

**PLANEJAMENTO OTIMIZADO DE ACOMPANHAMENTOS DE REFEIÇÕES
PREPARADAS POR EMPRESAS DE *FOOD SERVICE*****OPTIMIZED PLANNING OF MEAL ACCOMPANIMENTS PREPARED BY FOOD
SERVICE COMPANIES****Guilherme Diniz de Melo**

Bacharel em Nutrição pelo Centro Universitário Triângulo (UNITRI)
Gerente de Produção da Empresa Carcará Marmitaria – Uberlândia – MG
gdinizmelo@gmail.com

Carlos Roberto Souza Carmo

Doutor em Agronomia pela UNESP (campus Botucatu)
Mestre em Contabilidade pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Professor da Universidade Federal de Uberlândia (FACIC-UFU)
carlosjj2004@hotmail.com

Resumo:

Caracterizada como uma investigação científica de natureza quantitativa apoiada em métodos quantitativos aplicados, a presente pesquisa teve por objetivo identificar e propor um modelo matemático de otimização voltado para seleção de ingredientes básicos, e suas preparações, utilizados na elaboração de acompanhamentos de pratos principais, que viabilizasse o planejamento de cardápios diários para estabelecimentos comerciais fornecedores de comida preparada, e ainda, que permitisse minimizar os respectivos custos, promovesse a diversificação do cardápio, além de atender aos parâmetros nutricionais demandados por empresas atuantes no *food service* brasileiro. A partir de técnicas baseadas em problemas de programação linear, o modelo proposto foi submetido a testes computacionais com dados reais fornecidos por uma empresa que atua no segmento de alimentação *fitness* preparada com produtos orgânicos e opera sob o modelo de negócios do tipo *dark kitchen*. Com um custo computacional de apenas 11 segundos, a aplicação da modelagem proposta nesta pesquisa foi capaz de minimizar o custo total dos acompanhamentos, mediante o atendimento de todas as restrições do modelo, e ainda, permitiu identificar os acompanhamentos para um cardápio planejado para um mês de atividade produtiva e comercial. Com o auxílio de planilhas eletrônicas de cálculo, o cardápio de acompanhamentos identificado mediante a aplicação do modelo proposto viabilizou a produção de informações adicionais voltadas para o suporte à tomada de decisões referentes ao planejamento financeiro e à análise de custos.

Palavras-chave: tomada de decisões; finanças; custos; métodos quantitativos aplicados.

Abstract:

Characterized as a scientific investigation of a quantitative nature supported by applied quantitative methods, this research aimed to identify and propose a mathematical model of optimization aimed at the selection of basic ingredients, and their preparations, used in the preparation of side dishes for main dishes, which would enable the planning of daily menus for commercial enterprises that supply prepared food, and also, which would allow them to minimize the respective costs, promote the diversification of the menu, in addition to meeting the nutritional parameters demanded by companies operating in the Brazilian food service. From techniques based on linear programming problems, the proposed model was submitted to computational tests with real data provided by a company that operates in the fitness food

Resumo do processo editorial:

- Submissão em: 26/11/2022.
- Envio para avaliação em: 28/11/2022.
- Término da avaliação em: 04/12/2022.
- Correções solicitadas em: 08/12/2022.
- Recebimento da versão ajustada em: 10/12/2022.
- Aprovação final em: 12/12/2022.

segment prepared with organic products and operates under the dark kitchen business model. With a computational cost of only 11 seconds, the application of the model proposed in this research was able to minimize the total cost of the side dishes, by meeting all the model's restrictions, and also allowed to identify the side dishes for a menu planned for a month. of productive and commercial activity. With the electronic calculation spreadsheets, the menu of accompaniments identified through the application of the proposed model enabled the production of additional information aimed at supporting decision-making regarding financial planning and cost analysis.

Keywords: decision making; finance; costs; quantitative methods applied.

1 Introdução

A forma como a sociedade se alimenta está diretamente relacionada ao ritmo do seu dia a dia e a fatores históricos, econômicos, socioculturais, entre outros; portanto, a alimentação relaciona-se com o estilo de vida e a rotina imposta por determinada conjuntura (MEDEIROS; MASCARENHAS, 2021).

Nesse sentido, parece razoável considerar que são muitas, e das mais variadas naturezas, as variáveis que impactam os sistemas alimentares de uma sociedade, e, por consequência, é inegável a influência dessas variáveis sobre os empreendimentos econômicos atuantes do setor de serviços de alimentação, doravante denominado apenas de *food service*.

Especificamente sobre os hábitos alimentares dos brasileiros, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que o consumo de alimentos preparados fora de casa atinge quase um terço (32,8%) do total dos gastos com alimentação da população brasileira em geral (IBGE, 2019a). Sendo que, entre os habitantes das áreas urbanas, esse consumo supera os 33% (33,9%) dos gastos com alimentação da população brasileira (IBGE, 2019b).

Dados do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) indicam que, nos últimos anos, 27% do consumo de alimentação preparada fora de casa no Brasil acontece em restaurantes de comida vendida a kilo, 19% em lanchonetes ou *fast food* e 18% ocorrem em padarias e restaurantes *a la carte*; o que pode ser considerada uma fase de consolidação do *food service* brasileiro como um todo (HENRIQUE; TINCANI; PACIÊNCIA, 2020).

Diante dessa demanda altamente aquecida, é perceptível a abrupta mudança nos ambientes alimentares em geral, tanto em relação às estruturas de funcionamento e atendimento, quanto em relação ao perfil dos clientes do *food service* em geral, sendo que, conveniência e desejabilidade nunca foram tão relevantes como são atualmente (MEDEIROS; MASCARENHAS, 2021).

Dessa forma, o planejamento nas empresas de *food service* tornou-se essencial, pois, assim como acontece em outros tipos de atividade econômica, é a partir dele que são definidos aspectos cruciais vão desde público-alvo, fornecedores e tipos de refeições, até a estrutura e o dimensionamento do empreendimento, entre outras variáveis-chave que podem determinar o sucesso ou fracasso do negócio (CAMPOS; SPINELLI, 2021; CHO *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o cardápio é considerado a base de todas as ações de trabalho em empresas desse segmento econômico, uma vez que na sua elaboração devem ser levadas em conta variáveis como: quantidade e características de clientes, bem como, seus hábitos alimentares e rotinas; mão de obra; espaço produtivo; equipamentos; fornecedores; matéria-prima (ingredientes); logística de abastecimento e serviço; e, recursos financeiros demandados (MARTINS; SPINELLI, 2020).

Contudo, apesar da identidade alimentar brasileira culturalmente identificar o arroz e o feijão como alimentos consumidos diariamente, existem outros tipos de alimentos e preparações que caracterizam suas regiões de origem, a partir do estabelecimento de normas e momentos específicos para o consumo de certos tipos de alimentos, o que não permite definir as refeições como simples combinações aleatórias de alimentos ingeridos (CARMO *et al.*, 2021).

Por outro lado, apesar da representatividade da carne nas refeições realizadas pelos brasileiros (RIBEIRO; CORÇÃO, 2013), o consumo desse tipo de alimento vem caindo consideravelmente nos últimos anos (IBGE, 2020), o que abre espaço e torna igualmente relevante o planejamento dos acompanhamentos de um cardápio, e isso vai além do já nacionalmente conhecido “arroz com feijão”. Ou seja, mesmo considerando que grande parte das refeições tem como prato principal a carne (MELO; CARMO, 2021), destaca-se o fato de que ela nem sempre é o principal ingrediente, e quando o é, quase sempre, carece de algum tipo de acompanhamento.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo identificar e propor um modelo matemático de otimização, baseado em programação linear, voltado para seleção de ingredientes principais e suas preparações utilizados na elaboração de acompanhamentos de pratos principais, que viabilizasse o planejamento de cardápios diários para estabelecimentos comerciais fornecedores de comida preparada, e ainda, que permitisse minimizar os respectivos custos, promovesse a diversificação do cardápio, além de atender aos parâmetros nutricionais demandados por empresas atuantes no *food service* brasileiro.

