



YNARA RESENDE DE FARIA

**PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DE GERAÇÃO DE
CARDÁPIOS:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.**

LAVRAS – MG

2022

YNARA RESENDE DE FARIA

**PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DE GERAÇÃO DE CARDÁPIOS:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências para obtenção do título de Bacharel
em Sistemas de Informação.

Prof. DSc. Mayron César de Oliveira Moreira
Orientador

LAVRAS – MG

2022

YNARA RESENDE DE FARIA

**PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DE GERAÇÃO DE CARDÁPIOS: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências para obtenção do título de Bacharel
em Sistemas de Informação.

APROVADA em 18 de Maio de 2022.

MSc. Karina de Oliveira Rodrigues da Silva
Prof. DSc. Renata Teles Moreira UFLA

Prof. DSc. Mayron César de Oliveira Moreira
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

RESUMO

O problema de planejamento de cardápios (MPP, do inglês, *Menu Planning Problem*) corresponde pela busca de otimização do processo de planejar e implementar cardápios em diferentes contextos, por meio da melhor combinação entre os itens e respeitando as restrições impostas. Encontrar uma solução ótima para problemas de otimização é um desafio, principalmente pelo fato do mesmo pertencer à classe NP-difícil. Com isso, tendo em vista que o objetivo do trabalho é identificar diferentes formas de resolução e aplicação do problema de planejamento de geração de cardápios, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), visando identificar lacunas e oportunidades para agregar o conhecimento disperso na literatura. Serão analisados 20 estudos primários, com foco em destacar suas divergências e similaridades, no que se refere às metodologias utilizadas, funções a serem otimizadas, restrições e suas aplicações em contextos práticos.

Palavras-chave: Problema de Planejamento de Cardápios. Heurísticas. Modelagem Matemática. Revisão Sistemática da Literatura.

ABSTRACT

The Menu Planning Problem (MPP) corresponds to the search for optimization of the process of planning and implementing menus in different contexts, through the best combination of items and respecting the imposed restrictions. Finding an optimal solution for optimization problems is a challenge, mainly because it belongs to the NP-hard class. With that, considering that the objective of the work is to identify different ways of solving and applying the problem of planning the generation of menus, a Systematic Literature Review (SLR) was carried out, aiming to identify gaps and opportunities to aggregate the dispersed knowledge in the literature. Twenty primary studies will be analyzed, focusing on highlighting their differences and similarities, with regard to the methodologies used, functions to be optimized, constraints and their applications in real contexts.

Keywords: Menu Planning Problem. Heuristics. Mathematical Modeling. Systematic Literature Review.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – <i>String</i> de busca	13
Tabela 3.2 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados ACM Library	14
Tabela 3.3 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados IEEE Xplore	14
Tabela 3.4 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pelo Google	14
Tabela 3.5 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados Google Scholar	15
Tabela 3.6 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados Scopus . . .	15
Tabela 3.7 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados Connected Papers	15
Tabela 4.1 – Estudos primários selecionados	18
Tabela 4.2 – Síntese acerca das heurísticas utilizadas nos estudos primários	26
Tabela 4.3 – Síntese acerca dos modelos matemáticos utilizados nos estudos primários .	30
Tabela 4.4 – Síntese acerca das restrições utilizadas nos estudos primários	36
Tabela 4.5 – Descrição das restrições listadas pela Tabela 4.4	37
Tabela 4.6 – Síntese acerca das funções objetivo utilizadas nos estudos primários	40
Tabela 4.7 – Descrição das funções objetivo listadas pela Tabela 4.6	40
Tabela 4.8 – Síntese acerca dos estudos primários que se caracterizam por estudos de casos	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Motivação e Justificativa	6
1.2	Objetivo	7
1.3	Organização do Trabalho	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	8
3	METODOLOGIA	10
3.1	Questões de pesquisa	10
3.2	Crterios de inclusão e exclusão	11
3.3	Método de busca	12
3.3.1	Strings de busca	12
3.3.2	Fontes de Busca	13
3.4	Execução	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1	Resposta Q1	19
4.2	Resposta Q2	27
4.3	Resposta Q3	30
4.4	Resposta Q4	37
4.5	Resposta Q5	41
4.6	Ameaças à Validade	42
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O problema de gerenciamento de cardápios (MPP, do inglês: *Menu Planning Problem*) foi introduzido por Stigler em seu trabalho GEORGE (1945), precursor da aplicação do termo “*low-cost*”, voltado para obter os valores nutricionais adequados. O MPP corresponde pela busca de otimização do processo de planejamento e implementação dos itens de cardápios em diferentes contextos. No presente trabalho, o tema é submetido a uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e analisado por meio de diferentes instâncias do problema, contidas em 20 estudos primários.

1.1 Motivação e Justificativa

O MPP se comporta como sendo de grande relevância, essencialmente por estar presente em cenários reais, passíveis de variações e adaptações, onde os processos de coleta, classificação e análise de diferentes instâncias se tornam necessários.

Este fato é exemplificado na literatura por problemas, como o citado por Veleda et al. (2013) com aplicação em um hospital público, que envolvem a programação de cardápios dos pacientes. Outros exemplos a serem citados se referem ao estudo de caso Gularte e Cardoso (2020), que adota o método de *Smith-Kasavanas* para análise da engenharia de cardápios em um restaurante, e o estudo Bianchini et al. (2017), que define critérios para o planejamento de cardápios escolares sustentáveis, que respeitam as restrições impostas pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

Sobre o contexto escolar, Spak et al. (2017) destaca que “a atenção de restaurantes universitários é voltada principalmente para o fator custo, impossibilitando assim a oferta de refeições nutritivas, o que acaba interferindo no desenvolvimento de hábitos alimentares saudáveis”. Isto somado ao fato que:

Dado ao grande número de combinações possíveis dos alimentos que podem compor uma refeição, a busca pela melhor combinação que atenda as especificações do consumidor e que otimize o custo, ou a qualidade nutricional da refeição, é irrealizável por uma mente humana em um tempo desejável. (SILVA, 2019).

Por conseguinte, para este trabalho, houve a escolha do processo de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), listando métodos distintos para a resolução das instâncias do problema, apresentados nos 20 estudos primários selecionados. A escolha da técnica de RSL se deu pela

sua relevância em destacar com profundidade as divergências e as similaridades do problema presente na literatura. A seguir são descritas as principais razões para essa escolha:

Para resumir as evidências existentes sobre um tratamento ou tecnologia, por exemplo, para resumir a evidência empírica dos benefícios e limitações de um método ágil específico. Identificar quaisquer lacunas na pesquisa atual, a fim de sugerir áreas para investigação. Fornecer uma estrutura/background para posicionar adequadamente novas atividades de pesquisa. (KITCHENHAM, 2004).

1.2 Objetivo

O principal objetivo do trabalho é detectar novas formas de resolução e aplicação do problema de elaboração de cardápios, por meio do método de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), onde se compara as singularidades de cada estudo primário, visando explicar o que pode ser avançado no que diz respeito a geração de menus, identificar lacunas e novas oportunidades para agregar conhecimento disperso.

Espera-se que o trabalho desenvolvido seja um facilitador para amplificar o conhecimento acerca do assunto, por meio da sua contribuição com a apresentação dos principais conceitos e métodos para a resolução do problema, tornando seu conteúdo extenso mais compreensível para estudantes e outras partes interessadas em propor novas aplicações ao problema.

1.3 Organização do Trabalho

Além deste capítulo introdutório, a monografia conta com apresentação de conceitos, que contextualizam o trabalho, no Capítulo 2. O Capítulo 3 apresenta a metodologia a ser seguida na Revisão Sistemática da Literatura (RSL). No Capítulo 4 se descreve uma análise sobre os resultados obtidos a partir da RSL. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo descreve sobre alguns conceitos necessários para o entendimento do contexto deste trabalho e apresenta contribuições da literatura que embasam o tema em questão.

