

PRÓ-SAÚDE: SISTEMA AUTOMÁTICO DE GERAÇÃO DE CARDÁPIOS PERSONALIZADOS UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

Frederico Renato Gomes, Keiji Yamanaka.

frederico@iftm.edu.br, keiji@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia – MG.

Resumo - O uso de sistemas computacionais e técnicas de Inteligência Artificial para resolver problemas do mundo real estão cada vez mais frequentes 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. A proposta deste trabalho é apresentar uma metodologia de prescrição de cardápios e formulação de dietas, priorizando o atendimento aos preceitos de uma alimentação saudável levando em conta a variedade de cores, combinação de sabores, equilíbrio na textura, quebra da monotonia alimentar e fornecimento de todos os nutrientes. O sistema desenvolvido contribuirá também com as disciplinas de informática aplicadas à nutrição do Instituto Federal do Triângulo Mineiro. Para analisar a aplicação desta metodologia, desenvolveu-se um sistema utilizando Algoritmos Genéticos para buscar soluções satisfatórias em um tempo aceitável numa vasta tabela de alimentos disposta em medidas caseiras. Os resultados experimentais obtidos foram satisfatórios, comprovando a eficácia da metodologia.

Palavras-Chave - Algoritmos Genéticos, Cardápios, Dietas e Nutrição.

PRO-HEALTH: AUTOMATIC GENERATION OF PERSONALIZED FOOD MENUS USING GENETIC ALGORITHMS

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, Diets and Nutrition.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com Kopelman, a incidência de sobrepeso e obesidade assumiu proporções epidêmicas na população mundial [9]. 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 [4].

No Brasil, as doenças cardiovasculares correspondem à primeira causa de morte há pelo menos quatro décadas, acompanhada de um aumento expressivo da mortalidade por diabetes e ascensão de algumas neoplasias malignas [5].

A importância de uma dieta com um cardápio variado está em atender as necessidades nutricionais corretamente sem que haja excessos ou ausência de determinado nutriente, pois a variação dos alimentos na dieta é quem garante uma alimentação equilibrada. Um cardápio variado também proporciona uma maior aceitação dos alimentos por parte dos indivíduos e, conseqüentemente, uma melhora no estado nutricional [2].

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 compõem 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 suas necessidades no intuito de atender todos os preceitos da alimentação saudável. Esta tabela de alimentos deve conter preferencialmente as medidas caseiras, para que o paciente tenha condições de executar a dieta proposta em seu ambiente natural.

O desenvolvimento de uma dieta individualizada não é uma tarefa fácil. Um nutricionista pode levar várias horas para criar uma determinada dieta, pois são muitas variáveis a serem consideradas, tais como altura e peso do paciente, idade, sexo, índice de massa corporal (IMC), atividade física, hábitos alimentares, combinações de cores e texturas, condições socioeconômicas, etc.

O problema da criação de uma dieta individualizada que atenda todos os requisitos nutricionais estabelecidos por um especialista, é modelado como um problema de programação não linear inteira que, sendo NP-completos, não pode ser resolvido exatamente no tempo desejado,

justificando, assim, a escolha de algoritmos genéticos (AG) para a realização deste trabalho [6].

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 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 predileção do indivíduo. Com isso, haveria uma grande aproximação das necessidades de nutrientes individuais, evitando a monotonia alimentar em um curto espaço de tempo. Além disso, este trabalho visa também a apoiar o ensino da prescrição de cardápios e planejamento de dietas personalizadas nas disciplinas do curso técnico em Nutrição e Dietética do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus Uberaba.

Na seção dois deste trabalho, serão descritos e analisados os trabalhos correlatos. Na seção três, os fundamentos da prescrição de cardápios e elaboração de dietas. Na seção quatro, será apresentado o modelo de programação inteira não linear desenvolvido para analisar a metodologia proposta e sua implementação. Na seção cinco, serão mostrados os resultados e limitações da análise feita sobre a metodologia proposta. Por fim, na seção seis serão apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

II. TRABALHOS CORRELATOS

Esta parte do trabalho objetiva pesquisar a literatura relevante referente às áreas de Processamento da Informação e Nutrição, que é o domínio desta pesquisa.

Durante a busca por trabalhos correlatos ao apresentado, verificou-se que o uso de técnicas computacionais e inteligência artificial 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 dessa pesquisa chegou-se à relação de alguns trabalhos que serão apresentados a seguir:

A. *PlaDiet*

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. Depois de calculada as necessidades nutricionais, são informadas a quantidade de refeições diárias e a duração em dias. O sistema executa um AG que busca dentre as refeições pré-cadastradas as que mais se aproximem das necessidades nutricionais do paciente e faz com que estas não se repitam pelos dias da dieta [8].

B. *DietPal*

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 especialista 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. Possui várias dietas armazenadas que vão de 1200 kcal a 2000 kcal. Todas as dietas elaboradas são armazenadas para servirem a novos pacientes com as mesmas características. Tem como objetivo principal atender aos pacientes de centros de saúde da zona rural da Malásia, onde apresenta maior escassez de profissionais nutricionistas [7].

C. *Avaliação alimentar utilizando técnicas de inteligência artificial*

Sistema de computador desenvolvido para avaliar e monitorar a qualidade da alimentação de pessoas 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 [10]. Este sistema poderia ser usado para avaliação dos cardápios e dietas sugeridos pelo Pró-Saúde.

Diferentemente dos sistemas encontrados na literatura, o sistema Pró-Saúde proposto neste artigo apresenta uma metodologia de prescrever cardápios e formular dietas baseadas 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-Saúde 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.

III. FUNDAMENTOS DA PRESCRIÇÃO DE CARDÁPIOS E ELABORAÇÃO DE DIETAS

Para se realizar a prescrição de cardápios e a formulação de dietas, um profissional nutricionista deve seguir algumas etapas. Primeiramente é feito o estudo do indivíduo, em seguida as recomendações nutricionais e, por fim, o planejamento da dieta.

A. *Estudo do Indivíduo*

A caracterização do indivíduo é de suma importância para a perfeita adequação do cardápio e, conseqüentemente, da dieta. O levantamento dos dados do paciente para sua caracterização começa pela sua idade, sexo, altura e peso,

além do cálculo do seu peso ideal, segundo o Índice de Massa Corpórea (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 Organização Mundial de Saúde utiliza a tabela 1 de peso ideal pelo IMC para avaliar a situação nutricional dos indivíduos [2]:

TABELA 1
Peso Ideal pelo IMC

Situação	IMC em adultos
Desnutrição (abaixo do peso ideal)	Abaixo de 18,5
Eutrófico (no peso ideal)	Entre 18,5 e 24,9
Sobrepeso (Acima do peso ideal)	Entre 25 e 29,9
Obeso	Acima de 30

Se o paciente estiver fora dos limites da eutrofia, deve ser proposto o peso ideal (PI), de acordo com o seguinte cálculo de IMC: $PI = A^2 * IMC \text{ (ideal)}$.

Sendo: PI: Peso Ideal, A²: Altura ao quadrado em metros e IMC Ideal: que constituem os limites mínimo (18,5) e máximo (24,99) da eutrofia. Também pode ser utilizada a média aritmética entre estes valores (21,7). Para este trabalho será utilizado o limite máximo da eutrofia [2].

B. Recomendações Nutricionais

As recomendações nutricionais consistem na determinação do Gasto Energético Total (GET), na determinação das quantidades dos nutrientes energéticos e sua distribuição pelas refeições, além da determinação dos valores de minerais, vitaminas e fibras [2].

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: $GET = GEB \text{ (Gasto Energético Basal)} * FA \text{ (Fator Atividade)}$ [2].

O GEB (Gasto Energético Basal) representa uma cota energética básica necessária para a vida vegetativa – paciente em repouso, em temperatura ambiente de 20°C e jejum de 12 a 16 horas [1].

Para se calcular o GEB, é utilizada a tabela 2, onde ‘P’ representa o Peso do paciente em Kg e ‘A’ representa a Altura do paciente em cm [1].

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	$GEB = 9,2 P + 637 A - 302$

O FA (Fator Atividade) representa níveis de atividades desenvolvidas pelo paciente de acordo com a tabela 3 recomendado pela OMS/FAO [1].

TABELA 3
Fator de Atividade

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

2) Da quantidade de Proteínas, lipídeos e carboidratos

De acordo com a organização Mundial de Saúde (OMS) as refeições devem seguir uma porcentagem de contribuição dos nutrientes energéticos em relação ao GET do paciente de acordo com a tabela 4 [2].

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

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 [2].

TABELA 5
Distribuição do percentual do GET por refeição

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

4) Dos valores de minerais, vitaminas e fibras

Em relação aos alimentos fontes, a recomendação da OMS é de consumo $\geq 400g$ de vegetais e frutas por dia [11].

C. Planejamento da Dieta

O planejamento da dieta deve se basear na seleção das preparações culinárias que deve 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 [2].

1) Seleção das preparações culinárias que devem compor cada refeição

Desjejum

- Fruta
- Leite ou derivados
- Pão ou outros cereais

Almoço/Jantar

- Entrada: salada ou sopa. Procurar 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.

Colação, Lanche, Ceia

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

IV. METODOLOGIA

A metodologia proposta é a de conseguir gerar cardápios personalizados automaticamente com apenas um clique do *mouse*, de forma que atendam aos preceitos da alimentação saudável, respeitando as características do indivíduo, as recomendações nutricionais e a forma de se planejar 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 1.

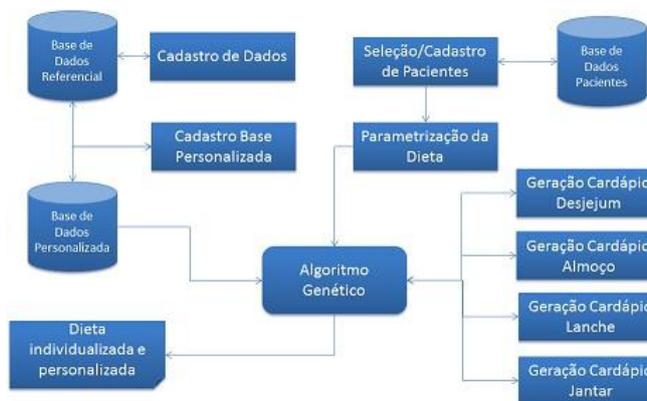


Fig.1 - Arquitetura do Sistema

O Pró-Saúde utiliza três bases de dados, a base Referencial, a Personalizada e a Pacientes. As duas primeiras, com 10 tabelas cada, representa as preparações

culinárias que devem compor cada refeição. As tabelas são: *tb_Arroz*, *tb_bebida*, *tb_entrada*, *tb_feijão*, *tb_fruta*, *tb_guarnição*, *tb_leite*, *tb_paes*, *tb_principal* e *tb_sobremesa*.

A base de dados referencial recebeu os dados do livro “Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras” [3], a qual servirá de referência para a base de dados Personalizada que é destinada à personalização dos alimentos de acordo com os hábitos alimentares do paciente. São os dados armazenados na base Personalizada que serão utilizados no espaço de busca do AG. A figura 2 apresenta a tela com os atributos da tabela de guarnições da base Referencial.

A terceira, a base Pacientes, possui uma única tabela, a qual armazena as informações referentes aos pacientes.



Fig.2 – 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 referencial e estes são transportados automaticamente para a sua tabela correspondente na base de dados Personalizada. Feita a personalização dos alimentos, os dados do paciente são colhidos e os parâmetros referentes às recomendações nutricionais e ao planejamento da dieta devem ser configurados. Após estas configurações o sistema está pronto para a prescrição dos cardápios.

A. O Algoritmo Genético

O AG foi escolhido na solução deste problema por ter a característica de, em pouco tempo, apresentar resultados bons, não necessariamente o melhor, mas garantindo a variedade de resultados e sua qualidade [6].

Para resolver um problema particular usando AG é necessário termos [6]:

- uma representação genética do problema (o indivíduo). Essa representação deve ser codificada com cadeias de comprimento finito sobre um conjunto finito de símbolos;
- uma maneira de criar a população inicial, que pode ser aleatória ou selecionada por outros métodos.
- uma função de aptidão com o intuito de analisar o desempenho apontando o quanto um indivíduo está adaptado para o meio e separados por um processo chamado de seleção, com base neste desempenho.
- operadores genéticos que alteram a estrutura dos filhos, geralmente considerado o cruzamento e a mutação.

- os valores de vários parâmetros que são exigidos pela AG, tais como: tamanho da população, probabilidade de *crossover* e probabilidade de mutação.

A representação genética do problema, o indivíduo, neste trabalho, é representada por um vetor de números inteiros e que varia de acordo com a refeição selecionada.

Suponha que queremos gerar um cardápio para a refeição Almoço. O indivíduo será representado por um vetor de 7 posições em que cada posição representará uma preparação culinária que deve compor esta refeição (Entrada, Prato Principal, Guarnição, Arroz, Feijão, Sobremesa e Complemento) e, para cada posição deste vetor, a possibilidade de preenchimento vai variar de acordo com a quantidade de alimentos cadastrados na tabela referente a esta preparação culinária.