Para tanto, inicialmente foi realizado embasamento teórico acerca da teoria relacionada ao processo de planejamento no *food service*, o cardápio como ferramenta de planejamento e modelagens aplicadas a problemas de empresas do *food service*, o que originou segunda seção deste artigo. Também, foi realizada a pesquisa e a proposição do modelo matemático objeto deste estudo, bem como, foi identificada a base de dados reais que permitiu realização de testes computacionais destinados à sua validação, conforme descrito na terceira seção deste artigo. Após a implementação dos testes computacionais, foi realizada a análise dos resultados alcançados, viabilizando a validação do modelo de otimização identificado a partir do presente estudo, conforme relatado na quarta seção deste artigo. Por fim, a quinta seção deste trabalho foi destinada às considerações finais acerca do processo de investigação científica realizado, suas limitações e sugestões para sua continuidade.

2 Referencial Teórico

As refeições não podem ser simplesmente definidas a partir de uma combinação aleatória de alimentos ingeridos (CARMO *et al.*, 2021). Apesar de ser um ato comum a todos os seres vivos, os seres humanos caracterizam-se pela sua capacidade de modificar os alimentos que consome a partir de técnicas de preparo, domínio do fogo e da domesticação de plantas (PINKE; SIMONI; PINTO-E-SILVA, 2020).

Uma das principais contribuições dos profissionais do *food service* é o planejamento e oferta de pratos saborosos e saudáveis, e, nesse sentido, a questão do sabor implica no fornecimento de alimentos agradáveis ao consumo, mesmo diante de restrições relacionadas a fatores nutricionais, custos e produção, entre outros; por outro lado, a questão relacionada à alimentação saudável é bem mais ampla, uma vez que ao conjunto de alimentos e bebidas consumidos devem ser somados diversos hábitos, por exemplo, a prática de atividade física (GIBOREAU, 2017).

Acerca do gerenciamento de operações em empresas do *food service*, He *et al.*, (2019) afirmam que os estudos relacionados à alimentação tendem a se concentrar em três linhas de pesquisa, isto é: a da gestão da qualidade, em função da sua importância para os fatores

relacionados à saúde pública; a da gestão da cadeia de abastecimento, devido às condições de armazenamento e transporte demandadas pelos alimentos em função da sua vida útil limitada; e, a terceira concentra-se na competição entre as empresas atuantes no *food service* (concorrência). Sendo que, em função das mudanças sociais experimentadas mais recentemente, uma quarta linha de pesquisa começa a surgir, mas, ainda assim, é praticamente inexplorada, ou seja, a distribuição, ou melhor, a preparação e o fornecimento de comida para viagem (HE *et al.*, 2019).

Conforme observado por Giboreau (2017), os fatores relacionados à compra, armazenamento, preparação e entrega influenciam não só qualidade dos alimentos, mas, impactam também o custo das matérias-primas e o seu processamento, o que pode ter reflexos também sobre a quantidade de resíduos gerados em decorrência da produção.

Nesse sentido, além de destacarem a importância do processo de planejamento para as empresas de *food service*, Campos e Spinelli (2021) questionam a adequação do processo administrativo utilizado por esse tipo de estabelecimento, em função da sua complexidade, destacando o planejamento do cardápio como uma atividade essencial.

Devido à complexidade e à dinâmica próprias da administração demandada por empresas de *food service*, Martins e Spinelli (2020) ponderam que a base do seu processo de planejamento é o cardápio, pois é ele que vai direcionar todo o fluxo de atividades do empreendimento. E, para sua elaboração, além das estimativas referentes à quantidade de refeições e disponibilidade financeira para tanto, devem ser levados conta fatores como público-alvo e suas preferências, necessidades nutricionais, hábitos alimentares, matérias-primas, (MARTINS; SPINELLI, 2020), fatores de cocção e de conversão (MELO; CARMO, 2021), ingredientes das preparações, equipamentos, recursos humanos, (LEONEL, 2019), aspectos sensoriais (PINKE; SIMONI; PINTO-E-SILVA, 2020), entre tantos outros.

Ao considerar a variedade e a quantidade de fatores envolvidos no planejamento e na elaboração de cardápios, a utilização de modelagem matemática aliada a técnicas computacionais caracteriza-se como uma alternativa viável no planejamento de cardápios (MELO; CARMO, 2021), uma vez que a possibilidade de modelar o processo de oferta de produtos no segmento de *food service* seria de grande utilidade para o segmento como um todo (CAMPOS; SPINELLI, 2021; GIBOREAU, 2017; MARTINS; SPINELLI, 2020; PINKE; SIMONI; PINTO-E-SILVA, 2020).

A esse respeito, Moreira, Martins e Wanner (2017) destacam que o planejamento de cardápios busca produzir refeições equilibradas econômica e nutricionalmente, e ainda, que sejam capazes de atender simultaneamente um conjunto de requisitos de diversas naturezas; e, nesse sentido, as técnicas matemáticas e computacionais podem contribuir consideravelmente para a redução de tempo e para o sucesso do processo de planejamento em si.

Levando em conta fatores como faixa etária, variedade, harmonização, preparações, custos financeiros, entre outros, Moreira, Martins e Wanner (2017) propuseram e avaliaram uma implementação computacional baseada em inteligência artificial voltada para a elaboração de cardápios nutricionais semanais para alimentação escolar. Sendo que, além de permitir identificar o referido cardápio, a implementação de Moreira, Martins e Wanner (2017) conseguiu minimizar os respectivos custos.

Oliveira, Borges e Silva (2020, p. 36025) explicam que o “problema da dieta” caracteriza-se como “uma classe de problemas da programação linear onde o objetivo consiste em selecionar um conjunto de alimentos que satisfaçam um conjunto de necessidades nutricionais diárias a um custo mínimo”.

Utilizando técnicas de programação linear, Oliveira, Borges e Silva (2020) buscaram resolver um “problema da dieta”, no qual, foram considerados os alimentos usualmente consumidos na cidade de Monte Carmelo-MG, os respectivos custos médios e as

recomendações máximas e mínimas de ingestão diária de nutrientes para adultos acima de 70 anos de idade.

Além de propor um cardápio que atendesse àquelas recomendações nutricionais, a um custo mínimo, Oliveira, Borges e Silva (2020) observaram que os custos das refeições do seu cardápio era consideravelmente menor que os preços de refeições em restaurantes da cidade e, adicionalmente, puderam identificar a importância do brócolis na referida dieta, devido ao seu baixo custo e elevado valor nutricional.

Fernandes e Longhini (2021) ressaltam que as simplificações do processo de modelagem matemática aplicada com o auxílio de simulações computacionais permitem a compreensão acerca do funcionamento de problemas baseados em um sistema real, mesmo diante da imprevisibilidade e de elevada complexidade.

Considerando que a experiência de consumo leva em conta o fornecimento do item desejado de maneira rápida e prática, Fernandes e Longhini (2021) utilizaram técnicas de simulação computacional para avaliar o sistema de filas de um restaurante industrial do tipo *self service* e, a partir daí, propuseram um modelo voltado para o seu melhor dimensionamento.