O problema de planejamento de geração de cardápios pode ser abordado na literatura por meio de métodos advindos da área de Pesquisa Operacional (PO). Segundo Arenales (2007), “Pesquisa operacional é a aplicação de métodos científicos a problemas complexos para auxiliar no processo de tomada de decisões, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escasso”. Assim, conforme a descrição das características de problemas solucionáveis por meio da PO, é notório as semelhanças com o problema presente.

Conforme Seljak (2009), o problema de geração de cardápios, de forma geral, pertence à classe NP-difícil, uma vez que não se conhece algoritmos determinísticos que o resolvam em tempo polinomial. Isso torna desafiador o processo de encontrar soluções satisfatórias para a maioria das instâncias do problema e confirma a importância da adoção de métodos que auxiliem neste processo e conseqüentemente, promova a evolução das soluções propostas.

A formulação da dieta é geralmente realizada até o momento, definindo primeiro os alimentos ou grupos de alimentos a serem usados na dieta e, em seguida, calculando a composição de nutrientes. Se as quantidades de nutrientes não cumprirem os requisitos nutricionais desejados, as quantidades de alimentos são alteradas ou os alimentos são trocados e a composição recalculada. Isso se repete até que os níveis necessários de todos os nutrientes sejam atingidos e uma dieta adequada seja obtida. Este procedimento iterativo é complicado e lento e, se esse processo é manual, muitas vezes leva ao comprometimento da composição das dietas finais. (SKLAN; DARIEL, 1993).

Logo, a otimização desta tarefa se demonstra importante tendo em vista sua aplicabilidade em cenários distintos, como restaurantes, escolas e hospitais, que utilizam o planejamento como uma forma de garantir a maximização de nutrientes fornecidos. Ademais, no que se refere ao planejamento de dietas no contexto dos serviços de alimentação, é fundamental que os profissionais envolvidos considerem também fatores como: hábitos alimentares, preferências, estilo de cardápios e qualidade nutricional, para garantir a inclusão de públicos distintos.

A automatização deste processo auxilia na otimização dos recursos, uma vez que, independente do contexto, vários fatores interferem no custo da geração de um cardápio, como a demanda, a produtividade, o valor da mão de obra, o padrão do menu, o armazenamento de recursos e a estrutura da instituição em questão. Portanto, é fundamental abordar o custo da

matéria prima, bem como os demais elementos envolvidos na geração de cardápios, para que o serviço proposto atenda a realidade.

A proposta de solução da pesquisa operacional ocorre por meio da modelagem e análise de problemas, levando em consideração seus requisitos, objetivos e restrições. Segundo Zhao, Hu e Zhao (2013), “a modelagem matemática, analisando regras de problemas reais, é uma descrição de uma fórmula usando matemática simples e linguagem. Essa fórmula é um modelo matemático, que precisa enfrentar o teste dos fatos”.

Neste mesmo segmento, Zhao, Hu e Zhao (2013) afirmam que, “ao analisar problemas, as pessoas descobrem regras e as transformam em fórmulas matemáticas para solução de problemas semelhantes, que é um reflexo da modelagem matemática”. Desta maneira, a aplicação da modelagem matemática para problemas complexos auxilia para que estes sejam estruturados de uma forma mais simplificada, podendo ser subdivididos em problemas de menor complexidade. Ademais, pode ser apresentada para maior entendimento do cenário do problema ou como proposta para a solução da questão por meio de ferramentas específicas.

Dessa forma, a formulação do problema de planejamento de cardápios também fornece benefícios para a solução do problema, contribuindo para que os aspectos mais importantes do problema de geração de dieta sejam destacados perante aos que não interferem diretamente nos resultados a serem obtidos. Conforme Spak et al. (2017), “a modelagem matemática para o planejamento de dietas vem sendo tema de estudos e aplicações desde a década de 1950. Muitos autores empregam técnicas de programação matemática para formular dietas para seres humanos em diversos contextos”.

A aplicação da pesquisa operacional pode se tornar um processo contínuo, quando os resultados fornecidos pela modelagem matemática do problema não propõem os benefícios esperados e necessitam de novos ajustes ou adaptações. Para o problema de planejamento de cardápios em questão, em alguns casos é proposto o desenvolvimento de um método próprio, como heurísticas, visando encontrar uma melhoria em um planejamento existente ou uma solução inicial viável.

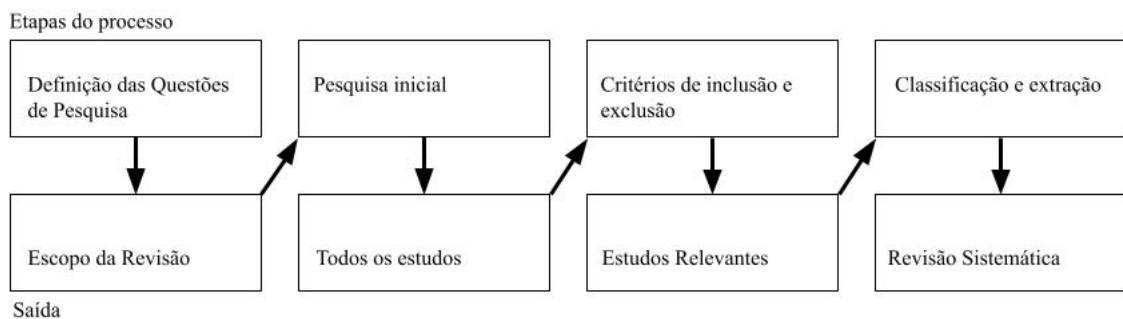
3 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que consiste na realização de uma busca com o propósito de detectar evidências ou lacunas relacionadas ao uso de diferentes métodos para resolução do problema de geração de cardápios, agregando o conhecimento disperso em estudos primários que abordam sobre o tema. A RSL foi descrita em quatro etapas nas seções seguintes, sendo elas: a definição das questões de pesquisa, a definição dos critérios de inclusão e exclusão, a descrição dos métodos de busca e a descrição da execução do processo.

A utilização do método de Revisão Sistemática da Literatura propõe que o processo de busca por estudos primários se dê de forma controlada, garantindo menores erros e perdas de informações relevantes. Ademais, a proposta estrutura os resultados da pesquisa de forma mais aprofundada e detalhada, focando em características específicas de cada tópico.

A execução desta metodologia seguiu basicamente quatro passos, que foram adaptados de Petersen et al. (2008).

Figura 3.1 – Processo de Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Adaptada de Petersen et al. (2008)

3.1 Questões de pesquisa

O objetivo da definição de questões de pesquisa é auxiliar no estabelecimento de um escopo que abrange os principais estudos primários, ou seja, aqueles que apresentam respostas que agregam valor e são condizentes com os objetivos deste trabalho.

Os estudos coletados são analisados com base em cinco questões de pesquisa. Estas foram desenvolvidas considerando os aspectos que, geralmente, se apresentam como cruciais para formulação de uma conclusão acerca da divergência ou convergência entre os mesmos.

Q1: "Quais são as heurísticas mais utilizadas para a resolução de problemas de geração de cardápios?" - Esta questão coloca em destaque os estudos que propõem métodos heurísticos para a geração de cardápios e os descrevem com base nos seus propósitos e resultados.

Q2: "A maioria dos artigos que abordam problemas de geração de cardápios encontram soluções via resolução de modelos matemáticos?" - O objetivo dessa questão é reportar os estudos que, entre os escolhidos, apresentam como solução a aplicação de modelos matemáticos. Isso porque a modelagem matemática se apresenta como uma das principais abordagens para a solução de problemas complexos.

Q3: "Quais são as principais restrições presentes em problemas de geração de cardápios?" - Com base na descrição do problema, é comum que os estudos relativos apresentem restrições como forma de configurar seus elementos para atingir seus objetivos. Nesse sentido, a definição de restrições se torna essencial para a modelagem do problema.

