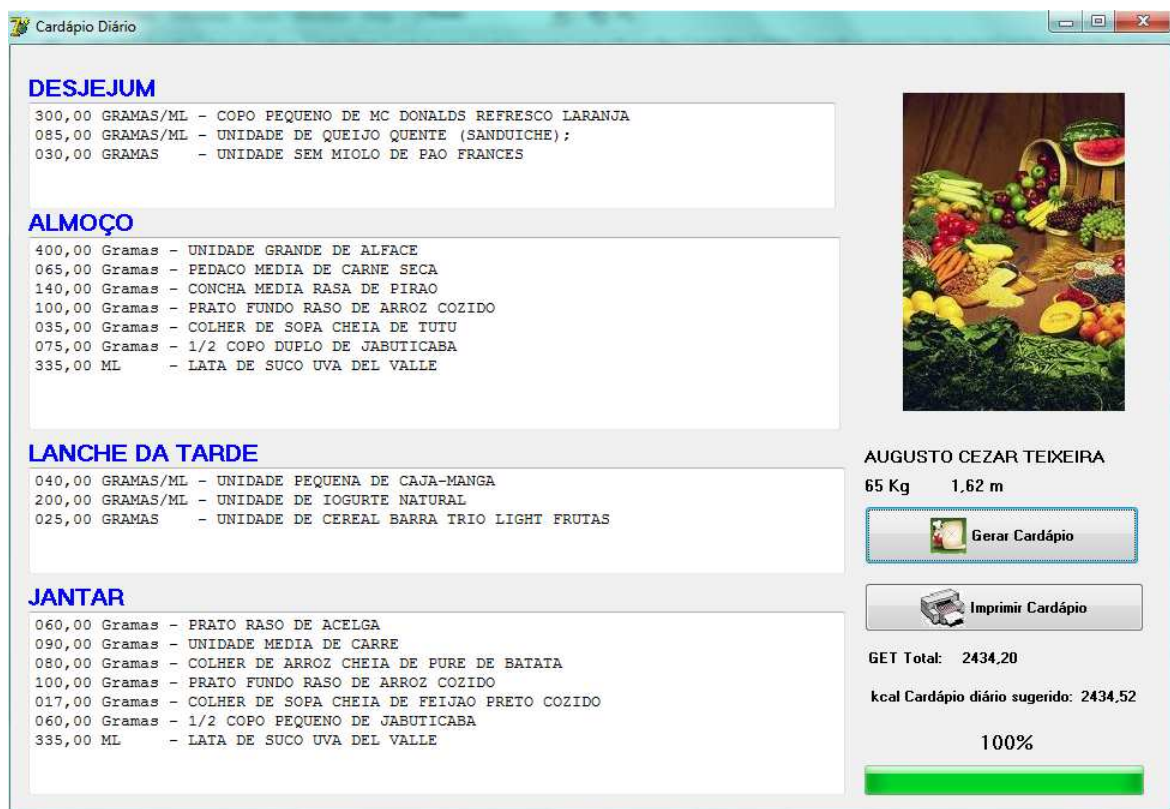


Figura 34- Interface de Saída - Cardápio Diário

Conforme ilustra a figura 34, um botão com a gravura de uma impressora foi criado para que o usuário possa visualizar a impressão do cardápio gerado, bem como imprimi-lo, de acordo com a figura 35.



**Figura 35 - Visualização da Impressão - Cardápio Diário**

## ANEXO 2 – Questionário de Avaliação do Software Pró-Dieta

Avaliação do Sistema Pró-Dieta 1.0	
Avaliador:	Data Avaliação:
Profissional Avaliador: (    ) Nutricionista (    ) Técnico em Nutrição e Dietética	

*Assinale, por favor, a opção que melhor traduz a sua opinião.*

1. <b>FUNCIONALIDADE</b> - Evidencia que o conjunto de funções atende às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade que se destina o software (Gerador automático de cardápios individualizados).	Muito Satisfeito	Satisfeito	Insatisfeito
1.1. O software auxilia na avaliação do paciente e no processo de geração de cardápios de acordo com a finalidade proposta.			
1.2. Como avalia globalmente a funcionalidade do software.			
2. <b>USABILIDADE</b> - Evidência a facilidade de utilização de software	Muito Satisfeito	Satisfeito	Insatisfeito
2.1. Em relação à facilidade de entender como funciona o programa			
2.2. Como avalia globalmente a usabilidade do software.			
3. <b>CONFIABILIDADE</b> - Evidencia que o desempenho se mantém ao longo do tempo em condições estabelecidas.	Muito Satisfeito	Satisfeito	Insatisfeito
3.1. Capacidade de continuar a funcionar corretamente, após erros do próprio software ou erros de manipulação de dados.			
3.2. Como avalia globalmente a Fiabilidade do software.			

4. <b>EFICIÊNCIA</b> - Evidencia que os recursos e os tempos envolvidos são compatíveis com o tempo de desempenho requerido para o produto.	Muito Satisfeito	Satisfeito	Insatisfeito
4.1. Tempo de geração dos cardápios e prescrição da dieta			
4.2. Como avalia em termos globais a Eficiência do software			
5. <b>Portabilidade</b> - A capacidade do software para ser utilizado e ou transferido de um ambiente para o outro	Muito Satisfeito	Satisfeito	Insatisfeito
5.1. Facilidade de utilizar o software em diferentes máquinas com sistemas operacionais diferentes			
5.2. Como avalia em termos globais a Portabilidade do software			
6. <b>Sobre o Sistema</b> – Metrifica o sistema em um contexto profissional e acadêmico.	Muito Importante	Importante	Não é importante
6.1. A importância em contar com a geração automática de cardápios individualizados			
6.2. A importância geral do sistema na utilização profissional e como ferramenta computacional nos cursos da área nutricional			
7. <b>Avaliação de Desempenho</b> – Avaliação da contribuição do software na melhora do desempenho profissional e acadêmico do usuário.	Experiente	Intermediário	Iniciante
7.1. Qual sua experiência na área nutricional, tanto profissional como acadêmica.			
7.2. Após a utilização do Pró-Dieta, qual o grau mínimo de experiência você considera necessário para a utilização do software.			

Comentários/ Observações: