

## Programação em R Aplicada à Elaboração de Cardápios Escolares

Danielle Gralha de Borborema (UFPR) [danielleborema@ufpr.br](mailto:danielleborema@ufpr.br)  
Gustavo Krauczuk (Faculdade Campo Real) [gustavo0893@gmail.com](mailto:gustavo0893@gmail.com)  
Mariana Kleina (UFPR) [marianakleina@ufpr.br](mailto:marianakleina@ufpr.br)

### Resumo:

O avanço econômico e social dos últimos anos teve um impacto direto no dia a dia e nos hábitos alimentares, não só dos brasileiros, mas de boa parte da população mundial, com a rápida expansão da indústria de alimentos e bebidas pré-processados, redes de *fast food*, entre outros. No intuito de conter este consumo desenfreado, que desencadeou um problema de saúde mundial monitorado pela Organização das Nações Unidas (ONU), foram criadas, no Brasil, Políticas Públicas que promovem a mudança destes hábitos nas escolas, através de cardápios elaborados por nutricionistas, garantindo assim refeições mais saudáveis. Devido a demanda de maximização da oferta de nutrientes no cardápio e a necessidade de redução no seu tempo de elaboração, este artigo propõe a aplicação de uma modelagem matemática para otimização e elaboração de um plano de cardápios diários através da Programação em R. Primeiro é apresentado o cenário que desencadeou a criação das Políticas Públicas. Em sequência são apresentadas as referências teóricas dos dados nutricionais dos alimentos e processos de modelagem matemática, que embasam o tratamento dos dados utilizados na programação em *software* R através do modelo proposto. Por fim são apresentados os resultados das simulações que mostram que a programação computacional garante a otimização do tempo de elaboração dos cardápios e a maximização da oferta de nutrientes para os alunos da rede pública de ensino no Brasil.

**Palavras chave:** Programação R, Modelagem, Pesquisa Operacional, Cardápio Escolar, Nutrição.

## R Programming to Build School Meals

### Abstract

The economic and social progress of recent years had a direct impact on daily life and behavior, further the Brazilians, but for the most of the people in the world, with the fast food, the pre-processed food and beverage industry, and others. In order to contain this uncontrolled consumption, which triggered a worldwide health problem monitored by the United Nations (UN). In Brazil, several of Public Policies were developed in attempt to promote a new nutritional education, changing this behavior, starting with schools, through menus prepared by nutritionists, ensuring so healthier meals as possible. Due to the demand to maximize the supply of nutrients in the menu and the demand of reduction in its elaboration time, this article proposes the application of a mathematical modeling for optimization and elaboration a daily menu plan through the R Programming. First, the scenario that triggered the Public Policies is presented. In additional, the theoretical references of the nutritional data of the food and mathematical modeling processes are reviewed, in order to provide a base of the treatment of the data used in the R software through the proposed model. Finally, the results of the simulations that show that the computational programming guarantees the optimization of the time of elaboration of the menus and the maximization of the nutrient supply for the students of the public school system in Brazil is discussed.

**Key-words:** R Program, Modeling, Operational Research, Scholar Menu, Nutrition

## 1. Introdução

Os maus hábitos alimentares, não só dos brasileiros, mas de boa parte da população mundial, influenciados pela rápida expansão da indústria de alimentos e bebidas pré-processados, redes de *fast-food*, entre outros, aumentou a incidência de problemas como obesidade, hipertensão e sobrepeso, no Brasil. Com um baixo consumo de alimentos naturais, hortaliças e frutas, e alta frequência de ingestão de alimentos industrializados, com elevados níveis de sódio e poucos nutrientes, contribuíram para o desenvolvimento das chamadas Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) (Plano de Ações de Enfrentamento as DCNTs – MS). Estas doenças estão relacionadas não somente a uma alimentação saudável, mas também a outros fatores de risco como tabagismo, pouca atividade física e uso nocivo do álcool. São consideradas como DCNT as doenças de longa duração desenvolvidas ao longo da vida: doenças cardiovasculares e respiratórias crônicas, câncer e diabetes. O crescimento econômico social, transições demográficas entre outros fatores, tornou a DCNT um problema de saúde pública mundial. Somente no Brasil estas doenças foram responsáveis por 72,6% dos óbitos registrados em 2013

De acordo com o Portal de Vigilância das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (Ministério da Saúde), devido à amplitude do tema, em 2011 a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou uma Reunião de Alto Nível que resultou em um pacto global entre os países membros e a Organização Mundial de Saúde (OMS) contendo 25 indicadores e 9 metas globais. (Saúde, 2014). Para o Brasil, o resultado foi a criação do Plano de Ações de Enfrentamento de DCNT, a ser aplicado no período de 2011 a 2022, com o seguinte objetivo: “... *promover o desenvolvimento e a implantação de políticas públicas efetivas, integradas, sustentáveis e baseadas em evidências para a prevenção e o controle das DCNT e seus fatores de risco, além de fortalecer os serviços de saúde voltados às doenças crônicas*”. (Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância e Saúde, 2011). A Figura 1, Metas do Plano de DCNT, lista as principais metas relacionadas as questões alimentares e atividades físicas, segundo fonte de informação, valor base 2010, resultado mais recente e próxima medição.

Metas do Plano de DCNT	Fonte	Linha base	Valor da linha de base	Resultado mais recente	Próxima medida
Redução da mortalidade prematura (30-69 anos) por DCNT em 2% ao ano	SIM	2010	392,96	359,46 (2013) - 8,5%	SIM
Aumento da prevalência da prática de atividade física no tempo livre em 10%	Vigitel PNS	2010	30,1%	35,3% (2014) 22,5% (2013)	Vigitel PNS
Contenção do crescimento da obesidade em adultos	Vigitel POF	2010 2008	15,1% –	17,9% (2014) 20,8% (2013)	Vigitel PNS
Redução da prevalência de obesidade em crianças	POF	2008	M: 16.6% F: 11.8%	– –	POF 2015
Redução da prevalência de obesidade em adolescentes	POF	2008	M: 5.9% F: 4.0%	– –	POF 2015
Aumento do consumo recomendado de frutas e hortaliças em 10%	Vigitel PNS	2010	19,5%	24,1% (2014)	Vigitel PNS/POF
Redução do consumo médio de sal de 12 g para 5 g	POF PNS	2008	12 g	–	PNS 2013 POF 2015

■ Meta alcançada. ■ Meta não alcançada. ■ Meta estável ou não medida novamente.

Figura 1 - Metas do Plano de DCNT

Fonte: Adaptado Metas do Plano de Enfrentamento DCNT

De acordo com o Ministério d Saúde, algumas pesquisas dos Programas, a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) e a Pesquisa Nacional de Saúde Escolar (PeNSE), realizadas em parceria com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostram o cenário atual dos hábitos e impactos alimentares dos escolares divulgados em 2016, conforme Figuras 2 e 3.

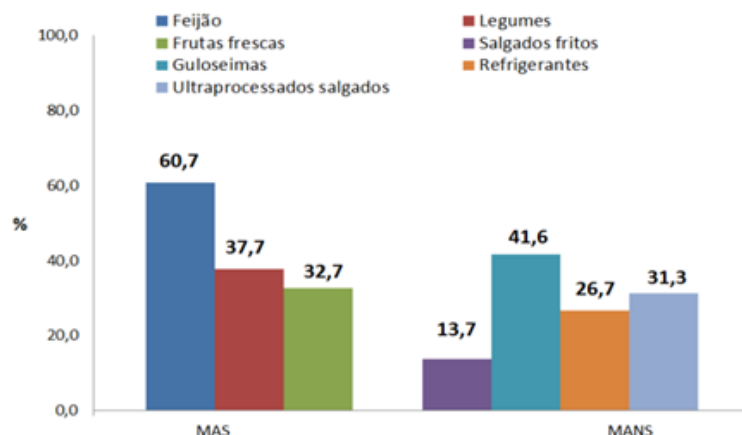


Figura 02 – Consumo de Alimentos Marcadores de Alimentação Saudável (MAS) e Não Saudável (MANS)

Fonte: Adaptado Pesquisa PNS e PENSE

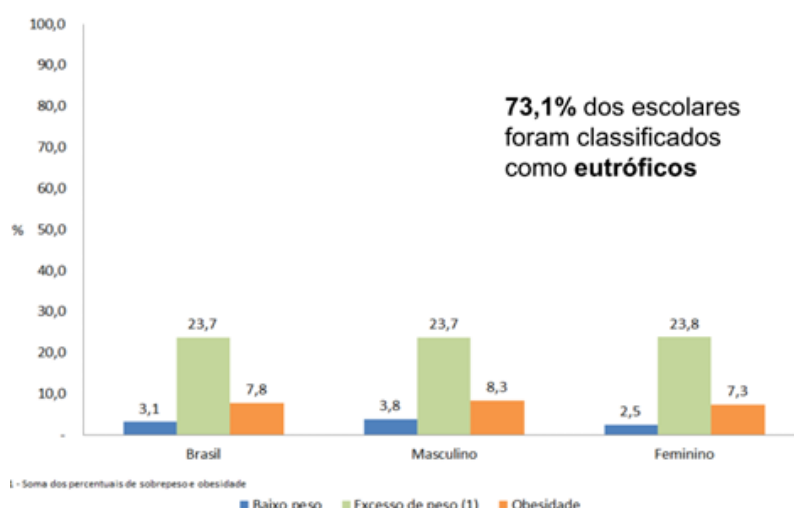


Figura 03 – Antropometria – Estado Nutricional de Escolares Segundo Gênero

Fonte: Adaptado Pesquisa PNS e PENSE

Este Plano contém diversas políticas e ações para conter e monitorar a evolução destas doenças, dentre elas, a Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS), contempla entre outros o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), que oferece alimentação e ações de educação alimentar e nutricional aos estudantes da educação infantil ao ensino médio, jovens e adultos, matriculados em escolas públicas, filantrópicas e entidades comunitárias. Algumas determinações fundamentais do PNAE: destinação de 30% dos recursos à compra direta de produtos da agricultura familiar, para desenvolvimento econômico das comunidades; a elaboração e monitoramento dos cardápios por nutricionistas e a limitação de aquisição de alimento e bebidas processados de baixo valor nutricional. Estas determinações trazem a luz duas questões de ordem operacional prática: o tempo de elaboração dos cardápios pelos nutricionistas, devido ao grande volume, variedade e disponibilidades de estoques, e a garantia do atendimento de todas as demandas nutricionais por faixa etária dos estudantes, uma vez que

o trabalho é feito de forma manual, mesmo que algum tipo de tecnologia seja utilizada (computadores, *softwares* básicos, entre outros).

Para garantir o atendimento destes requisitos, otimizando o tempo de elaboração dos cardápios e a maximização da oferta de nutrientes, respeitando as demandas mínimas definidas para o tipo de refeição, faixa etária e disponibilidade local de produtos, este artigo propõe a aplicação de uma modelagem matemática para elaboração de um plano de cardápios diários através da Programação em R. O artigo está estruturado da seguinte forma: a Sessão 2 apresenta as referências teóricas dos dados nutricionais dos alimentos e processos de modelagem matemática, na Sessão 3 são desenvolvidos os modelos matemáticos para elaboração dos cardápios, considerando as determinações do PNAE e requisitos técnicos de demanda nutricional e na Sessão 4 são apresentados os resultados das simulações que mostram que a programação computacional garante a otimização do tempo de elaboração dos cardápios e a maximização da oferta de nutrientes para os alunos da rede pública de ensino brasileira.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Definição de Demandas Nutricionais

O conhecimento da composição dos alimentos é fundamental para garantia da segurança alimentar e nutricional, sendo estas informações a base para a educação alimentar. A preocupação mundial com a qualidade da alimentação da população, principalmente a alimentação infantil, deu origem a um estudo no Instituto de Medicina de Washington D.C. que avaliou o impactos negativos dos baixos padrões de dieta atual das crianças, realizou o agrupamento dos alimentos em categorias como: frutas; vegetais; grãos; etc. (o agrupamento dos alimentos em categorias também é chamado de “Pirâmide “Alimentar”), e fatores relacionados a atividade física, resultando em um guia com recomendações sobre saúde infantil e a quantidade de cada grupo de alimentos que deveria fazer parte de uma dieta diária, por faixa etária e gênero. Este guia foi chamado de *Dietary Reference Intake – Guide Principles for Nutrition Labeling and Fortification* (DRI), que é utilizado como referência para o desenvolvimento de estudos e guias específicos de diversos países e regiões, devido à variedade e oferta de produtos alimentícios locais.

No Brasil, um estudo similar foi realizado pelo Núcleo de Pesquisas em Alimentação da Unicamp, dando origem a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), onde são listadas as composições de nutrientes dos alimentos, também referenciado no DIR. A categorização dos alimentos na tabela TACO apresenta a composição nutricional dos alimentos por cada 100g de parte comestível, além de algumas receitas, recomendações de manuseio e instruções para preparação dos alimentos. São categorias listadas na Tabela TACO: cereais e derivados; verduras e hortaliças; frutas e derivados; pescados e frutos do mar; carnes e derivados; leguminosas e derivados; nozes e sementes.

Para elaboração dos cardápios escolares, os nutricionistas usam como base a tabela TACO e uma Pirâmide Alimentar adaptada (PHILIPPI *et.al.*,1999), que distribui os alimentos categorizados em 5 refeições, com as respectivas porções e sugestão de alimentos a serem utilizados de acordo com as categorias presentes nas refeições. São elas: café da manhã; lanche da manhã; almoço; lanche da tarde; jantar e lanche da noite.

## 2.2 Pesquisa Operacional e Modelagem Matemática

Recentemente conhecida como Tecnologia da Decisão, a Pesquisa Operacional, de origem militar utilizada pela primeira vez na II Guerra Mundial, aplica métodos científicos de suporte à decisão de problemas complexos como a definição de projeto, planejamento e operações em situações que demandam alocação eficiente de recursos escassos, através de modelos matemáticos determinísticos e probabilísticos (ARENALLES *et. al.*, 2011). Recentemente esta disciplina tem sido amplamente adotada em diversas áreas como: finanças; medicina; marketing; setor público; serviços de saúde; educação; segurança; entre outros. A pesquisa operacional demanda três requisitos básicos:

- Compreender as características e atributos do sistema, utilizando os dados de maior relevância para construção de um modelo matemático ou de simulação, na tentativa de representar o problema real;
- Desenvolver métodos de solução para os modelos construídos utilizando ferramentas comerciais que contenham o método utilizado e;
- Comunicação com os envolvidos no problema para entendê-lo da forma mais clara e objetiva possível e informar os resultados não intuitivos gerados pela aplicação da pesquisa operacional.

O modelo matemático é uma simplificação de um problema real, que quando bem estruturado, traduz resultados coerentes com o contexto original, a partir das simplificações do problema real em diferentes níveis. As etapas de construção do modelo matemático englobam: a modelagem, que define as relações matemáticas e as variáveis que representam o comportamento do sistema ou problema real; a análise, que aplica as técnicas matemáticas e tecnologia para resolver o modelo e obter os resultados; e a interpretação, que consiste na argumentação dos resultados obtidos através do modelo para avaliar sua relevância para a tomada de decisão sobre o processo real. Caso isto não ocorra, o modelo deve ser revisado e o ciclo repetido, conforme Figura 4.

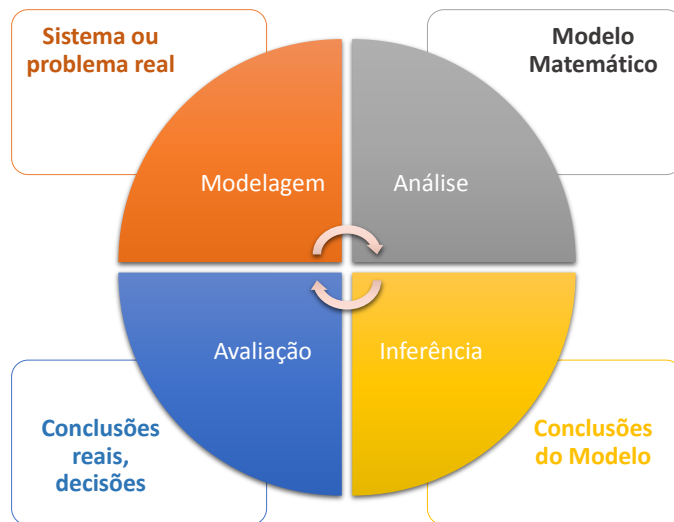


Figura 4 – Etapas de Construção de um Modelo Matemático



### 3. Modelagem Matemática e Programação em R para Elaboração dos Cardápios

A modelagem foi realizada seguindo as recomendações do PNAE, definidas pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), artigo 14 da resolução nº26/2013, por faixa etária, utilizando as recomendações de demanda nutricional dos alimentos listados na Tabela Taco e o modelo de construção matemático, conforme item 2 deste artigo.

Para efeito de simulação, foi definido o seguinte cenário, premissas do modelo real:

- Preparação de um cardápio semanal, para escolares na faixa etária de 6 a 10 anos, em período integral, onde há a necessidade de se garantir ao menos 70% das necessidades nutricionais diárias destes indivíduos;
- O valor calórico mínimo diário foi distribuído entre as três refeições: 20% para o café da manhã, 30% para o almoço e 30% para o jantar;
- Para atendimento da oferta mínima semanal de 3 porções de frutas e hortaliças (200g/por aluno), foi considerada a oferta diária de uma porção de hortaliças por refeição e de frutas como sobremesa;
- Foram selecionados alimentos aleatórios na tabela TACO, de acordo com grupos e oferta de nutrientes;
- Dados de estoque aleatórios foram utilizados para realização dos testes.
- Para bebidas foi considerada uma porção para cada refeição.

A demanda de nutrientes mínimos e máximos diários de acordo com estas recomendações estão listados na Tabela 01 e a relação de alimentos utilizados com as respectivas ofertas nutricionais, por grupos e porções está listada na Tabela 02.

<b>Crianças de 6 a 10 anos (Período Integral)</b>		
<b>Demanda</b>	<b>Min</b>	<b>Máx</b>
Energia (kcal)	1000	1429
Carboidratos (g)	162,5	232,2
Proteínas (g)	31,2	44,6
Lípidos (g)	25	36
Fibras (g)	18,7	26,8
Vit A (mg)	350	500
Vit C (mg)	26	37,2
Min Ca (mg)	735	1050
Min Fe (mg)	6,3	9
Min Mg (mg)	131	187,2
Min Zn (mg)	4,7	6,8
Frutas (g)*	6,7	10
Hortaliças (g)*	6,7	10
<i>* Recomendação mínima semanal dividida em 3 porções</i>		

Tabela 01: Demanda de Nutrientes Mínimos e Máximos Diários Recomendados

Grupo	Alimento	Descrição	Energia (kcal)	Carboidratos (g)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Fibras (g)	Vit A (mg)x10-3 (g)	Vit C (mg)	Min Ca	Min Fe	Min Mg	Min Zn	Unidade Porção (g)
2	15	Refrigerante, tipo guaraná	31	7,96	0	0	0	0	0	1,08	0	0	0	100
3	16	Apresentado	129	2,87	13,45	6,7	0	0	0	22,58	0,88	15,27	1,65	100
3	17	Carne, bovina, acém, moído, cozido	213	0	26,69	10,92	0	0	0	4,03	2,66	17,07	8,1	100
3	18	Carne, bovina, almôndegas, fritas	272	14,29	18,16	15,79	0	0	0	26,76	1,92	48,12	2,61	100
3	19	Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	194	0	35,89	4,49	0	0	0	5	2,36	21,06	5,14	100
3	20	Carne, bovina, costela, assada	374	0	28,81	27,72	0	0	0	28,01	2,18	19,55	5,46	100
3	21	Carne, bovina, lagarto, cozido	223	0	32,87	9,11	0	2,9	0	3,54	1,85	12,96	6,96	100
3	22	Coxinha de frango, frita	284	34,53	9,62	11,84	4,98	0	0	18,34	1,27	16,79	0,52	100
3	23	Frango, coxa, com pele, assada	216	0,06	28,5	10,37	0	5,98	0	8,34	1,22	13,93	2,56	100
3	24	Frango, sobrecoxa, com pele, assada	260	0	28,71	15,2	0	8,22	0	10,68	1,22	14,6	2,18	100
3	25	Hambúrguer, bovino, grelhado	210	11,34	13,16	12,44	0	0	0	56,22	2,64	47,57	3,02	100
3	26	Lingüiça, frango, grelhada	244	0	18,19	18,41	0	0	0	13,93	0,73	21,11	1,03	100
3	27	Lingüiça, porco, grelhada	297	0	23,17	21,91	0	0	0	8,14	1,02	18,79	3,48	100
3	28	Mortadela	269	5,82	11,96	21,65	0	0	0	66,55	1,47	19,15	1,02	100
3	29	Porco, lombo, assado	211	0	35,73	6,4	0	0	0	19,52	0,46	18,15	1,76	100
3	30	Quibe, assado	137	12,87	14,6	2,68	1,9	0	0	15,62	2,16	36,08	4,12	100
4	1	Biscoito, doce, maisena	443	75,24	8,08	11,97	2,1	0	6,22	54,45	1,76	37,15	1,03	100
4	2	Biscoito, doce, wafer, recheado de chocolate	503	67,54	5,57	24,68	1,81	0	0	23,35	2,45	47,86	0,88	100
4	3	Biscoito, doce, wafer, recheado de morango	514	67,36	4,52	26,4	0,82	0	0	13,71	1,1	18,54	0,52	100
4	4	Bolo, pronto, milho	312	45,11	4,81	12,42	0,71	0	0	82,59	0,65	10,25	0,44	100
4	5	Cereais, milho, flocos, sem sal	364	80,45	6,88	1,19	1,84	0	0	1,98	1,7	16,55	0,33	100
4	6	Cereais, mingau, milho, infantil	395	87,27	6,44	1,1	3,22	0	109,37	218,81	3,03	16,03	0,37	100
4	7	Cereal matinal, milho, açúcar	377	88,85	4,75	0,67	2,11	30,92	14,55	56,43	3,91	7,94	8,48	100
4	8	Crema de arroz, pó	387	83,87	7,03	1,23	1,08	0	0	7,09	0,64	50,51	1,87	100
4	9	Curau, milho verde	79	13,95	2,37	1,64	0,46	20,07	0	52,6	0,45	15,97	0,4	100
4	10	Pão, trigo, francês	300	58,65	7,96	3,11	2,31	0	0	15,76	1	25,47	0,77	100
4	11	Arroz, tipo 1, cozido	129	28,06	2,53	0,23	1,57	0	0	3,55	0,08	2,26	0,5	100
4	12	Arroz, tipo 2, cozido	131	28,2	2,57	0,37	1,07	0	0	3,34	0,06	6,06	0,55	100
4	13	Milho, verde, enlatado, drenado	359	78,89	7,25	0,28	1,72	0	0	4,84	0,6	29,24	1,28	100
4	14	Pastel, de carne, frito	394	66,64	13,93	8,5	9,13	0	1,35	47,89	4,45	118,77	2,63	100
6	41	Manteiga, com sal	443	75,24	8,08	11,97	2,1	0	6,22	54,45	1,76	37,15	1,03	100
7	42	Ervilha, enlatada, drenada	74	13,45	4,6	0,38	5,08	9,17	0	22,22	1,39	23,2	0,88	100
7	43	Feijão, carioca, cozido	77	13,6	4,78	0,55	8,52	0	0	26,6	1,29	42,34	0,7	100
7	44	Feijão, preto, cozido	78	14,01	4,48	0,54	8,41	0	0	29,01	1,47	40,38	0,73	100
7	45	Lentilha, cozida	93	16,31	6,32	0,53	7,87	0	0	16,11	1,48	21,65	1,14	100
8	46	Bebida láctea, pêssego	56	7,58	2,14	1,91	0,3	0	2,06	88,64	0	8,6	0,25	100
8	47	Iogurte, natural	52	1,92	4,07	3,04	0	0	0,93	143,11	0	11,26	0,45	100
8	48	Iogurte, sabor morango	70	9,7	2,71	2,33	0,22	0	0	101,04	0	8,04	0,31	100
8	49	Leite, de vaca, integral	0	0	0	0	0	0	0	122,58	0	9,64	0,38	100
8	50	Queijo, minas, meia cura	321	3,58	21,22	24,61	0	0	0	695,92	0,22	27,08	2,69	100
8	51	Queijo, mozzarella	330	3,05	22,65	25,19	0	0	0	875,04	0,31	23,58	3,53	100
8	52	Queijo, requeijão, cremoso	257	2,44	9,63	23,45	0	0	0	259,47	0,12	11,63	1,28	100
9	53	Gelatina, sabores variados, pó	140	3,79	12,61	8,11	0	0	0	253,24	0,14	11,81	0,47	100
12	54	Omelete, de queijo	26	6,41	0	0	0	0	0	1,24	0,67	0	0	100
13	55	Atum, conserva em óleo	166	0	26,19	6	0	0	0	6,52	1,23	29,49	0,59	100
13	56	Merluza, filé, assado	122	0	26,61	0,93	0	0	0	35,91	0,38	20,27	0,89	100
15	57	Abóbora, cabotian, cozida	90	0	16,61	2,02	0	0	0	20,4	0,19	27,02	0,33	100
15	58	Acelga, crua	21	4,64	1,45	0,11	1,13	0	22,55	42,99	0,27	10,4	0,31	100
15	59	Batata, doce, cozida	17	2,26	2,69	0,24	2,14	458	60,1	132,53	3,11	18,17	0,73	100
15	60	Batata, baroa, cozida	20	4,28	0,76	0,07	0,96	916	5,88	65,23	0,73	8,87	0,15	100
15	61	Batata, inglesa, frita	268	35,65	4,97	13,11	8,06	0	16,35	6,28	0,45	14,12	0,38	100
15	62	Berinjela, cozida	68	14,1	1,3	0,9	1,38	0	0	4,19	0,25	6,46	0,21	100
15	63	Beterraba, cozida	19	4,47	0,68	0,15	2,53	0	0	10,78	0,23	8,82	0,14	100
15	64	Cebolinha, crua	20	3,38	1,87	0,35	3,55	134,42	31,78	79,86	0,65	24,6	0,31	100
15	65	Cenoura, cozida	30	6,69	0,85	0,22	2,63	612	0	25,62	0,1	14,48	0,24	100
15	66	Chuchu, cozido	35	7,66	1,33	0,18	3,19	1326	5,12	22,54	0,19	11,23	0,23	100
15	67	Couve-flor, cozida	14	2,86	1,14	0,15	2,2	0	6,55	44,83	0,46	14,14	0,1	100
15	68	Espinafre, Nova Zelândia, refogado	19	4,8	0,42	0	1,04	0	5,57	7,83	0,07	6,94	0,1	100
15	69	Mandioca, cozida	17	4,14	0,7	0,06	1,28	0	10,62	11,51	0,17	7,23	0,11	100
15	70	Mandioca, farofa, temperada	406	80,31	2,07	9,12	7,82	0	0	65,7	1,36	34,34	0,18	100
15	71	Mandioca, frita	301	50,26	1,39	11,2	1,87	0	0	23,06	0,33	94,87	0,44	100
15	72	Nhoque, batata, cozido	181	36,78	5,86	1,95	1,78	0	0	11,43	1,65	17,9	0,49	100
15	74	Pepino, cru	10	2,04	0,87	0	1,12	3,59	4,99	9,62	0,15	9,34	0,13	100
15	75	Repolho, roxo, refogado	28	5,97	1,23	0,44	1,92	40	201,36	9,61	0,42	10,9	0,15	100
15	76	Tomate, salada	21	5,12	0,82	0	2,27	0	12,81	6,95	0,3	9,51	0,18	100
16	33	Ameixa, crua	53	13,86	0,78	0	2,44	27,21	7,63	5,72	0,11	5,48	0,05	100
16	34	Banana, figo, crua	106	27,81	1,14	0,15	2,8	0	17,5	6,36	0,2	30,17	0,13	100
16	35	Laranja, lima, crua	46	11,54	1,06	0,08	1,79	0	43,46	31,47	0,12	10,16	0,12	100
16	38	Mamão, Papaia, cru	41	10,44	0,46	0,13	1,05	118	82,21	22,42	0,2	22,18	0,08	100
16	39	Manga, Palmer, crua	73	19,36	0,42	0,18	1,64	786,92	65,53	11,64	0,1	8,73	0,09	100
16	40	Uva, Itália, crua	53	13,58	0,75	0,21	0,92	5,34	3,3	6,66	0,14	4,99	0	100
17	31	Abacaxi, polpa, congelada	31	7,8	0,47	0,12	0,33	2,26	1,25	13,54	0,36	10,08	0,07	100
17	32	Acerola, polpa, congelada	22	5,55	0,6	0	0,71	192	623,24	7,6	0,17	8,66	0,08	100
18	36	Laranja, lima, suco	40	9,17	0,72	0,12	0,43	0	41,31	7,74	0	10,9	0,03	100
18	37	Limão, galego, suco	23	7,33	0,57	0,07	0	0	34,5	5,27	0,06	5,92	0,06	100

Tabela 02: Relação de Alimentos com Base na Tabela TACO Utilizados para Simulação

De acordo com as restrições do cenário, o seguinte modelo matemático foi elaborado.

a) Modelo Matemático para elaboração de cardápios: Definição do modelo matemático que representa o problema ou formulação geral:

$$\text{Maximizar} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad [1]$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq y_i \quad , \text{ para } i = 1, \dots, I \text{ e } j = 1, \dots, J \quad [2]$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_i x_{ij} \leq E_{\min} \quad , \text{ para } i = 1, \dots, I \text{ e } j = 1, \dots, J \quad [3]$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_i x_{ij} \geq E_{\max} \quad [4]$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ki} x_{ij} \geq N_{\min} \quad , \text{ para } k=1, \dots, K \quad [5]$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ki} x_{ij} \leq N_{\max} \quad [6]$$

$$x_{ij} = Q_m \quad , \text{ para } m=1, \dots, M \quad [7]$$

$$x_{ij} \in Z^+ \quad [8]$$

Onde:

$x_{ij}$  = quantidade de porções do alimento  $i$  na refeição  $j$

$y_i$  = quantidade em estoque do alimento  $i$

$e_i$  = energia total do alimento  $i$

$a_{ki}$  = quantidade do nutriente  $k$  no alimento  $i$

$E_{\min}$  = demanda mínima de energia para refeição

$E_{\max}$  = demanda máxima de energia para refeição

$N_{ij \min}$  = quantidade mínima do nutriente  $i$  na refeição  $j$

$N_{ij \max}$  = quantidade máxima do nutriente  $i$  na refeição  $j$

$P_m$  = quantidade de porções permitida para o grupo  $m$

A função objetivo [1] maximiza a porção de alimentos, logo nutrientes, por refeição. A restrição [2] refere-se à quantidade disponível em estoque dos alimentos a serem utilizados nas preparações. [3] e [4] referem-se à quantidade mínima e máxima de energia necessárias por refeição. A restrição [7] refere-se à quantidade de porção do alimento de cada grupo, permitida (necessária) à cada refeição. A restrição [8] restringe o número de porções ao grupo de números inteiros não negativos.



- b) Análise: A simulação do modelo matemático foi realizada no Programa R, através do Pacote “lpSolve”, que permite desenvolver modelos matemáticos de Programação Linear, permitindo obter as respostas das funções de maximização e minimização, através de uma linguagem de programação simples e prática.

Além da obtenção da solução ótima do problema, as demais funcionalidades do Programa R permite a inclusão de regras, através de programação, de não repetição de cardápios, não permitindo que um alimento do mesmo grupo se repita em refeições seguidas, por exemplo, uma determinada hortaliça seja relacionada no cardápio de almoço e jantar do mesmo dia, ou que o café da manhã da semana seja o mesmo durante os 5 dias, devido a disponibilidade de estoques. A sequência de cardápios obtidas, atendendo a todas as restrições do modelo matemático está relacionada na Figura 05.

Refeição	Segunda		Terça		Quarta	
	Quantidade de Porções	Alimento	Quantidade de Porções	Alimento	Quantidade de Porções	Alimento
Café da Manhã	1	Leite de Vaca Integral	1	Leite de Vaca Integral	1	Laranja, lima, suco
	0,5	Cereais, mingau, milho, infantil	0,5	Cereal matinal, milho, açúcar	0,25	Biscoito, doce, maisena
Almoço	2	Feijão, carioca, cozido	1,5	Nhoque, batata, cozido	2	Feijão, carioca, cozido
	1	Arroz, tipo 1, cozido	0,5	Carne, bovina, acém, moído, cozido	1	Arroz, tipo 1, cozido
	1	Laranja, lima, suco	1	Suco Limão Galego	1	Acerola Suco
	1	Mandioca, cozida	1	Mamão, Papaia, cru	1	Beterraba, cozida
	1	Couve-flor, cozida			1	Acelga, crua
	1	Lingüiça, frango, grelhada			1	Uva, Itália, crua
	1	Uva, Itália, crua				
Jantar	1	Hambúrguer, bovino, grelhado	2	Feijão, carioca, cozido	2	Feijão, preto, cozido
	2	Arroz, tipo 1, cozido	1	Arroz, tipo 1, cozido	1	Arroz, tipo 1, cozido
	1	Mamão, Papaia, cru	2	Atum, conserva em óleo	1	Frango, sobrecoxa, com pele, assada
		Suco Limão Galego	1	Mamão, Papaia, cru	1	Banana
			1	Acerola Suco	1	Abacaxi Suco
Refeição	Quinta		Sexta		Sábado	
	Quantidade de Porções	Alimento	Quantidade de Porções	Alimento	Quantidade de Porções	Alimento
Café da Manhã	1	Leite de Vaca Integral	1	Acerola, polpa, congelada		
	0,5	Pão, trigo, francês	0,5	Biscoito, doce, maisena		
	0,5	Apresuntado				
Almoço	2	Feijão, preto, cozido	2	Feijão, preto, cozido		
	1	Arroz, tipo 1, cozido	1	Arroz, tipo 1, cozido		
	1	Abacaxi Suco	1	Acerola Suco		
	1	Frango, coxa, com pele, assada	2	Acelga, crua		
	1	Banana	1	Quibe, assado		
Jantar			1	Mamão, Papaia, cru		
	1	Frango, coxa, com pele, assada	2	Feijão, preto, cozido		
	2	Berinjela, cozida	1	Arroz, tipo 1, cozido		
	1	Tomate, salada	1	Lingüiça, frango, grelhada		
	1	Laranja, lima, suco	1	Abacaxi Suco		

Figura 05: Programação de Cardápio Semanal Simulado

Fonte: Adaptado R

#### 4. Conclusões

Em virtude das mudanças globais econômicas e sociais ocorridas nos últimos anos, impactando diretamente os hábitos alimentares de toda a população mundial, ganhando destaque e monitoramento pela ONU, devido à relação do alto consumo de alimentos com baixo valor nutritivo e o aumento do índice de DCNT, o pacto global mediado pela ONU, gerou para o Brasil a criação de uma série de Políticas Públicas. Dentre elas destacando-se o PNAE, determinações para fomentação da educação alimentar e nutricional, bem como a instituição de cardápios alimentares saudáveis preparados por nutricionistas, gerou uma demanda prática para operacionalização destas tarefas para estes profissionais.

A Engenharia aplicada através da Pesquisa Operacional e Programação Linear, impulsiona esta ação através da tecnologia de Programação a ser empregada na preparação dos cardápios, garantindo o atendimento das demandas nutricionais dos escolares contemplados no Programa, bem como a redução do tempo de elaboração destes cardápios, muitos ainda elaborados manualmente, mesmo com o suporte de um computador.

O modelo de Programação Linear desenvolvido neste artigo, mostrou-se capaz de garantir, através das premissas estabelecidas para a simulação proposta, a otimização da oferta para as demandas nutricionais. Além deste avanço, o tempo para a elaboração do cardápio no Programa R, após atualização dos dados de estoque e padronização da base de dados dos alimentos, demanda obrigatória para toda programação e operacionalização de sistemas foi de 3 minutos. Além do ganho em tempo, o a linguagem flexível do sistema permite ainda o desenvolvimento de uma interface ao usuário, e inclusão de outras funcionalidades para elaboração do cardápio, além da não repetição de alimentos em refeições sequenciais como: inclusão de regras de oferta sazonal de alimentos, elaboração de cardápios especiais para escolares com demandas especiais entre outros. Estes demais desenvolvimentos são sugestões para trabalhos futuros que podem ser aplicados de acordo com a necessidade de cada instituição de ensino.

**Referências**

**ARENALLES, M. [et. al].** *Pesquisa operacional (Recurso Eletrônico)*. Rio de Janeiro: Elsevier : ABEPRO, p.1-12, 2011.

**INSTITUTE OF MEDICINE(U.S.).** Committee on Use of Dietary Reference Intakes in Nutrition Labeling. *Dietary reference intake : guiding principles for nutrition labeling and fortification / Committee on Use of Dietary Reference Intakes in Nutrition Labeling*, Food and Nutrition Board, 2004.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** *Secretaria de Vigilância em Saúde. Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) no Brasil 2011-2022*. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 160 p.– (Série B. Textos Básicos de Saúde)

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** *Pesquisa PENSE. Disponível em* [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano\\_acoes\\_enfrent\\_dcmt\\_2011.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_acoes_enfrent_dcmt_2011.pdf). Acesso em 10/09/2017.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** *Política Nacional de Alimentação e Nutrição. Departamento de Atenção Básica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2012. 84 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde)*

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** *Portal da Saúde*. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude>. Acessado em 10/09/2017.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** *Vigilância das Doenças Crônicas Não Transmissíveis. Disponível em* <http://portalsaude.saude.gov.br/>. Acesso em 10/09/2017.

**PHILIPPI, S. [et. al.].** *Pirâmide Alimentar Adaptada: Guia para Escolha dos Alimentos*. Revista. Nutrição., Campinas, 12(1): 65-80, jan./abr., 1999.

**SELJAK, B.,** *Computer-based dietary menu planning*. Journal of Food Composition and Analysis, 22- 2009.

**TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS/ NEPA – UNICAMP.-** 4. ed. rev. e ampl. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p.