Q4: "Quais são as principais funções objetivo utilizadas nos artigos abordados neste estudo?" - Quando se trata de problemas que envolvem a área de otimização, geralmente adota-se a maximização ou minimização de critérios qualitativos. Assim, alguns estudos utilizam a definição de funções objetivo, juntamente com as restrições, para elucidar sua proposta.

Q5: "Os artigos de variantes do problema de geração de cardápios utilizam estudos de caso como foco da pesquisa?" - Essa questão visa mostrar que o planejamento de geração de menus pode ser aplicável em instituições de setores diversificados, apresentando objetivos distintos.

3.2 Critérios de inclusão e exclusão

Após a definição das questões de pesquisa, ocorre a seleção de estudos primários. Essa fase é baseada em critérios de inclusão/exclusão, adotados para filtrar todo o conteúdo encontrado, para que apenas trabalhos que forneçam evidências diretas sobre a questão de pesquisa sejam escolhidos. Apesar dos estudos primários terem sido selecionados em mais de uma base de dados, são utilizados os mesmos tipos de critério de inclusão/exclusão.

Os critérios de exclusão foram utilizados antecipadamente para descartar os estudos que não são condizentes com o trabalho proposto. Foram definidos os seguintes: (I) Estudos que não foram publicados ou aceitos; (II) Estudos não desenvolvidos e/ou publicados por uma instituição com relevância em *rankings* proeminentes de desempenho científico; (III) Estudos

não disponibilizados na língua portuguesa ou inglesa; (IV) Estudos que não se caracterizam por artigo, monografia, dissertação ou tese; (V) Estudos que não são condizentes com o que se deseja abordar no trabalho; (VI) Estudos não disponibilizados na *web*. A aplicação deste processo se deu por meio da análise de itens como título, resumo e palavras-chave.

Em relação ao critério de exclusão (II), para os estudos primários vinculados a instituições de ensino brasileiras foram considerados, de acordo com o último IGC de 2019, valores maiores ou iguais a 4. Os dados utilizados foram fornecidos pelo portal do Ministério da Educação e pelo e-MEC (Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior). Sobre os estudos submetidos em conferências, foram priorizadas as classificadas com qualis A1, de acordo com o Comitê da Área da Computação¹.

Os critérios de inclusão foram aplicados sobre os estudos que resultaram após a aplicação dos critérios de exclusão, contribuindo com a adição de estudos que realmente são condizentes com a proposta do trabalho. Houve a filtragem de estudos primários por data, considerou-se o período entre Janeiro de 2010 à Fevereiro de 2022. Como critérios de inclusão de estudos utilizou-se: (I) O estudo deve propor um método de resolução ou abordagem para o problema de planejamento de cardápios; (II) O estudo deve abranger as questões de pesquisa definidas, mesmo que não em sua totalidade. Este processo ocorreu por meio da análise de todo o conteúdo dos estudos primários.

3.3 Método de busca

3.3.1 Strings de busca

Considerando as diferentes máquinas de busca, é imprescindível definir os termos utilizados, bem como sua organização para a busca de estudos primários na literatura. Isto torna o processo passível de replicações futuras, tendo em vista que a aplicação de *strings* distintas possivelmente retornará resultados divergentes.

Para realizar a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), as *strings* de busca utilizadas consideraram termos atrelados ao problema de planejamento de geração de cardápios, que foram agrupados por meio dos conectivos “OR” e “AND”.

Na tabela 3.1 são apresentada as *strings* geradas para a aplicação nas bases de dados.

¹ Links de referência: <<https://ppgcc.github.io/discentesPPGCC/pt-BR/qualis/>>; <<https://qualis.ic.ufmt.br/>>

Tabela 3.1 – *String* de busca

Código de <i>string</i>	<i>String</i> de busca
S01	(“ <i>Menu Planning</i> ” OR “ <i>Menu Generation</i> ” OR “ <i>Diet Planning</i> ” OR “ <i>Cardápios</i> ” OR “ <i>Restaurantes Universitários</i> ” OR “ <i>Planos Alimentares</i> ”) AND (“ <i>Algorithms</i> ” OR “ <i>Modelagem Matemática</i> ” OR “ <i>Modelo Matemático</i> ” OR “ <i>Sistema web</i> ” OR “ <i>Simulação computacional</i> ”)
S02	“ <i>Menu Planning</i> ” OR “ <i>Diet Planning</i> ”
S03	“ <i>Programming model</i> ” AND “ <i>Diet planning</i> ”
S04	“ <i>Personal Dietary</i> ” AND “ <i>Optimization</i> ”

Fonte: A autora

A *query* S01 sofreu adaptações conforme foi aplicada nas bases de dados distintas que foram selecionadas, com o propósito de se adaptar às especificidades de cada ferramenta. Em relação às *queries* S02, S03 e S04, estas foram aplicadas a apenas uma fonte de dados.

3.3.2 Fontes de Busca

Buscou-se adotar bases de dados com maior controle no processo de publicação, visando encontrar estudos de qualidade, contendo as questões necessárias para o alcance de respostas para o presente trabalho. Foram utilizadas as seguintes bases de dados: (I) Google; (II) Google Scholar; (III) ACM journals; (IV) Connected Papers; (V) IEEE Xplore; (VI) Scopus.

Por esses mecanismos trazerem um número considerável de resultados, mesmo utilizando *strings* de busca bem definidas, o método utilizado para a escolha dos estudos primários se deu pela busca nas 10 primeiras páginas do campo de pesquisa. Entretanto, a pesquisa foi encerrada antecipadamente para os casos em que a análise de uma sequência de duas páginas não resultou em novos estudos relevantes.

3.4 Execução

Esta etapa coloca em prática os processos definidos anteriormente. Portanto, destacamos os resultados obtidos, para cada passo da revisão sistemática literatura, respectivos a pesquisa inicial, refinamento dos dados, análise e extração de dados.

Passo 1 - Pesquisa inicial: Neste passo, é realizada a pesquisa de estudos primários por meio da inserção das *strings* definidas nos mecanismos de busca citados acima. Com isso, anteriormente à aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram obtidos a quantidade de estudos resultados por cada base de dados. É importante destacar que o período de execução de

buscas se deu de 20 de outubro de 2021 a 01 de fevereiro de 2022. Ademais, houve a aplicação de filtro de data nas buscas de estudos primários.

Por meio das tabelas 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6 também é possível identificar quais *strings* foram aplicadas em cada base de dados. A aplicação de diferentes *queries* na ferramenta Connected Papers se justifica pelo fato da fonte de estudos não contar com as funcionalidades de busca avançada e aplicação de filtros sobre resultados obtidos, dessa forma a quantidade de estudos obtidos é alta.

Tabela 3.2 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados ACM Library

Código de string	String de busca	Quantidade de estudos
S01	<i>("Menu Planning" OR "Menu Generation" OR "Diet Planning" OR "Cardápios" OR "Restaurantes Universitários" OR "Planos Alimentares") AND ("Algorithms" OR "Modelagem Matemática" OR "Modelo Matemático" OR "Sistema web" OR "Simulação computacional")</i>	19

Fonte: A autora

Tabela 3.3 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados IEEE Xplore

Código de string	String de busca	Quantidade de estudos
S01	<i>("Menu Planning" OR "Menu Generation" OR "Diet Planning" OR "Cardápios" OR "Restaurantes Universitários" OR "Planos Alimentares") AND ("Algorithms" OR "Modelagem Matemática" OR "Modelo Matemático" OR "Sistema web" OR "Simulação computacional")</i>	7

Fonte: A autora

Tabela 3.4 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pelo Google

Código de string	String de busca	Quantidade de estudos
S01	<i>("Menu Planning" OR "Menu Generation" OR "Diet Planning" OR "Cardápios" OR "Restaurantes Universitários" OR "Planos Alimentares") AND ("Algorithms" OR "Modelagem Matemática" OR "Modelo Matemático" OR "Sistema web" OR "Simulação computacional")</i>	6580

Fonte: A autora

Tabela 3.5 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados Google Scholar

Código de string	String de busca	Quantidade de estudos
S01	<i>("Menu Planning" OR "Menu Generation" OR "Diet Planning" OR "Cardápios" OR "Restaurantes Universitários" OR "Planos Alimentares") AND ("Algorithms" OR "Modelagem Matemática" OR "Modelo Matemático" OR "Sistema web" OR "Simulação computacional")</i>	1.030

Fonte: A autora

Tabela 3.6 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados Scopus

Código de string	String de busca	Quantidade de estudos
S01	<i>("Menu Planning" OR "Menu Generation" OR "Diet Planning" OR "Cardápios" OR "Restaurantes Universitários" OR "Planos Alimentares") AND ("Algorithms" OR "Modelagem Matemática" OR "Modelo Matemático" OR "Sistema web" OR "Simulação computacional")</i>	30

Fonte: A autora

Tabela 3.7 – Apresenta a quantidade de estudos obtidos pela base de dados Connected Papers

Código de string	String de busca	Quantidade de estudos
S01	<i>("Menu Planning" OR "Menu Generation" OR "Diet Planning" OR "Cardápios" OR "Restaurantes Universitários" OR "Planos Alimentares") AND ("Algorithms" OR "Modelagem Matemática" OR "Modelo Matemático" OR "Sistema web" OR "Simulação computacional")</i>	95.117
S02	<i>"Menu Planning"OR "Diet Planning"</i>	2.778
S03	<i>"Programming model"AND "Diet planning"</i>	95.117
S04	<i>"Personal Dietary"AND "Optimization"</i>	2.936.249

Fonte: A autora

Passo 2 - Refinamento: Após o Passo 1, com a aplicação dos critérios de exclusão, foram obtidos 33 estudos primários a partir da base de dados Google Scholar, 20 do Google, 6 da ACM Digital Library, 9 da Scopus, 3 da IEEE Xplore e 47 da Connected Papers, considerando as dez primeiras páginas das bases de busca, sintetizadas em alguns casos. Em relação à quantidade de estudos selecionados, é visível a diminuição quando comparada ao valor obtido pelo Passo 1. Isto se deve ao fato de grande parte dos estudos não serem condizentes com o propósito do trabalho e em alguns casos, pelo estudo já ter sido abordado por meio de outra base de dados.

Passo 3 - Análise e extração de dados: Neste passo, é realizada a análise dos estudos restantes, com base nos critérios de inclusão, por meio da leitura integral. Desta forma, foram

aceitos 8 estudos primários a partir da base de dados Google Scholar, 1 do Google, 3 da ACM Digital Library, 4 da Scopus, 1 da IEEE Xplore e 3 da Connected Papers. A redução dos números é justificada, em maioria, por não fornecerem método de solução para o problema de planejamento de cardápios. A apresentação dos resultados é descrita e argumentada com base nas questões de pesquisa, e sintetizada por meio de tabelas ao final de cada sessão do capítulo 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da execução da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), respondendo às questões de pesquisa declaradas no planejamento.

Na Tabela 4.1 estão listados os estudos selecionados após a execução de todas as etapas definidas para a RSL. A primeira coluna da tabela apresenta um código de identificação do estudo, o qual será utilizado ao longo do texto deste trabalho. A segunda coluna apresenta o título do estudo e a terceira, a referência para o trabalho. A ordenação da tabela se deu pela sequência em que os estudos foram encontrados nessa RSL.

Tabela 4.1 – Estudos primários selecionados

Estudo	Título	Referência
E01	Modelos matemáticos para a otimização da elaboração de cardápios automatizados para uma unidade de alimentação e nutrição	(SILVA, 2019)
E02	Escala fuzzy não balanceada para tratamento de preferências alimentares em modelagem matemática	(MICENE et al., 2019)
E03	Aplicação da modelagem matemática para o planejamento de cardápios para restaurantes universitários	(SPAK et al., 2017)
E04	Concepção de uma ferramenta computacional para a geração de planos alimentares personalizados, considerando preferências e necessidades nutricionais	(COELHO, 2018)
E05	Aplicação de conceitos e ferramentas da engenharia de produção para aprimoramento do funcionamento de restaurantes universitários	(RIBEIRO, 2017)
E06	On the automatic planning of healthy and balanced menus - Planificación automática de menús saludables y equilibrados	(DÍAZ et al., 2019)
E07	Pró-dieta: Gerador automático de cardápios personalizados baseado em algoritmos genéticos	(GOMES et al., 2012)
E08	Sigecard : um sistema web para gestão da alimentação escolar	(SOUZA, 2020)
E09	Recomendação de Cardápios Saudáveis e Otimizados Conforme Disponibilidade de Alimentos	(SILVA et al., 2019)
E10	An Evolutionary Mono-Objective Approach for Solving The Menu Planning Problem	(MOREIRA et al., 2018)
E11	CardNutri: A software of Weekly Menus Nutritional Elaboration for Scholar Feeding applying Evolutionary Computation	(MOREIRA et al., 2018)
E12	The Menu Planning Problem: a Multiobjective Approach for Brazilian Schools Context	(MOREIRA et al., 2017)
E13	Intelligent Menu Planning: Recommending Set of Recipes by Ingredients	(KUO et al., 2012)
E14	Solving Dietary Planning Problem using Particle Swarm Optimization with Genetic Operators	(PORRAS; FAJARDO; MEDINA, 2019)
E15	Menu planning with a dynamic goal programming approach	(JRIDI; JERBI; KAMOUN, 2018)
E16	A New Menu Planning Model for Malaysian Secondary Schools using Optimization Approach	(SUFHANI; ISMAIL, 2014)
E17	SmartDiet: A Personal Diet Consultant for Healthy Meal Planning	(HSIAO; CHANG, 2010)
E18	A diet recommendation for diabetic patients using integer programming	(SAPRI et al., 2019)
E19	Automated Menu Planning Algorithm for Children: Food Recommendation by Dietary Management System using ID3 for Indian Food Database	(KALE; AUTI, 2015)
E20	Diet Planning with Machine Learning: Teacher-forced REINFORCE for Composition Compliance with Nutrition Enhancement	(LEE et al., 2021)

As seções seguintes respondem às questões de pesquisa levantadas anteriormente. Considerando as particularidades de cada estudo primário. Para cada questão, foram abordados apenas os estudos primários que se relacionam com o conteúdo proposto.

4.1 Resposta Q1

Para a questão de pesquisa **Q1** (“**Quais são as heurísticas mais utilizadas para a resolução de problemas de geração de cardápios?**”), com base na análise dos métodos aplicados e dos resultados obtidos nos 20 estudos primários encontrados, foram considerados apenas aqueles que utilizam algoritmos heurísticos como proposta de solução, sendo os trabalhos 03, 04, 06, 07, 09, 10, 11, 13, 14 e 20.

O E03 utiliza um algoritmo de seleção não repetitiva de alimentos em um intervalo de tempo pré-determinado, com base na preferência alimentar. Neste sentido, o algoritmo proporciona a variabilidade às refeições, por meio do estabelecimento de pesos aos alimentos de preferência dos estudantes e pela adição de um “sistema de memória”, que funciona com base em números binários, desabilitando os alimentos utilizados dentro de um período de n dias e habilitando os não utilizados. Estes alimentos habilitados pelo algoritmo são dados de entrada de um modelo de Programação Linear Inteira (PLI), que possui como função objetivo a redução dos custos da refeição.

O método foi analisado por meio da qualidade da solução em relação a proposta metodológica, assim, o modelo foi aplicado por 10 dias para a geração de refeições e obteve-se grande variabilidade de alimentos, atendendo as necessidades nutricionais, o que garante a adaptabilidade do modelo em cenários distintos por meio da adequação das restrições impostas.

O E04 implementa a ferramenta Nutri (*Soluções inteligentes em nutrição*), que utiliza heurísticas para solucionar o problema de planejamento de cardápios. Na execução destas heurísticas, utiliza-se da técnica de máquina de estados finitos, onde os estados são compostos por regras que determinam a seleção de alimentos das refeições, estas regras se referem, por exemplo, ao horário da refeição, às preferências do usuário e às restrições impostas pelo nutricionista. Com base nisso, a preparação da refeição é feita pela adequação aos nutrientes e aos valores energéticos, garantindo planos alimentares satisfatórios.

A avaliação do método foi realizada por meio da análise da qualidade da solução gerada pela ferramenta, dessa forma, comprovou-se um nível de concordância de 89,7% pelos nutricionistas, em relação aos itens inclusos no planejamento de geração de cardápios.

O E06 avalia o desempenho de um algoritmo evolutivo desenvolvido para resolver o problema em questão. Primeiramente, considera-se a configuração dos parâmetros do algoritmo, e posteriormente, realiza-se a comparação com outros algoritmos conhecidos. Os algoritmos evolutivos presentes no estudo podem ser subdivididos em: baseados em decomposição, como o Algoritmo Evolutivo Multi-objetivo Baseado na Decomposição (MOEA/D), ou baseados em otimização de Pareto, como o Algoritmo Genético de Classificação Não-Dominado II (NSGA II) e o Algoritmo “*Strength Pareto Evolutionary*” (SPEA-2).

O MOEA/D decompõe um problema de otimização multi-objetivo em subproblemas de otimização escalar, para posteriormente otimizá-los. Assim, usa-se a Abordagem *Tchebycheff* para decompor um MOOP (*Multi-Objective Optimisation Problems*).

Essa é representada por Díaz et al. (2019) pela seguinte definição: “ $\min g^{te}(x|\lambda, z^*) = \max_{i=1}^m \{\lambda_i |f_i(x) - z_i^*|\}$ ”. Onde $z^* = (z_1^*, \dots, z_m^*)$ é o ponto de referência com as melhores soluções encontradas até agora para cada subproblema; $\lambda_i = (\lambda_{i,1}, \dots, \lambda_{i,m})$ é um vetor de peso distribuído uniformemente para cada subproblema i ; $F(x) = (f_1(x), \dots, f_m(x))$ é um vetor de m funções objetivo e x são variáveis de decisão. Ademais, g^{te} é a distância euclidiana de z^* para x .

O algoritmo conta com os seguintes passos:

1. Define-se um MOOP, o tamanho da população, um critério de parada e o número de vizinhos para cada região;
2. O número de subproblemas são respectivos aos objetivos do MOOP;
3. Geração de n vetores de peso;
4. Cálculo da distância euclidiana para geração de vizinhança;
5. Geração de uma população aleatória inicial;
6. Cálculo do ponto de referência z^* ;
7. Até que o critério de parada não seja satisfeito, são realizadas as etapas de reprodução, melhora, atualização z^* e atualização dos vizinhos, para cada indivíduo.

No fim, o algoritmo retorna os pontos de frente de Pareto encontrados.

O NSGA II apresenta uma melhoria, em relação ao seu predecessor ($O(MN^3)$), no que se refere à complexidade, tendo em vista que o mesmo possui complexidade $O(MN^2)$, onde M

é o número de objetivos e N o tamanho da população. O algoritmo considera, para cada solução P , a contagem de soluções que domina P (n_p) e as que são dominadas pela solução P (S_p). Após isso, são utilizadas as seguintes etapas para identificar as Frentes de Pareto: (I) O ponto P com n_p igual a 0, pertence à Frente de Pareto atual; (II) Para cada P pertencente à frente de Pareto atual, reduza a contagem de dominância desses pontos presente em S_p em 1; (III) Os passos (I) e (II) são repetidos até que todas as soluções sejam atribuídas.

O SPEA-2 se apresenta como uma evolução do SPEA. A base dos dois algoritmos é a utilização de uma população padrão e uma população externa. O algoritmo propõe a criação de uma população inicial aleatória de tamanho n e um arquivo de indivíduos não dominados. Nos casos em que o tamanho do arquivo ultrapasse seu limite, novos indivíduos do arquivo são excluídos, preservando os pontos da curva de Pareto. Assim, há avaliação dos indivíduos da população padrão, bem como dos elementos da população externa e um valor de aptidão é atribuído a cada um deles. Com base na fase de cruzamento, com a seleção dos pais, novos descendentes são gerados e há substituição da população antiga.

A avaliação dos algoritmos é feita pela análise da qualidade das soluções geradas para o problema de planejamento de menus, dessa forma, concluiu-se que o NSGA-II supera SPEA-2 e MOEA/D significativamente. Uma vez que a versão desenvolvida do algoritmo MOEA/D não obteve soluções de qualidade, quando comparada aos outros. Além disso, conforme a avaliação realizada, o tamanho da população e o tamanho da vizinhança não promove grande divergência na performance do MOEA/D.

Os estudos E07, E09, E10 e E11 propõem adaptações de algoritmos genéticos (AG's) para cada variante do problema de geração de cardápios. Sua estrutura sugere a geração de populações, onde cada indivíduo contém dados relevantes na modelagem do problema, como por exemplo, os limites respectivos às restrições impostas e os valores a serem maximizados e minimizados, de acordo com os objetivos propostos. Além disso, os mesmos são submetidos a ação dos parâmetros e operadores de seleção, mutação e cruzamento que influenciam no desempenho do algoritmo.

O E07 desenvolve um sistema (ProDieta) utilizando algoritmos genéticos para propor soluções em um tempo aceitável, por meio de uma tabela de alimentos disposta em medidas caseiras. Na geração de cardápios, devem ser cadastrados por nutricionistas, dados que influenciam diretamente na escolha de alimentos e conseqüentemente nos objetivos a serem alcançados.

Dessa forma, o AG cria uma população inicial aleatória, onde cada elemento é sorteado de um grupo de alimentos diferente. Após isso, os indivíduos são classificados e avaliados conforme as funções de aptidão de cada grupo (refeições pequenas ou grandes). Com base nisso, o AG verifica os indivíduos e caso algum atenda aos requisitos propostos, o indivíduo é apresentado como resultado final. Caso contrário, é iniciado o processo de seleção dos indivíduos para os procedimentos de cruzamento e mutação.

A definição dos melhores parâmetros para o algoritmo é realizada através de experimentos preliminares. O estudo propõe a avaliação do Pró-Dieta, por meio de categorias de características de qualidade de software. O sistema foi avaliado por um grupo de profissionais da área de nutrição, composto por dezesseis técnicos em nutrição e dietética e uma nutricionista. Cada representante do grupo avaliador recebeu um formulário com 15 perguntas, distribuídas em sete tópicos.

De acordo com a avaliação de cada tópico, têm-se:

- Funcionalidade: 90% muito satisfeitos, 10% satisfeitos e 0% insatisfeitos;
- Usabilidade: 90% muito satisfeitos, 10% satisfeitos e 0% insatisfeitos;
- Confiabilidade: 83,33% muito satisfeitos, 16,67% satisfeitos e 0% insatisfeitos;
- Eficiência: 91,67% muito satisfeitos, 8,33% satisfeitos e 0% insatisfeitos;
- Portabilidade: 83,33% muito satisfeitos, 16,67% satisfeitos e 0% insatisfeitos;
- Importância geral do sistema: 100% muito satisfeitos, 0% satisfeitos e 0% insatisfeitos;
- Avaliação de desempenho: 50% consideram que, para utilização do software, é necessário ser muito experiente; outros 50% que é necessário ter um nível intermediário de experiência; e 0% considera que um usuário sem experiência poderia utilizar o software.

O E09 utilizou o algoritmo genético NSGA-II (do inglês: *Nondominated Sorting Genetic Algorithm II*), por meio de uma abordagem com otimização combinatória multiobjetivo. Este algoritmo considera o *Fast Non-Dominated Sorting*, que utiliza o conceito de dominância de indivíduos e o *Crowding Distance*.

A metodologia utilizada pelo algoritmo calcula a densidade de soluções próximas de uma solução específica, efetuando o cálculo da aptidão para cada uma das funções objetivo. Em seguida, seleciona os indivíduos igualmente ótimos

presentes na mesma faixa de dominância e atribui a distância absoluta, normalizada, com a diferença dos valores entre duas soluções adjacentes. (SILVA et al., 2019)

Segundo Deb et al. (2002 apud SILVA et al., 2019), o *Crowding Distance* realiza o cálculo de forma pareada para todos os objetivos. Desta forma, o algoritmo soma as distâncias individuais correspondentes.

O algoritmo se apresenta com grande adaptabilidade conforme os parâmetros escolhidos. Para o estudo, os valores que apresentaram melhores desempenho foram: o tamanho da população igual a 100, a probabilidade de cruzamento igual a 0,6, a probabilidade de mutação equivalente a 0,3% e o número de gerações estabelecido por 50, com custo temporal médio de quinze minutos para cada cardápio otimizado.

A análise da metodologia adotada foi realizada por meio da avaliação da qualidade das soluções geradas pelo algoritmo, em relação ao tempo computacional gasto e ao atendimento dos objetivos estabelecidos, dessa forma, os resultados foram satisfatórios, por demonstrarem a possibilidade de otimização de refeições, mantendo diversidade, sabor e qualidade nutricional.

O E10 propõe uma abordagem evolutiva, por meio da aplicação de algumas técnicas de Inteligência Computacional para geração automática de menus. Para isso, um algoritmo genético foi desenvolvido. A população inicial do método é gerada aleatoriamente e mesclada com soluções geradas por outras heurísticas. As restrições do problema são abordadas em forma de penalização. Neste sentido, as restrições de cor e consistência são modeladas usando uma função linear, enquanto a restrição de variedade é modelada usando uma função quadrática, visando gerar um fator de penalidade mais alto para variedade. Assim, as funções são anexadas à função de custo.

Os resultados foram analisados por meio do tempo computacional gasto pelo algoritmo proposto e pela qualidade das soluções geradas, dessa forma, foi obtido em 60 segundos um cardápio barato, que cumpre as restrições impostas pelas autoridades brasileiras.

No E11, é apresentado o sistema CardNutri, implementado para atender nutricionistas na geração de cardápios automaticamente. A metodologia utilizada pelo sistema se deu por Algoritmo Genético, com população inicial aleatória, onde os valores representam os alimentos contidos no planejamento. Aqui, os operadores genéticos são definidos da seguinte forma:

- Seleção: seleção de torneio em que dois indivíduos são escolhidos e, aquele com o melhor valor de função, é selecionado.

- *Crossover*: realizado dentro de cada tipo de refeição. Considerando o cruzamento de café da manhã e lanche, o ponto de corte varia de 1 a 3 e, no almoço, os pontos de corte variam de 1 a 7. Assim, novos indivíduos são gerados preservando a herança genética de seus pais.
- *Mutação*: a mutação escolhe um dia aleatório do cardápio, e para cada refeição deste dia específico, também escolhe aleatoriamente um preparo a ser trocado por outro do mesmo tipo.

As restrições são tratadas de forma equivalente ao E10. O *software* gera as soluções, que se referem a um conjunto de menus, em um curto período de tempo. A partir disto, o nutricionista deve escolher o melhor para seu objetivo. A resolução do problema é feita por soma ponderada dos pesos discretizados no intervalo entre 0 e 1, para cada peso, o algoritmo genético é executado 30 vezes. Como parâmetros para o AG têm-se: tamanho da população igual a 100, número de iterações igual a 1.000 iterações, taxa de *crossover* equivalente a 80%, e taxa de mutação igual a 5%, estabelecidos para três refeições diárias durante 5 dias.

Os resultados obtidos pelo estudo consideraram a qualidade das soluções geradas e a qualidade do software, em relação as características de usabilidade e adequabilidade. Dessa forma, pode-se afirmar que não houve grande divergência em relação aos limites estabelecidos, no que se refere ao erro nutricional e ao custo financeiro. Assim, apesar das deficiências de usabilidade do sistema, os cardápios gerados atendem as restrições impostas, por meio de combinações acessíveis e saudáveis.

No E13, é proposto um método inteligente que conta com a otimização de combinações de alimentos da preferência do usuário, por meio de um algoritmo baseado em grafos de receitas para o problema de planejamento do cardápio.

Para garantir a variabilidade de menus, tendo em vista que as receitas são feitas por usuários de forma manual, é desenvolvido um elemento de identificação de equivalência de receitas, por meio da similaridade de Jaccard, que segundo Kuo et al. (2012), define “ $J(S_x, S_y) = |S_x \cap S_y| / |S_x \cup S_y|$. Os valores de x e y representam as receitas e seus respectivos conjuntos de ingredientes, $S(x)$ e $S(y)$. Caso $J(S(x), S(y))$ seja maior que o limite pré-definido, dado por 0,5, x e y são considerados equivalentes.”

O grafo de receitas construído é composto por onze nós, que representam cada receita específica. Caso duas receitas estejam presentes no mesmo menu, elas são interligadas por uma

aresta, que possui um custo associado. Quanto mais adequado o conjunto de receitas presente no menu, menor os custos relacionados a cada aresta.

O processo de avaliação experimental considera a qualidade das soluções geradas e consiste em duas partes. O primeiro experimento visa entender a relação entre o tamanho do cardápio e a qualidade do cardápio. Já o segundo, busca relacionar o número de ingredientes especificados pelo usuário com a qualidade do cardápio. Os resultados foram satisfatórios e apontaram que o método proposto recomenda bons conjuntos de receitas, quando analisados em comparação com a geração de menus manual.

O E14 utiliza a otimização de enxame de partículas (PSO) com adição de um coeficiente de contração, que auxilia na convergência do algoritmo. O método consiste em uma metaheurística baseada em população, utilizando operadores genéticos para melhorar a qualidade da solução e, conseqüentemente, otimizar os resultados, dando origem ao PSO com operadores genéticos (PSOwGO).

O processo de execução do algoritmo é equivalente a aplicação dos métodos de seleção, *crossover* e mutação, que possuem princípios básicos de algoritmos genéticos adaptados.

Para análise dos resultados houve a comparação do algoritmo base PSO ao PSOwGO, em relação a qualidade das soluções geradas. Pode-se afirmar que o segundo foi capaz de encontrar soluções melhores, devido a sua capacidade de evoluir a qualidade da solução e gerar planos de dieta que adotem a variabilidade, satisfazendo as restrições especificadas.

O último trabalho a ser considerado por aplicar a metodologia de heurísticas, se refere ao E20. Este utiliza o *Teacher-forced REINFORCE algorithm*, que combina a tradução automática neural (NMT) e o aprendizado de reforço (RT) para gerar dietas nutritivas. O algoritmo aborda o problema como uma sequência controlável e assim obtém uma técnica de tradução automática responsável por gerar uma dieta. Neste processo, o NMT é responsável por capturar padrões implícitos, codificando uma sequência de origem e um recurso latente, que é decomposto em uma sequência alvo por meio de um codificador-decodificador. O RL controla o NMT por meio de uma restrição explícita.

Portanto, ao adotar o aprendizado de máquina no problema de planejamento de dietas, a pesquisa atual desenvolve uma solução benéfica, que quando comparada aos métodos de otimização combinatória tradicional e outras abordagens modernas, valida-se com vantagem, no que se refere a qualidade das soluções geradas.

Na Tabela 4.2 é listada a síntese das informações descritas na seção 4.1. A primeira coluna da tabela apresenta o código de identificação do estudo. A segunda coluna apresenta a referência do estudo e a terceira, a síntese dos algoritmos heurísticos adotados como método de solução para o problema.

Tabela 4.2 – Síntese acerca das heurísticas utilizadas nos estudos primários

Estudo	Referência	Comentário
E03	(SPAK et al., 2017).	Algoritmo de seleção não repetitiva de alimentos com base em preferência alimentar.
E04	(COELHO, 2018).	Implementação da ferramenta Nutri por meio de heurísticas baseadas em máquinas de estados finitos.
E06	(DÍAZ et al., 2019).	Implementação de um algoritmo evolutivo.
E07	(GOMES et al., 2012).	Adaptação de um algoritmo genético no sistema (ProDieta).
E09	(SILVA et al., 2019).	Algoritmo genético NSGA-II com abordagem em otimização combinatória multiobjetivo.
E10	(MOREIRA et al., 2018).	Aplicação de um algoritmo genético.
E11	(MOREIRA et al., 2018).	Adaptação de um algoritmo genético no sistema CardNutri.
E13	(KUO et al., 2012).	Algoritmo baseado em grafos de receitas.
E14	(PORRAS; FAJARDO; MEDINA, 2019).	Implementação de um algoritmo de otimização de enxame de partículas (PSO) com coeficiente de restrição.
E20	(LEE et al., 2021).	<i>Teacher-forced REINFORCE algorithm</i> , que combina tradução automática neural (NMT) e o aprendizado de reforço (RT).

Fonte: A autora

É importante salientar a quantidade de estudos que realizam a aplicação de algoritmos genéticos para resolução do problema de geração de cardápios. Dentre os estudos que utilizam algoritmos heurísticos, os estudos E07, E09, E10 e E11 adotam a técnica e, em sua maioria, apresentam resultados positivos, no que se refere a qualidade da solução gerada, com base na análise dos fatores de variabilidade e adaptabilidade. Isto se deve ao fato da metodologia de algoritmos genéticos propor a codificação das soluções e estabelecer parâmetros de maneira que se obtenha um melhor desempenho através de um certo número de populações e suas consecutivas gerações. Dessa forma, o algoritmo genético propõe a constituição de soluções diversificadas, otimizando os resultados por meio das etapas de seleção, *crossover* e mutação.

4.2 Resposta Q2

Em relação a questão de pesquisa **Q2** (“**A maioria dos artigos que abordam problemas de geração de cardápios encontram soluções via resolução de modelos matemáticos?**”), apenas os estudos primários E01, E02, E03, E05, E07, E12, E16 e E18 apresentam a modelagem matemática como um método para resolução do problema.

O E01 apresenta dois modelos matemáticos para atuar na resolução do problema. O primeiro visa minimizar o custo total do cardápio por meio da programação linear inteira, enquanto o segundo busca minimizar o erro nutricional, respeitando as restrições impostas, com base na programação linear inteira mista.

A primeira modelagem utiliza a formulação binária, considerando que a unidade de alimentação a ser abordada necessitará de cardápios que atendam requisitos como cores, texturas, composição, variedade e custo. Segundo Silva (2019), a mesma é composta pela seguinte variável binária: “ X_{prd} é igual a 1, se o preparo p está na refeição r no dia d ; 0, caso contrário”.

A segunda modelagem considera que a unidade terá um orçamento de custos definido. Portanto, além dos objetivos descritos na primeira formulação, este possui as variáveis de modelo distintas e visa atender restrições como limites mínimos e máximos dos nutrientes, e custo máximo do cardápio. As variáveis de folga são utilizadas como penalidade na função objetivo para o não cumprimento do limite de nutrientes estipulado. A segunda modelagem apresenta as seguintes variáveis de modelo:

X_{prd} binária, igual a 1 se o preparo p está na refeição r no dia d ; 0, caso contrário;

$fMin_{nd}$, variável contínua que representa a quantidade faltante do nutriente n no dia d ;

$fMax_{nd}$, variável contínua que representa a quantidade excedida do nutriente n no dia d . (SILVA, 2019).

O E02 se baseou nos modelos matemáticos de dieta de (SPAK et al., 2017) e (DE-LINSKI, 2019) para formulação de um modelo matemático multiobjetivo considerando preferências alimentares, a ser aplicado na geração de cardápios para estudantes portugueses. O modelo implementado considera os tipos de alimentos, suas características nutricionais, as recomendações nutricionais para a faixa etária em questão, as preferências alimentares e os custos envolvidos. O *software* Lindo Lingo, versão 17.0, foi utilizado e alimentado por uma planilha do Microsoft Excel, contendo dados importantes para a resolução do problema.

O E03 desenvolve uma modelagem matemática de otimização do problema por meio da programação linear inteira (PLI). O modelo considera, de forma semelhante ao estudo anterior, os tipos de alimentos, suas características nutricionais, o tamanho das porções de alimentos, as recomendações nutricionais para a faixa etária em questão e os custos dos alimentos. São utilizadas as recomendações nutricionais americanas da DRI (*Dietary Reference Intakes*).

O E05 abordou dois artigos. O primeiro promove a avaliação de modelos quantitativos para obter o melhor na resolução do problema, enquanto o segundo propõe a construção de um modelo, por meio do *software* de simulação Promodel. Os modelos matemáticos *naive* (ingênuo); média móvel; *holt*; *holt-winters*; ARIMA e método sazonal aditivo são descritos no estudo e analisados por meio das suas equações. Dessa forma, com base nas previsões realizadas nos modelos *naive* e média móvel, constatou-se que o método multiplicativo *holt-winters* obteve menor valor MAPE (Erro Percentual Absoluto Médio).

No segundo artigo do estudo, o modelo construído é validado por especialistas, com base na inserção de dados no sistema para verificar a sua adequação. Além disso, ocorre a simulação da aplicação do modelo em diversos cenários, considerando a observação de aspectos que deveriam ser otimizados, como tempo de espera, tamanho de filas, taxa de ocupação do ambiente e custos.

No E07, utiliza-se um método híbrido de algoritmo genético e um modelo linear. A formulação matemática linear inteira descreve funções de aptidão que asseguram uma aplicação de sucesso do algoritmo genético, por meio da avaliação dos indivíduos da população, considerando os grupos de pequenas e grandes refeições. Quanto menor o erro calórico, mais qualificado o indivíduo é considerado.

Para o grupo de pequenas refeições:

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

Para o grupo das grandes refeições, têm-se:

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

Em que:

- *ER* (Erro Calórico): Diferença entre a quantidade de calorias necessárias e as geradas pelo cardápio sugerido. Ainda são acrescentadas restrições referentes a variação de cores e textura não atendidas.

- *pts*: quantidade de proteínas encontradas na refeição *i*.
- *cbs*: quantidade de carboidratos encontrados na refeição *i*.
- *lps*: quantidade de lipídios encontrados na refeição *i*.
- *ptn*: quantidade de proteínas necessárias ao paciente nesta refeição *i*.
- *cbn*: quantidade de carboidratos necessários ao paciente nesta refeição *i*.
- *lbn*: quantidade de lipídeos necessários ao paciente nesta refeição *i*.
- *rt*: restrição a falta de equilíbrio da textura.
- *rc*: restrição a falta de variedade das cores.

(GOMES et al., 2012)

O E12 destaca, como método para resolução do problema de geração de cardápios, a transformação do problema multiobjetivo em um problema mono-objetivo, utilizando o método de escalarização linear e o resolvendo por meio de um algoritmo genético.

No E16, é formulado um modelo que visa minimizar os custos do governo com a alimentação de internatos e maximizar o valor nutricional e a variedade de alimentos. O modelo é baseado na programação inteira e conforme a formulação disposta no estudo, utiliza-se 10 tipos de alimentos diferentes, que combinados formam 426 pratos. Desta forma, têm-se 426 variáveis binárias (x_i), em que $i = 1, 2, \dots, 426$. Cada tipo de alimento possui a quantidade de vezes que o mesmo é requerido por dia. Por exemplo, os pratos dentre a variação: $x_{37} - x_{85}$, que representam os tipos de alimentos a base de farinha de cereais, são requeridos uma vez por dia. Isto, tendo em vista que, conforme o número de alimentos necessários por dia, estabelecido nos requisitos da RDA da Malásia, precisa-se de 18 pratos de 10 tipos de alimentos. Logo, em uma semana, têm-se de 126 pratos, selecionados dos 426 que foram acessíveis.