Mediante o uso de simulações de comportamentos das filas e de análises estatísticas, o modelo proposto por Fernandes e Longhini (2021) reduziu em 78,96% o tempo de espera dos consumidores em fila e elevou a capacidade atendimento em 35,97%, mantendo uma taxa de utilização das mesas do *buffet* em 95%.

Acerca das técnicas de otimização baseadas em programação linear, Verly-Junior *et al.* (2021, p.750) afirmam que são ferramentas capazes de viabilizar a composição nutricional de cardápios mesmo diante de limitações orçamentárias, uma vez que buscam “[...] encontrar a melhor solução matemática para problemas complexos que envolvem múltiplas variáveis e restrições (por exemplo, custo dos alimentos e adequação de nutrientes)”.

Ao avaliar a viabilidade do atendimento às normas do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e sua relação com custo dos cardápios, Verly-Junior *et al.* (2021) elaboraram diversos modelos de otimização, baseados em programação linear, voltados para elaboração de cardápios semanais com o objetivo de atender a todas as exigências nutricionais do PNAE ao menor custo possível.

Ao final desse estudo, Verly-Junior *et al.* (2021) constataram que, em função de limitações orçamentárias, seria pouco provável identificar uma combinação alimentar, em um cardápio, que atendesse às exigências nutricionais estabelecidas no PNAE.

Segundo Melo e Carmo (2021, p.75), “dentre as possíveis ferramentas utilizáveis no processo de gestão, destacam-se os modelos matemáticos de otimização que, além de auxiliar na tomada de decisões complexas, permitem a otimização de recursos e a redução de custos.”

Mediante o uso de programação linear apoiada em testes computacionais, Melo e Carmo (2021) propuseram um modelo matemático voltado para a seleção da carne *in natura* utilizada como prato principal na preparação de refeições, de forma que fosse possível minimizar os custos de aquisição desse ingrediente, atender aos parâmetros nutricionais demandados após a preparação relacionada à limpeza e à cocção da carne, bem como, promovesse a diversificação do respectivo cardápio.

Além de identificar um cardápio mensal com um custo mínimo e que atendesse a todas as demandas nutricionais estabelecidas, os testes computacionais realizados indicaram que a aplicação do modelo matemático proposto Melo e Carmo (2021) permitiu levantar informações adicionais capazes de auxiliar na tomada de decisões envolvendo a logística e o armazenamento da carne *in natura*.

Ao final da sua pesquisa, Melo e Carmo (2021, p. 82) sugeriram que fossem pesquisados novos modelos matemáticos de otimização de funcionamento semelhante àquele proposto por

eles, “[...] porém, aplicados aos acompanhamentos dos pratos principais elaborados a partir da carne”.

Nesse sentido, pode-se afirmar que a presente pesquisa tomou como ponto de partida a sugestão apresentada por Melo e Carmo (2021), contudo, a modelagem matemática de otimização ora proposta destina-se à identificação de um cardápio exclusivamente voltado para os acompanhamentos de um prato principal, que pode ser baseado em algum tipo de carne ou não.

Dessa forma, além de ser destinada à pesquisa de um cardápio voltado para a identificação de pratos destinados ao acompanhamento de refeições principais, esta investigação científica não pode ser considerada uma aplicação do modelo de Melo e Carmo (2021), mas sim, uma continuidade de caráter inédito, pelas seguintes razões:

- a) a modelagem ora proposta não toma como ingrediente principal qualquer tipo de carne, muito menos, está direcionada à preparação de pratos principais;
- b) a modelagem ora proposta leva em conta o ingrediente principal (diferente de carne) e suas várias formas de preparação;
- c) por levar em conta o ingrediente principal e suas diferentes formas de preparação, a modelagem matemática de otimização proposta nesta pesquisa leva em conta os componentes nutricionais e de custos tanto dos ingredientes principais, quanto os componentes das respectivas preparações.

Assim, espera-se que os resultados alcançados a partir do modelo ora proposto possam ser somados aos resultados de estudos realizados anteriormente, de tal forma que se ampliem as discussões e contribuições relacionadas ao planejamento baseado em modelagem matemática de otimização aplicada a problemas de empresas de *food service*.

3 Procedimentos Metodológicos

O modelo matemático de otimização proposto nesta pesquisa científica foi elaborado a partir de técnicas baseadas em problemas de programação linear (PPL), cuja função objetivo encontra-se descrita pela Equação 1, e está sujeita às restrições representadas pelas Equações 2 até 12, com todas as suas variáveis, índices e parâmetros descritos no Quadro 1.

A função objetivo descrita pela Equação 1 tem por finalidade minimizar o custo total das porções de acompanhamentos utilizados como uma das matérias-primas na elaboração dos pratos prontos comercializados por estabelecimentos comerciais atuantes no segmento de *food service*.

O custo total dos acompanhamentos é calculado a partir da soma dos custos de ingredientes principais (C_k) com os custos das respectivas preparações (C_l), de acordo com as quantidades de pratos (M) produzidos e comercializados, e ainda, levando-se em conta as quantidades consumidas (Q_k e Q_l) na preparação de cada prato, os dias de trabalho do estabelecimento (i) e os grupos alimentares (j) dos ingredientes, conforme descrito pela Equação 1.

Levando-se em conta as significativas quantidades de ingredientes principais (Q_k) que compõem cada tipo de acompanhamento, considerou-se efeito dos respectivos fatores de correção ($FCOR$) e cocção ($FCOC$) para cálculo das quantidades consumidas e, por consequência, do seu custo total ($Q_k C_k$), conforme descrito na Equação 1.

Em relação em relação ao custo das preparações (C_l), por se tratar de temperos e adições de naturezas diversas utilizados em quantidades bem menos significativas, levou-se em conta apenas o respectivo custo total ($Q_l C_l$), conforme pode ser observado na Equação 1.

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^p M_{ij} \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} C_k + Q_l C_l \right) X_{ijkl} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o M_{ijk} X_{ijkl} = D_i, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o (C_k + C_l) X_{ijkl} = (C_k + C_l) X_{ijkl}, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o (C_k + C_l) X_{ijkl} \geq (C_k + C_l) X_{ijkl} + 0,001, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} Ekg_k + Q_l Ekg_l \right) X_{ijkl} \leq ENER, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} Pkg_k + Q_l Pkg_l \right) X_{ijkl} \geq PROT, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} Lkg_k + Q_l Lkg_l \right) X_{ijkl} \leq LIPID, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{7}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} Cmg_k + Q_l Cmg_l \right) X_{ijkl} \leq COLST, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{8}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} Carg_k + Q_l Carg_l \right) X_{ijkl} \geq CARBomim, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{9}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} Carg_k + Q_l Carg_l \right) X_{ijkl} \leq CARBomax, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{10}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \left(\frac{Q_k}{(FCOR_k FCOC_k)} Fag_k + Q_l Fag_l \right) X_{ijkl} \geq FIBRA, \quad \forall l = 1, \dots, p \tag{11}$$

$$X_{ijkl} \in \{0; 1\}, \quad i = \{1, \dots, m\} \quad j = \{1, \dots, n\}, \quad k = \{1, \dots, o\} \quad l = \{1, \dots, p\} \tag{12}$$

Quadro 1 – Descrição das variáveis, índices e parâmetros do modelo proposto

Legenda	Categoria	Descrição
$i = 1, \dots, m$	índice	índice representativo dos dias úteis de demanda, produção e comercialização, assim identificados para diversificação do tipo de acompanhamento preparado.
$j = 1, \dots, n$	índice	índice representativo dos grupos alimentares de ingredientes principais utilizados no acompanhamento preparado.
$k = 1, \dots, o$	índice	índice representativo dos tipos de ingredientes principais, dentro do respectivo grupo alimentar, utilizados no acompanhamento preparado.
$l = 1, \dots, p$	índice	índice representativo dos tipos de preparações aplicadas aos ingredientes principais utilizados no acompanhamento preparado.

<i>M</i>	Parâmetro	quantidade de pratos elaborados e comercializados (unidades) com determinado acompanhamento, segundo a previsão do estabelecimento comercial.
<i>Q</i>	Parâmetro	Quantidade de ingrediente, em gramas (g unidade ⁻¹), utilizado em determinado acompanhamento.
<i>FCOR</i>	Parâmetro	fator de correção que indica a perda (≤ 1) de peso de determinado ingrediente principal, em função do processo de remoção de partes consideradas inadequadas para o consumo (MARTINS; SPINELLI, 2020).
<i>FCOC</i>	Parâmetro	fator de cocção que indica a perda (< 1) ou ganho (>1) de peso de determinado ingrediente principal, em função do processo preparação para o consumo (MARTINS; SPINELLI, 2020).
<i>C</i>	Parâmetro	preço de custo unitário de ingredientes principais (C_k) ou preparações (C_l) utilizados na elaboração de acompanhamentos (R\$ g^{-1}).
X_{ijk}	Variável de decisão	variável de decisão binária, em que o valor 1 (um) identifica um tipo de preparação (l) realizada com um certo tipo de ingrediente principal (k), pertencente a um grupo alimentar (j), a ser utilizada em determinado acompanhamento, de acordo com o cardápio identificado para um dia (i); sendo 0 (zero) em caso contrário (combinação não utilizada).
<i>D</i>	Parâmetro	demanda diária prevista para cada tipo de prato preparado com um determinado acompanhamento pelo estabelecimento (unidades).
<i>E_{kal}</i>	Parâmetro	quantidade unitária de calorias por grama ($kal\ g^{-1}$) de ingrediente principal (k) ou preparação (l) de um determinado acompanhamento, segundo os parâmetros nutricionais da tabela TACO (UNICAMP, 2011) ou de acordo com a aferição realizada pelo próprio estabelecimento comercial.
<i>ENERG</i>	Parâmetro	quantidade total máxima de calorias por porção de acompanhamento preparado para um prato (kal unidade ⁻¹), segundo os parâmetros nutricionais do estabelecimento comercial.
<i>P_g</i>	Parâmetro	quantidade unitária de proteína por grama (g^{-1}) de ingrediente principal (k) ou preparação (l) de um determinado acompanhamento, segundo os parâmetros nutricionais da tabela TACO (UNICAMP, 2011) ou de acordo com a aferição realizada próprio estabelecimento comercial.
<i>PROT</i>	Parâmetro	quantidade total máxima de proteínas por porção de acompanhamento preparado para um prato (g unidade ⁻¹), segundo os parâmetros nutricionais do estabelecimento comercial.
<i>L_g</i>	Parâmetro	quantidade unitária lipídeos por grama (g^{-1}) de ingrediente principal (k) ou preparação (l) de um determinado acompanhamento, segundo os parâmetros nutricionais da tabela TACO (UNICAMP, 2011) ou de acordo com a aferição realizada pelo próprio estabelecimento comercial.
<i>LIPID</i>	Parâmetro	quantidade total máxima de lipídeos por porção de acompanhamento preparado para um prato (g unidade ⁻¹), segundo os parâmetros nutricionais do estabelecimento comercial.
<i>C_{mg}</i>	Parâmetro	quantidade unitária colesterol por grama (mg^{-1}) de ingrediente principal (k) ou preparação (l) de um determinado acompanhamento, segundo os parâmetros nutricionais da tabela TACO (UNICAMP, 2011) ou de acordo com a aferição realizada pelo próprio estabelecimento comercial.
<i>COLST</i>	Parâmetro	quantidade total máxima de colesterol por porção de acompanhamento preparado para um prato (mg unidade ⁻¹), segundo os parâmetros nutricionais do estabelecimento comercial.
<i>C_{arg}</i>	Parâmetro	quantidade unitária carboidratos por grama (g^{-1}) de ingrediente principal (k) ou preparação (l) de um determinado acompanhamento, segundo os parâmetros nutricionais da tabela TACO (UNICAMP, 2011) ou de acordo com a aferição realizada pelo próprio estabelecimento comercial.
<i>CARB_{omim}</i>	Parâmetro	quantidade total mínima de carboidratos por porção de acompanhamento preparado para um prato (g unidade ⁻¹), segundo os parâmetros nutricionais do estabelecimento comercial.
<i>CARB_{omax}</i>	Parâmetro	quantidade total máxima de carboidratos por porção de acompanhamento preparado para um prato (g unidade ⁻¹), segundo os parâmetros nutricionais do estabelecimento comercial.

<i>Fag</i>	Parâmetro	quantidade unitária fibra alimentar por grama (mg^{-1}) de ingrediente principal (k) ou preparação (l) de um determinado acompanhamento, segundo os parâmetros nutricionais da tabela TACO (UNICAMP, 2011) ou de acordo com a aferição realizada próprio estabelecimento comercial.
<i>FIBRA</i>	Parâmetro	quantidade total mínima de fibra alimentar por porção de acompanhamento preparado para um prato (mg unidade $^{-1}$), segundo os parâmetros nutricionais do estabelecimento comercial.

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados pesquisa.

As Equações 2 a 4 representam restrições de natureza comercial, ou seja: a restrição descrita pela Equação 2 tem por finalidade garantir que a quantidade de pratos (M) produzidos e comercializados diariamente (i) atendam à demanda diária estimada (D) pelos estabelecimentos comerciais de *food service*, de acordo com os grupos alimentares (j) e tipos ingredientes principais (k) utilizados, variando as respectivas preparações (l); as Equações 3 e 4 representam restrições que garantem a diversificação das preparações dos acompanhamentos, isto é, uma vez que a função objetivo do modelo buscará minimizar o custo total, a restrição descrita pela Equação 3 identifica o ingrediente principal (k) com a preparação (l) de menor custo (C_k e C_l), e a Equação 4 garante que seja identificada a combinação de ingrediente principal e preparação com o segundo menor custo, pois, foi acrescentando um décimo de centavo ($0,001$) ao custo da combinação escolhida anteriormente, e assim sucessivamente para quantos dias (i) forem necessários diversificar (variar) os acompanhamentos de acordo com seus grupos alimentares (j), ingredientes principais (k) ou preparações (l).

As Equações 5 a 11 representam restrições de natureza nutricional, ou seja: a restrição descrita pela Equação 5 garante que a quantidade de calorias (E_{kcal}) não ultrapasse o limite calórico máximo ($ENERG$) definido pelo estabelecimento para cada acompanhamento; a restrição descrita pela Equação 6 garante que os acompanhamentos selecionados pelo modelo contenham a quantidade de mínima de proteína ($PROT$) estabelecida pelo estabelecimento para cada acompanhamento; a restrição descrita pela Equação 7 garante que a quantidade de lipídeos (Lg) não ultrapasse o limite máximo ($LIPID$) definido pelo estabelecimento comercial para cada acompanhamento; a restrição descrita pela Equação 8 tem por finalidade limitar a quantidade máxima de colesterol presente em cada acompanhamento do cardápio do dia; as restrições representadas pelas Equações 9 e 10 estabelecem os limites mínimo ($CARBO_{mim}$) e máximo ($CARBO_{max}$), respectivamente, para a quantidade de carboidrato presente nos acompanhamentos selecionados pelo modelo; a restrição descrita pela Equação 11 garante que o ingrediente principal dos acompanhamentos (Q_k) e a respectiva preparação (Q_l) contenham a quantidade de mínima de fibra alimentar ($FIBRA$) definida pelo estabelecimento comercial fornecedor as refeições.

A Equação 12 representa a restrição que garante que a variável de decisão (X_{ijkl}) seja uma variável binária, para a qual, o valor 1 (um) identifica o tipo de acompanhamento a ser elaborado, de acordo com o cardápio previsto para um determinado dia (i), sendo 0 (zero) em caso contrário; e, por fim, i, j, k e l são índices representativos dos conjuntos de parâmetros referentes ao dia, grupo alimentar, ingrediente principal e a respectiva preparação, de acordo com o cardápio identificado pelo modelo ora proposto.

Para validação do modelo foram realizados testes computacionais com dados reais fornecidos pela empresa Carcará Alimentação Saudável, que atua na cidade de Uberlândia-MG no segmento de alimentação *fitness* preparada com produtos orgânicos e opera sob o modelo de negócios do tipo *dark kitchen*.

Mediante venda direta ao consumidor, empresa fornece 200 marmitas/refeições diariamente (D_i), cada uma composta por uma porção de carne preparada (prato principal), uma porção de salada e outra porção de acompanhamento cuja quantidade máxima por marmita/refeição é de 140 g ($Q_k + Q_l$).

Em relação aos dias de produção e comercialização (*i*) e aos grupos de alimentos (*j*) utilizados na elaboração dos acompanhamentos, a empresa adota uma escala mensal que busca diversificar diariamente o tipo de alimento (*j*), seu ingrediente principal (*k*) e a respectiva preparação (*l*), conforme as descrições apresentadas nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2 – Parâmetros e índices referentes aos dias de operação e grupos de alimentos estabelecidos para o cardápio diário da empresa

<i>i</i>	Dia	<i>j</i>	Grupo alimentar	Semana	<i>i</i>	Dia	<i>j</i>	Grupo alimentar	Semana
1	Segunda	1	arroz	1	11	Segunda	1	arroz	3
2	Terça	2	macarrão		12	Terça	2	macarrão	
3	Quarta	3	tubérculo		13	Quarta	3	tubérculo	
4	Quinta	1	arroz		14	Quinta	1	arroz	
5	Sexta	4	macarrão, tubérculo ou oleaginosa		15	Sexta	4	macarrão, tubérculo ou oleaginosa	
6	Segunda	1	arroz	2	16	Segunda	1	arroz	4
7	Terça	2	macarrão		17	Terça	2	macarrão	
8	Quarta	3	tubérculo		18	Quarta	3	tubérculo	
9	Quinta	1	arroz		19	Quinta	1	arroz	
10	Sexta	4	macarrão, tubérculo ou oleaginosa		20	Sexta	4	macarrão, tubérculo ou oleaginosa	

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados pesquisa.

Conforme pode ser observado no Quadro 2, ao longo de um mês, a empresa adota cardápios diários que utilizam 4 grupos alimentares (arroz, macarrão, tubérculos e oleaginosas). Dentro de cada grupo alimentar, a empresa utiliza receitas com 4 tipos de ingredientes principais para os grupos do arroz ($k = 1, \dots, 4$, para $j=1$) e macarrão ($k = 1, \dots, 4$, para $j=2$) e mais 6 tipos de ingredientes principais para os grupos dos tubérculos ($k = 1, \dots, 6$, para $j=3$) e das oleaginosas ($k = 1, \dots, 6$, para $j=4$). Portanto, são utilizados 20 ingredientes principais ($4+4+6+6$) nos acompanhamentos elaborados pela empresa.

Em termos de preparações (*l*) com aquele total de 20 ingredientes principais (*k*), a empresa possui 21 receitas de preparações para 4 tipos de arroz ($l = 1, \dots, 21$), 20 receitas de preparações para 4 tipos de macarrão ($l = 1, \dots, 20$), 32 receitas de preparações para 6 tipos de tubérculos ($l = 1, \dots, 36$) e 8 receitas de preparações para 6 tipos de oleaginosas ($l = 1, \dots, 21$), totalizando 81 receitas de acompanhamentos que compõem seu cardápio. Sendo que, cada receita possui diferentes parâmetros de natureza econômica (preços de custos), técnico-produtiva (fatores de cocção e correção) e nutricional (energia, proteínas, lipídeos, colesterol, carboidrato e fibra alimentar), conforme a exemplificação referente ao grupo alimentar do arroz ($j = 1$) descrita no Quadro 3.

Esse conjunto de informações é relevante por dois motivos: o primeiro se deve à necessidade de ilustrar a dificuldade de se tomar decisões que envolvem um grande número de informações de diferentes naturezas, a partir de uma elevada quantidade variáveis, como é o caso real da empresa cuja base dados foi utilizada para validação do modelo proposto; o segundo motivo é a justificativa para ausência do detalhamento das informações de todos os grupos alimentares (4), ingredientes principais (20) e suas preparações (81), motivo pelo qual só foram apresentadas, a título de exemplo, as informações referentes ao grupo do arroz ($j = 1$) conforme descrito no Quadro 3.

Ainda em relação às informações descritas no Quadro 3, cabe destacar que para todos os ingredientes principais (*k*) foram considerados os parâmetros nutricionais integrais referentes às quantidades de energia, proteína, lipídeos, colesterol, carboidrato e fibra alimentar, e ainda, uma vez que algumas das respectivas preparações podem consumir parte desses parâmetros nutricionais, esses valores foram apresentados na forma negativa nas respectivas preparações

(l). Ou, de outra forma, o processo de preparação de um ingrediente principal (k) pode consumir alguns dos seus nutrientes, motivo pelo qual algumas das preparações (l) descritas no Quadro 3 apresentaram valores negativos para certos tipos de nutrientes.

Quadro 3 – Exemplificação dos parâmetros e índices referentes aos ingredientes principais e preparações utilizadas segundo as receitas da empresa

Descrição		Energia	Proteína	Lipídeos	Colesterol	Carboidrato	Fibra alimentar	Fator de cocção	Fator de correção	Custo
k	Ingredientes principais	(kcal)	(g)	(g)	(mg)	(g)	(g)	Fator	Fator	(R\$ ^{-100g})
1	Arroz, integral, cozido	123,53	2,59	1,00	0,00	25,81	2,75	2,30	1,00	0,60
2	Arroz, tipo 1, cozido	128,26	2,52	0,23	0,00	28,06	1,56	2,00	1,00	0,50
3	Arroz, tipo 2, cozido	130,12	2,57	0,36	0,00	28,19	1,07	1,85	1,00	0,45
4	Arroz, cateto, cozido	172,00	4,00	1,30	0,00	36,00	1,70	2,00	1,00	0,80
l	Preparações	(kcal)	(g)	(g)	(mg)	(g)	(g)	Fator	Fator	(R\$ ^{-100g})
1	Arroz carreteiro, com arroz integral	30,24	8,24	6,12	0,00	-14,22	-1,25	2,30	1,00	2,30
2	Arroz carreteiro, com arroz tipo 1	25,51	8,31	6,90	0,00	-16,48	-0,06	2,00	1,00	2,30
3	Arroz carreteiro, com arroz tipo 2	23,65	8,26	6,76	0,00	-16,61	0,43	1,85	1,00	1,85
4	Baião de dois, com feijão-de-corda e arroz integral	12,15	3,65	2,23	0,00	-5,39	2,32	2,30	1,00	0,65
5	Baião de dois, com feijão-de-corda e arroz tipo 1	7,42	3,72	3,00	0,00	-7,64	3,51	2,00	1,00	0,65
6	Baião de dois, com feijão-de-corda e arroz tipo 2	5,56	3,67	2,87	0,00	-7,77	4,00	1,85	1,00	0,65
7	Bolinho de arroz, com arroz integral	149,98	5,45	7,29	0,00	15,87	-0,01	2,30	1,00	0,75
8	Bolinho de arroz, com arroz tipo 1	145,26	5,52	8,06	0,00	13,62	1,18	2,00	1,00	0,63
9	Bolinho de arroz, com arroz tipo 2	143,39	5,47	7,93	0,00	13,49	1,67	1,85	1,00	0,63
10	Arroz com legumes, com arroz tipo 1	99,00	2,54	1,37	0,00	-6,67	-0,65	2,00	1,00	1,23
11	Arroz com Lentilha, com arroz tipo 1	61,47	3,45	5,85	0,00	-0,61	1,85	2,00	1,00	1,11
12	Arroz com cenoura, com arroz tipo 1	-4,00	-0,60	2,82	0,00	-6,22	1,20	2,00	1,00	0,85
13	Arroz com açafrão, com arroz tipo 1	23,74	0,40	-0,80	0,00	0,00	0,00	2,00	1,00	0,65
14	Arroz chop suey, com arroz tipo 1	-5,40	8,35	3,12	150,00	-16,52	0,79	2,00	1,00	1,40
15	Risoto de couve, com arroz cateto	2,00	-1,39	5,30	20,00	-14,31	-0,70	2,00	1,00	1,22
16	Risoto de cabotia, com arroz cateto	60,83	-1,20	-1,90	0,00	-10,74	-0,48	2,00	1,00	1,17
17	Risoto de ora-pro-nóbis, com arroz cateto	23,53	0,30	1,45	20,00	-6,34	1,20	2,00	1,00	1,00
18	Risoto de palmito, com arroz cateto	-21,19	0,95	1,32	0,00	-15,30	-0,62	2,00	1,00	1,70
19	Risoto de tomate, com arroz cateto	-95,66	5,40	5,98	100,00	-2,08	-0,50	2,00	1,00	1,30
20	Risoto de beterraba, com arroz cateto	-37,54	0,55	2,85	0,00	-0,39	0,16	2,00	1,00	1,19
21	Risoto de cenoura e alho poró, com arroz cateto	-49,50	-0,65	-3,19	0,00	-12,00	-0,34	2,00	1,00	1,25

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados pesquisa.

Considerando o perfil do seu negócio (fornecimento de refeições *fitness*), a empresa adota como parâmetros nutricionais gerais para todos os acompanhamentos integrantes de cada uma de suas marmitas/refeições os seguintes valores: a quantidade máxima de energia (*ENERG*) deve ser de 261 kcal marmita⁻¹; a quantidade de proteína (*PROT*) nos acompanhamentos é indiferente, portanto, deve ser maior ou igual zero; a quantidade máxima de lipídeos (*LIPID*) deve ser 9 g marmita⁻¹; a quantidade máxima de colesterol (*COLST*) deve ser 400 mg marmita⁻¹; a quantidade carboidratos deve situar entre um mínimo de 18 g marmita⁻¹ (*CARBOMim*) e um máximo de 45 g marmita⁻¹ (*CARBOMax*); e, a quantidade mínima de fibra alimentar (*FIBRA*) deve ser 1,3 g marmita⁻¹.

Para a implementação computacional e solução do modelo proposto foi utilizado o pacote analítico OpenSolver (Copyright © 2011-2017) versão 2.9.3 de 01/03/2020 (MASON, 2011), e ainda, um computador com processador Intel® Core™ i3-1005 G1 CPU @ 1.20 GHz 1.19 GHz com 4,00 GB de memória RAM instalada.

Assim, esta investigação científica pode ser classificada como uma pesquisa de natureza quantitativa, apoiada em métodos quantitativos aplicados.

4 Análise dos Dados e Apresentação dos Resultados

A aplicação da modelagem proposta apresentou um custo computacional considerado baixo, pois, o tempo demandado para solução do modelo proposto foi de apenas 11 segundos, segundo os parâmetros estabelecidos para teste e a partir do *hardware* utilizado para tanto.

Segundo a base de dados que serviu para realização dos testes computacionais, a solução identificada mediante aplicação do modelo proposto foi capaz de minimizar o custo total dos acompanhamentos, mediante o atendimento de todas as restrições do modelo, e ainda, permitiu identificar os acompanhamentos para um cardápio planejado para um mês de atividade produtiva e comercial da empresa, conforme pode ser observado nas informações descritas pela Tabela 1.

Tabela 1 – Solução do modelo, com cardápio de acompanhamentos identificados por semana e dia

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	Semana - dia	Acompanhamento
1	1	3	6	Semana 1 - segunda	Preparação de baião de dois com feijão-de-corda e arroz tipo 2
2	2	2	2	Semana 1 - terça	Preparação de macarrão integral com molho vermelho
3	3	3	15	Semana 1 - quarta	Preparação de batata inglesa cozida <i>sauté</i>
4	1	2	5	Semana 1 - quinta	Preparação de baião de dois, com feijão-de-corda e arroz tipo 1
5	3	4	22	Semana 1 - sexta	Preparação de cará cozido com açafrão
6	1	1	4	Semana 2 - segunda	Preparação de baião de dois, com feijão-de-corda e arroz integral
7	2	2	12	Semana 2 - terça	Preparação de macarrão integral com legumes
8	3	4	22	Semana 2 - quarta	Preparação de cará cozido com açafrão
9	1	2	12	Semana 2 - quinta	Preparação de arroz com cenoura, com arroz tipo 1
10	2	2	11	Semana 2 - sexta	Preparação de macarrão integral com molho de ricota
11	1	2	11	Semana 3 - segunda	Preparação de arroz com lentilha, com arroz tipo 1
12	2	2	2	Semana 3 - terça	Preparação de macarrão integral com molho vermelho
13	3	3	15	Semana 3 - quarta	Preparação de batata inglesa cozida <i>sauté</i>
14	1	4	17	Semana 3 - quinta	Preparação de risoto de ora-pro-nóbis, com arroz cateto
15	2	2	5	Semana 3 - sexta	Preparação de macarrão integral com creme de cenoura e alho poró
16	1	4	21	Semana 4 - segunda	Preparação de risoto de cenoura e alho poró, com arroz cateto
17	2	2	12	Semana 4 - terça	Preparação de macarrão Integral com legumes
18	3	4	22	Semana 4 - quarta	Preparação de cará cozido com açafrão
19	1	4	18	Semana 4 - quinta	Preparação de risoto de palmito, com arroz cateto
20	3	4	23	Semana 4 - sexta	Preparação de cará cozido salteado com azeite

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados pesquisa.

Com o auxílio de planilhas eletrônicas de cálculo, o cardápio de acompanhamentos identificado mediante a aplicação do modelo proposto viabilizou a produção de informações voltadas também para o suporte à tomada de decisões referentes ao planejamento financeiro e à análise de custos, no respectivo mês de atividade da empresa, conforme pode ser observado pelas informações resumidas na Tabela 2.

Dessa forma, além de produzir informações voltadas ao suporte da tomada de decisões acerca da composição do cardápio de um mês de atividade produtiva e comercial com rapidez e exatidão matemática, o modelo proposto neste estudo também permitiu identificar o custo unitário (por marmita/refeição) e o respectivo custo total (todas as marmitas/refeições de um mês), o que pode ser muito útil ao planejamento financeiro da empresa. Pois, por exemplo, as informações em questão servem tanto para o planejamento e análise da margem de contribuição dos produtos, quanto para o planejamento do fluxo de caixa projetado da empresa.

Adicionalmente, a partir das informações apresentadas na Tabela 2, foi possível identificar um custo médio com os acompanhamentos utilizados nas marmitas/refeições

fornecidas pela empresa (R\$) em torno de R\$ 0,26 marmita⁻¹ para os ingredientes principais, R\$ 1,01 marmita⁻¹ para as preparações e, assim, um custo total de R\$ 1,27 marmita⁻¹.

Tabela 2 – Planejamento mensal elaborado a partir do cardápio identificado pelo modelo proposto

Semana	Acompanhamento	Custo unitário (R\$ marmita ⁻¹)			Custo total (R\$ dia ⁻¹)	
		Principal	Preparação	Total		
1	segunda	Baião de dois com feijão-de-corda e arroz tipo 2	R\$ 0,34	R\$ 0,91	R\$ 1,25	R\$ 250,11
	terça	Macarrão integral com molho vermelho	R\$ 0,01	R\$ 0,13	R\$ 0,14	R\$ 27,78
	quarta	Batata inglesa cozida <i>sauté</i>	R\$ 0,33	R\$ 0,46	R\$ 0,79	R\$ 158,44
	quinta	Baião de dois, com feijão-de-corda e arroz tipo 1	R\$ 0,35	R\$ 0,91	R\$ 1,26	R\$ 252,00
	sexta	Cará cozido com açafrão	R\$ 0,25	R\$ 0,70	R\$ 0,95	R\$ 189,96
2	segunda	Baião de dois, com feijão-de-corda e arroz integral	R\$ 0,36	R\$ 0,91	R\$ 1,27	R\$ 254,43
	terça	Macarrão integral com legumes	R\$ 0,01	R\$ 1,19	R\$ 1,20	R\$ 240,58
	quarta	Cará cozido com açafrão	R\$ 0,25	R\$ 0,70	R\$ 0,95	R\$ 189,96
	quinta	Arroz com cenoura, com arroz tipo 1	R\$ 0,35	R\$ 1,19	R\$ 1,54	R\$ 308,00
	sexta	Macarrão integral com molho de ricota	R\$ 0,01	R\$ 1,20	R\$ 1,22	R\$ 243,38
3	segunda	Arroz com lentilha, com arroz tipo 1	R\$ 0,35	R\$ 1,55	R\$ 1,90	R\$ 380,80
	terça	Macarrão integral com molho vermelho	R\$ 0,01	R\$ 0,13	R\$ 0,14	R\$ 27,78
	quarta	Batata inglesa cozida <i>sauté</i>	R\$ 0,33	R\$ 0,46	R\$ 0,79	R\$ 158,44
	quinta	Risoto de ora-pro-nóbis, com arroz cateto	R\$ 0,56	R\$ 1,40	R\$ 1,96	R\$ 392,00
	sexta	Macarrão integral com creme de cenoura e alho poró	R\$ 0,01	R\$ 1,23	R\$ 1,24	R\$ 248,98
4	segunda	Risoto de cenoura e alho poró, com arroz cateto	R\$ 0,56	R\$ 1,75	R\$ 2,31	R\$ 462,00
	terça	Macarrão Integral com legumes	R\$ 0,01	R\$ 1,19	R\$ 1,20	R\$ 240,58
	quarta	Cará cozido com açafrão	R\$ 0,25	R\$ 0,70	R\$ 0,95	R\$ 189,96
	quinta	Risoto de palmito, com arroz cateto	R\$ 0,56	R\$ 2,38	R\$ 2,94	R\$ 588,00
	sexta	Cará cozido salteado com azeite	R\$ 0,25	R\$ 1,05	R\$ 1,30	R\$ 259,96

Fonte: elaborado pelos autores a partir dos dados pesquisa.

Com base nas informações referentes aos custos médios unitários (R\$ marmita⁻¹), a empresa pôde perceber que, a despeito da maior quantidade (Q_k) de ingredientes principais (volume), as respectivas preparações (I) são mais significativas do ponto de vista financeiro, uma vez que seu custo médio é quase quatro vezes maior que o custo médio dos ingredientes principais (R\$ 1,01 / R\$ 0,26 \approx 3,88).

Por fim, cabe destacar que o custo total identificado pelo modelo proposto (custo mínimo) foi de R\$ 5.063,10 para uma produção mensal de 4.000 marmitas/refeições (200 marmitas/refeições dia⁻¹, durante 20 dias úteis), perfazendo um custo médio unitário de R\$ 1,27 marmita⁻¹ (R\$ 5.063,10 / 4.000 \approx 1,27). E, por outro lado, a empresa tem apurado um custo médio mensal com acompanhamentos na ordem de R\$ 10.774,00 para a produção mensal de 4.500 marmitas/refeições, perfazendo um custo médio unitário com acompanhamentos de R\$ 2,39 marmita⁻¹ (R\$ 10,774 / 4.500 \approx 2,39).

Ao minimizar os custos totais com a produção de acompanhamentos, conforme determinado pela sua função objetivo, a adoção do cardápio identificado a partir do modelo proposto proporcionaria uma redução de custos de R\$1,12 marmita⁻¹, ou seja, uma economia de 46,86%, comparativamente ao atual custo apurado pela empresa (R\$ 2,39 – R\$ 1,27 = R\$ 1,12, e ainda, R\$ 1,12 / R\$ 2,39 = 0,4686 ou 46,86%, se 0,4686x100).

Assim, além de garantir precisão no cálculo dos componentes nutricionais e planejar rapidamente o cardápio mensal de acompanhamentos de pratos principais, a utilização da modelagem matemática de otimização ora proposta minimiza os respectivos custos, agregando valor aos resultados econômico-financeiros de empresas de *food service*.

5 Considerações Finais

Conforme observado por Melo e Carmo (2021, p. 82) “em qualquer tipo de atividade econômica, o planejamento é um fator crítico, sendo que, especialmente em negócios do setor de *food service*, a falta de planejamento pode comprometer seriamente a sobrevivência do empreendimento.”.

Contudo, o planejamento nesse tipo de atividade econômica é especialmente complexo devido à quantidade e à diversidade das variáveis envolvidas nesse processo como um todo, motivo pelo qual, a utilização do processo de modelagem matemática de otimização pode ser de grande utilidade, uma vez que a possibilidade de modelar o processo de oferta de produtos no segmento de *food service* seria de grande utilidade para o segmento como um todo (CAMPOS; SPINELLI, 2021; MARTINS; SPINELLI, 2020; MELO; CARMO, 2021).

Nesse contexto, a modelagem de otimização proposta no presente estudo pode ser de grande utilidade no auxílio à tomada de decisões operacionais, como no planejamento de cardápios, e ainda, no processo de planejamento econômico-financeiro do negócio como um todo. E, nesse sentido, os testes computacionais puderam comprovar tal utilidade.

A fim de dar continuidade aos estudos iniciados nesta investigação científica, sugere-se a realização de pesquisas voltadas para proposição de um modelo matemático baseado em PPL que permita o planejamento otimizado de cardápios de empresas de *food service* considerando simultaneamente pratos principais e os respectivos acompanhamentos.

Entre outras possibilidades, sugere-se também a pesquisa de uma modelagem matemática de otimização que, além de contemplar a minimização de custos em sua função objetivo, também considere a minimização da produção do carbono gerado no processo de preparação das refeições de um cardápio otimizado. Ou ainda, especificamente dentro de segmento da preparação de comida *fitness*, poder-se-ia propor um modelo matemático de otimização que atendesse às demandas de clientes que necessitassem de uma dieta específica, por exemplo, a elaboração de um cardápio voltado especificamente para clientes diabéticos e/ou hipertensos.

Referências

- CAMPOS, E. M. C.; SPINELLI, M. G. N.. Utilização das ferramentas de gestão por gerentes de unidades de alimentação e nutrição do município de São Paulo. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 1-15, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/3135>. Acesso em: 02 jan. 2022.
- CARMO, . A. M. do; MESQUITA, M. C.; RESENDE, S. P.; PINTO, M. de R.. “O pão nosso de cada dia”: Representações dos pratos alegóricos do Brasil e de suas culinárias regionais. **Pista: Periódico Interdisciplinar**, Belo Horizonte, v.3, n.1, p. 55-70 fev./jun. 2021. Disponível em: <http://seer.pucminas.br/index.php/pista/article/view/26611>. Acesso em: 25 nov. 2021.
- CHO, M.; BONN, M. A.; GIUNIPERO, L.; DIVERS, J.. Restaurant purchasing skills and the impacts upon strategic purchasing and performance: The roles of supplier integration. **International Journal of Hospitality Management**, [s. l.], v. 78, p. 293-303, April 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.09.012>. Acesso em: 21 nov. 2021.
- FERNANDES, B. M.; LONGHINI, T. M.. Uso da simulação computacional para análise de atendimento de um restaurante industrial *self service*. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v.12,

n.1, p. 85-102, abril, 2021. Disponível em:

<http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/732>. Acesso em: 11 dez. 2021.

HE, Z.; HAN, G.; CHENG, T. C. E.; FAN, B.; DONG, J.. Evolutionary food quality and location strategies for restaurants in competitive online-to-offline food ordering and delivery markets: an agent-based approach. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 215, p. 61-72, September 2019, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.05.008>. Acesso em: 29 dez. 2021.

HENRIQUE, D. C.; TINCANI, G. de O.; PACIÊNCIA, B. L. da. *Foodservice* e Aplicativos de *Delivery*: um estudo de viabilidade financeira em uma região universitária. **Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 21, n.2, p.60-89. 2020. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/article/view/101311/57302>. Acesso em: 10 dez. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF 2017-2018**: famílias com até R\$ 1,9 mil destinam 61,2% de seus gastos à alimentação e habitação. Rio de Janeiro: Estatísticas Sociais, 4/10/2019b-10h00 (última atualização: 10/10/2019-17:11 h). Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25598-pof-2017-2018-familias-com-ate-r-1-9-mil-destinam-61-2-de-seus-gastos-a-alimentacao-e-habitacao>. Acesso em: 27 dez. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF 2017-2018**: brasileiro ainda mantém dieta à base de arroz e feijão, mas consumo de frutas e legumes é abaixo do esperado. Rio de Janeiro: Estatísticas Sociais, 21/08/2020-10h00 (última atualização: 21/08/2020-10h00). Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28646-pof-2017-2018-brasileiro-ainda-mantem-dieta-a-base-de-arroz-e-feijao-mas-consumo-de-frutas-e-legumes-e-abaixo-do-esperado>. Acesso em: 12 dez. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF 2017-2018**: brasileiro ainda mantém dieta à base de arroz e feijão, mas consumo de frutas e legumes é abaixo do esperado. Rio de Janeiro: Estatísticas Sociais, 21/08/2020-10h00 (última atualização: 21/08/2020-10h00). Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28646-pof-2017-2018-brasileiro-ainda-mantem-dieta-a-base-de-arroz-e-feijao-mas-consumo-de-frutas-e-legumes-e-abaixo-do-esperado>. Acesso em: 27 dez. 2021.

LEONEL, A. P. da. S.; MARTINS, M. I. E. G.; FEIDEN, A.; GRANDI, A. M. de; SILVA, A. M. da; COUTINHO, R.. Uso de tecnologias de processamento do pescado em cardápios escolares: viabilidade econômica. **Segurança Alimentar Nutricional**, Campinas, v. 26, p. 1-7. e019019. .2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20396/san.v26i0.8653394>. Acesso em: 15 dez. 2021.

MARTINS, M.; SPINELLI, M. G. N.. Avaliação de rendimento, custo e aceitação de carnes bovinas e suínas utilizadas em unidades de alimentação e nutrição. **Saber Científico**, Porto Velho, v. 9, n.1, p. 45–53, jan./jun. 2020. Disponível em

<http://revista.saolucas.edu.br/index.php/resc/article/view/1308/pdf>. Acesso em: 27 dez. 2021.

MASON, Andrew J. OpenSolver: an open source sdd-in para solve linear and integer programmes in Excel. In: KLATTE, Diethard; LÜTHI, Hans-Jakob; SCHMEDDERS, Karl (eds). **Operations Research Proceedings** (GOR (Gesellschaft für Operations Research e.V.)). Berlin Heidelberg: Springer, 2011. p 401-406. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-29210-1_64. Acesso em: 01 nov. 2021.

MEDEIROS, M. de L.; MASCARENHAS, R. G. T.. Comportamento do consumidor durante a pandemia de COVID-19: estudo das práticas de consumo alimentar em Ponta Grossa (PR). **MiP: Management in Perspective**, Uberlândia, v.2, n.1, p. 4-36, jan./jun. 2021. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/RevistaMiP/article/view/58942>. Acesso em: 24 dez. 2021.

MELO, G. D. de.; CARMO, C. R. S.. Planejamento baseado em modelagem matemática de otimização aplicada a problemas de empresas de food servisse. **LAJBM**, Taubaté, v. 12, n. 2, p. 72-85, jul-dez/2021. Disponível em: <https://lajbm.com.br/index.php/journal/article/view/665>. Acesso em: 04 jan. 2022.

MOREIRA, R. P. C.; MARTINS, F. V. C.; WANNER, E. F.. CardNutri: Um software de planejamento de cardápios nutricionais semanais para alimentação escolar aplicando inteligência artificial. **RECIIS -Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 1-13, out./dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.29397/reciis.v11i4.1272>. Acesso em: 02 jan. 2022.

OLIVEIRA, D. E. de; BORGES, A. C. A.; SILVA, V. V. da. Uma aplicação do problema da dieta para se encontrar o menor custo de refeições diárias para idosos na cidade de Monte Carmelo–MG. Braz. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 36025-36034, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-229>. Acesso em: 04 jan. 2022.

PINKE, J. B.; SIMONI, N. K.; PINTO-E-SILVA, M. E. M.. Influência dos aspectos sensoriais na escolha dos alimentos. **Segurança Alimentar Nutricional**, Campinas, v. 27, p. 1-8. e020021. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20396/san.v27i0.8657218>. Acesso em: 18 dez. 2021.

VERLY-JUNIOR, E.; OLIVEIRA, D. C. R. S. de; PINTO, R. L.; MARQUES, E. S.; CUNHA, D. B.; SARTI, F. M.. Viabilidade no atendimento às normas do Programa Nacional de Alimentação Escolar e sua relação com custo dos cardápios. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 749-755, fev. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/GZcYXgMFZZMMPx54ZYsYgkb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 jan. 2022.

RIBEIRO, C. da S. G.; CORÇÃO, M.. O consumo da carne no brasil: entre valores sócios culturais e nutricionais. **Demetra: alimentação, nutrição e saúde**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 425-438, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/demetra.2013.6608>. Acesso em: 05 dez. 2021.

UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação (NEPA-

UNICAMP), 2011. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 28 nov. 2021.