A população inicial será criada aleatoriamente, de acordo com os valores mínimo e máximo de registros cadastrados nas tabelas da base personalizada referentes às preparações culinárias.

Apesar de ser criada aleatoriamente, caso haja indivíduos iguais na população inicial, o processo é imediatamente refeito até que se tenha garantia de que não haja nenhum indivíduo igual nesta população inicial.

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

$$er = \text{abs}(((pts_1 + \dots + pts_n) + (cbs_1 + \dots + cbs_n) (lps_1 + \dots + lps_n)) - (\text{ptn} + \text{cbn} + \text{lbn})) + rt + rc.$$

Onde:

er = erro calórico

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.

A seleção dos indivíduos foi feita através do método da roleta, com a utilização do elitismo.

Neste trabalho foram usados o cruzamento de apenas um ponto e a mutação simples.

Os parâmetros utilizados foram: tamanho da população inicial (pop), que variou de 100 a 500 indivíduos; a probabilidade de cruzamento (pc), que variou de 0 a 100%; a probabilidade de mutação (pm), que também variou de 0 a 100% e a quantidade de gerações (ger), que variou de 500 a 2000.

B. Ajustes de parâmetros

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

Os testes foram feitos para uma refeição (Almoço) que atendesse a um indivíduo do sexo masculino, com um peso de 65 kg, com 49 anos e 1 metro e 62 centímetros de altura, com um fator de atividade classificado em baixo. Para este indivíduo, foi calculado um Gasto Energético Total (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.

Os primeiros testes foram para encontrar o melhor valor para o parâmetro população inicial e quantidade de gerações. Foram feitos 50 testes com os valores de 100, 300 e 500 indivíduos e com gerações variando de 500 em 500, de 500 a 2000. Os valores de probabilidade de cruzamento (pc) e probabilidade de mutação (pm) foram fixados em 60% e 10%. Conforme a tabela 6, o melhor valor encontrado para população inicial foi 500 com 1500 gerações com erro calórico médio de 10,17 kcal e desvio padrão de 2,90.

TABELA 6
População Inicial x Gerações

População	Gerações	Erro Médio	Desvio Padrão
500	1500	10,17	2,90
500	2000	11,91	3,17
500	500	16,15	3,94
500	1000	19,76	4,16
300	1500	20,21	5,51
300	1000	21,53	6,09
300	2000	22,53	6,38
100	500	26,24	8,14
100	1500	26,32	12,26
100	2000	28,41	9,90
100	1000	31,61	10,60
300	500	40,17	11,47

Para encontrar o melhor valor para a probabilidade de cruzamento (pc) uma nova bateria de testes foi realizada, mantendo os parâmetros do paciente, os parâmetros nutricionais e trabalhando com pop = 500, quantidade de gerações = 1500 e pm = 10%. Para este teste, a pc variou de 10 em 10, de 60% a 90%. O melhores resultados foram encontrados com pc = 70% conforme a tabela 7.

TABELA 7
Probabilidade de Cruzamento (pc)

pc	pm	Erro Médio	Desvio Padrão
70	10	9,14	3,05
60	10	10,94	3,95
80	10	11,15	3,61
90	10	11,65	3,34

Os últimos testes foram para encontrar a melhor probabilidade de mutação (pm). Mais uma vez os parâmetros

do paciente e os parâmetros nutricionais foram mantidos, e utilizamos $pop = 500$, quantidade de gerações = 1500 e $pc = 70$. Para este teste, a probabilidade de mutação (pm) variou de 20 em 20, de 10% a 70%. Os melhores resultados foram encontrados com $pm = 50\%$ conforme a tabela 8.

TABELA 8
Probabilidade de Mutação (pm)

pc	pm	Erro Médio	Desvio Padrão
70	70	5,22	3,05
70	50	5,75	2,12
70	30	6,96	2,89
70	10	9,60	3,16

V. RESULTADOS

A metodologia foi testada através do Pró-Saúde por um grupo avaliador composto por nutricionistas do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), campus Uberaba, juntamente com a coordenação do curso de Nutrição e Dietética. De acordo com o grupo avaliador, a metodologia é ágil e dinâmica, conseguiu-se atender aos preceitos alimentares e todos os requisitos necessários para a geração de cardápios e prescrição de dietas.

Foram realizados testes com a refeição almoço para cinco pacientes, perfazendo uma faixa de 800 a 1800 kcal. Para cada paciente, o Pró-Saúde foi acionado no intuito de gerar um almoço com todos os preceitos alimentares por vinte vezes. Os cardápios sugeridos pelo Pró-Saúde foram analisados pelo grupo avaliador e comparado à metodologia tradicional de prescrição de cardápios.

Ao final dos testes, o resultado apontado pelo grupo avaliador foi satisfatório, com algumas ressalvas, como inserir uma opção para gerar cardápios para compor dietas mais longas, apresentar de forma visual a combinação dos alimentos, e uma área explicativa de como preparar estes alimentos.

VI. CONCLUSÕES

A metodologia atende ao seu propósito gerando, em segundos, os cardápios e as dietas que podem levar horas para serem obtidos manualmente. 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, além de comprovar a eficiência do AG na resolução de problemas reais classificados como NP-Completo. A tabela de alimentos que foi digitalizada e utilizada apresenta 2306 preparações culinárias, permitindo alcançar um cardápio com grande precisão satisfazendo as restrições impostas pelos preceitos de uma alimentação saudável.

Como proposta de trabalhos futuros, sugere-se o atendimento às ressalvas apontadas pelo grupo avaliador, principalmente no tocante à visualização da informação.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. M. C.S. da Silva, S. M. Bernardes, *Cardápio: Guia Prático para a elaboração*, Editora Atheneu e Centro universitário São Camilo, 1ª Edição, São Paulo, 2004.
- [2] M. S. Galisa, L. M. B. Esperança, N. G. de Sá, *Nutrição: Conceitos e Aplicações*. M.Books do Brasil editora, 1ª Edição, São Paulo, 2008.
- [3] A. B. V. Pinheiro, E. M. A. Lacerda, E. H. Benzecry, M. C. S. Gomes, V. M. da Costa, *Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras*, Editora Atheneu, 5ª edição, São Paulo – Brasil, 2004.
- [4] World Health Organization WHO. Reducing risks, promoting healthy life. *The World Health Report 2002*. Genebra – Suíça. World Health Organization; 2002. Acedido em 26 de abril de 2012, em: <http://www.who.int/whr/2002/en/>.
- [5] I. Lessa. Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: um desafio para a complexa tarefa da vigilância. *Ciência & Saúde Coletiva*, vol.9 – no. 4. Rio de Janeiro – Brasil, Oct./Dec. 2004. Acedido em 26 de abril de 2012, em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232004000400014.
- [6] R. LINDEN. *Algoritmos Genéticos: Uma importante ferramenta da Inteligência Computacional*. Editora Brasport – 2ª Edição. Rio de Janeiro – Brasil, 2008.
- [7] S. A. Noah, S. N. Abdullah, S. Shahar, H. Abdul-Hamid, N. Khairudin, M. Yusoff, R. Ghazali, N. Mohd-Yusoff, N. S. Shafii, Z. Abdul-Manaf. DIETPAL - a Web-based dietary menu-generating and management system. *J Med Internet Res*. 2004 Jan-Mar; 6(1): e4. *Published online 2004 January 30*. Selangor – Malásia, 2004. Acedido em 12 de abril de 2012, em: <http://www.jmir.org/2004/1/e4/>.
- [8] P. Flores, M. G. Cota, D. Ramírez, I. J. Jiménez, J. A. Raygoza, L. C. Morales, S. Galaviz, A. Espinoza, M. E. Orozco. Pladiet: Un sistema de cómputo para el diseño de dietas individualizadas utilizando Algoritmos Genéticos. *Revista Iberoamericana de Sistemas Cibernéticos e Informática*. Sonora – México, 2007. Acedido em 12 de abril de 2012, em: <http://www.mendeley.com/research/pladiet-un-sistema-cmputo-para-el-diseo-dietas-individualizas-utilizando-algoritmos-genticos>.
- [9] P. G. Kopelman. Obesity as a medical problem. *Revista NATURE (www.nature.com)*, Vol. 404, 6 Abril de 2000. Acedido em 14 de abril de 2012, http://cmgm3.stanford.edu/biochem/biochem230/papers2005/week7/Nature_Obesity_Review.pdf.
- [10] J. Stumm, S. M. Nassar, M. M. S. Pires. 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. Acedido em: 26 de abril de 2012, em <http://www.sbis.org.br/cbis/pdfs/SO%2029%20-%20Jaqueline%20Stumm%20-%201630h.pdf>.
- [11] A. F. Guimarães, M. S. Galisa, *Cálculos Nutricionais: Conceitos e aplicações práticas*, M.Books do Brasil editora Ltda., 1ª Edição, São Paulo, 2008.