No mesmo contexto, o E18 também apresenta a formulação de uma modelagem baseada na programação inteira. Porém, este é voltado para o desenvolvimento de dietas diabéticas. A resolução do problema se dá no Excel VBA (*Virtual Basic for Applications*), por meio da combinação de elementos que satisfazem as necessidades e restrições impostas.

Na Tabela 4.3 é listada a síntese das informações descritas na seção 4.2. A primeira coluna da tabela apresenta o código de identificação do estudo. A segunda coluna apresenta a referência do estudo e a terceira, a síntese dos modelos matemáticos adotados como método de solução para o problema.

Tabela 4.3 – Síntese acerca dos modelos matemáticos utilizados nos estudos primários

Estudo	Referência	Comentário
E01	(SILVA, 2019).	Modelo 1: formulação linear inteira; Modelo 2: formulação linear inteira mista.
E02	(MICENE et al., 2019).	Modelo matemático multiobjetivo; inspirado nos estudos de Spak et al. (2017) e Delinski (2019).
E03	(SPAK et al., 2017).	Formulação linear inteira (PLI).
E05	(RIBEIRO, 2017).	Avaliação de modelos quantitativos; modelo matemático; software de simulação Promodel.
E07	(GOMES et al., 2012).	Formulação matemática linear inteira; aplicação em um algoritmo genético.
E12	(MOREIRA et al., 2017).	Transformação de uma formulação multiobjetivo em um problema mono-objetivo; esca- larização linear.
E16	(SUFAHANI; ISMAIL, 2014).	Modelo matemático linear inteiro.
E18	(SAPRI et al., 2019).	Modelo matemático linear inteiro.

Fonte: A autora

Com base na leitura integral dos estudos primários que propõem a modelagem matemática como solução para o problema, é possível perceber que todos apresentam seus resultados pautados no atendimento dos requisitos propostos. A modelagem matemática auxilia neste processo, por propor a simplificação do problema e facilitar sua adaptação em diferentes cenários. Além disso, a maior parte dos estudos, codificados por E01, E03, E07, E16 e E18, apresentam formulação linear inteira, destes, destaca-se o estudo 16 que propõe o desenvolvimento de um modelo matemático de planejamento alimentar e por meio de sua resolução, utilizando a ferramenta Matlab, apresenta uma solução mais satisfatória em comparação com outros métodos heurísticos, inclusive Algoritmos Genéticos. Isso aponta para um interessante *gap* de pesquisa a ser explorado.

4.3 Resposta Q3

Sobre a questão (Q3: “Quais são as principais restrições presentes em problemas de geração de cardápios?”), com exceção do E13, todos os estudos primários abordaram restrições. O E01 define dois modelos matemáticos. Para o primeiro, são consideradas as seguintes restrições:

- Integridade da composição de refeições: garante que a composição das refeições abranja os tipos de preparos obrigatórios.

- Máximo de cores em uma mesma refeição: as refeições devem ter um número máximo de cores que se repetem, considerando os preparos servidos.
- Máximo de texturas em uma mesma refeição: as refeições devem ter um número máximo de texturas que se repetem, considerando os preparos servidos.
- Repetição máxima de preparos para um mesmo dia: cada preparo deve respeitar um limite máximo de repetições durante todo o planejamento.
- Repetição máxima de preparos para dias diferentes: quando se refere a J dias consecutivos, a quantidade máxima de repetição de um preparo é pré-determinada.
- Limites mínimos e máximos dos nutrientes: visando respeitar a quantidade de nutrientes necessárias para o consumo, para cada nutriente i , deve-se respeitar o limite mínimo e o limite máximo de cada um.

No que se refere ao segundo modelo, Silva (2019) acrescenta que o custo total do cardápio não pode exceder ao um custo pré-estabelecido. Além disso, a restrição de atendimento nutricional fica mais flexível, com base na alteração dos limites mínimos e máximos dos nutrientes.

O E02 utiliza as recomendações nutricionais ditadas pelas *Dietary Reference Intakes* (DRIs) como restrições. Neste sentido, tendo em vista que as DRIs consideram as necessidades nutricionais conforme faixas etárias e gêneros, o estudo aborda a faixa etária de 19 a 30 anos e considera os maiores limites inferiores das necessidades nutricionais e os menores limites superiores entre ambos os sexos.

Foram consideradas as recomendações de consumo de energia, colesterol, minerais, vitaminas e macronutrientes, com isso, houve uma adaptação dos limites nutricionais para que a refeição do almoço atendesse 40% das necessidades nutricionais diária. Dessa forma, conforme as DRIs, a quantidade de energia a ser consumida para a faixa etária em questão é 2.900 kcal para os homens e 2.200 kcal para as mulheres, assim, foi realizado um ajuste com base na média dos valores para ambos os sexos, respectiva a 2.550 kcal, o que significa que o almoço servido deveria conter 40% deste valor, que corresponde em média a 1.020 kcal.

O E03 aponta como restrições/metapas do modelo a satisfação das necessidades nutricionais diárias para universitários, o tamanho da porção de cada alimento inserido em uma categoria, a quantidade total de alimentos de uma refeição e os custos associados. Para atender

as necessidades nutricionais, o modelo também utiliza as recomendações nutricionais americanas da DRI, porém não são estabelecidas diferenças nutricionais entre sexos, tendo em vista que o restaurante universitário considerado não discrimina os gêneros. O tamanho das porções unitárias de cada alimento foi estabelecido conforme as recomendações de consumo ditadas em ANVISA (2005).

O E04 considera, além das necessidades nutricionais, as preferências alimentares, os alimentos disponíveis no país e as orientações do nutricionista para o paciente, que devem considerar a ciência da nutrição e as “Leis da Nutrição” ou “Leis da Alimentação”, que conforme Landabure (1968):

Englobam os seguintes enunciados: (i) Lei da Quantidade – o plano alimentar deve contemplar a quantidade de energia necessária para o paciente/cliente a que se destina; (ii) Lei da Qualidade – o plano alimentar deve contemplar alimentos de todos os grupos alimentares, conforme as características da refeição; (iii) Lei da Harmonia – o plano alimentar deve apresentar uma relação adequada entre os componentes ingeridos, e; (iv) Lei da Adequação – o plano alimentar deve ser adequado às necessidades nutricionais (ciclo de vida), atividade física e estado de saúde.

No E05, que considera dois estudos, apenas o segundo estabelece restrições. Estas adotam métricas como tempo de espera dos usuários, tamanhos das filas, percentual de ocupação do salão, custos e exequibilidade de cada cenário simulado no sistema.

O E06 combina restrições relacionadas ao custo, com o cumprimento de exigências referentes a quantidade de repetição dos pratos e seus valores nutricionais. No que se refere ao E07, esse considera a geração de dietas saudáveis, que promovam refeições com variedade em cores e texturas.

Considerando uma nova perspectiva, o E08 propõe a realização de cardápios, por meio do sistema Sigecard, que cumpram as exigências nutricionais e de qualidade do PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar). Essa iniciativa garante que as dietas sejam formuladas por nutricionistas e conta com a definição de restrições alimentares e referências nutricionais que devem ser atingidas na alimentação escolar, segundo as normas citadas em FNDE (2013).

O E09 considera em seu modelo restrições que se baseiam em qualidade nutricional, harmonia e cobertura.

- Qualidade nutricional: O cardápio respeita os valores nutricionais recomendados pela OMS;

- Harmonia: Gera uma combinação de alimentos que produzem uma boa sensação em conjunto;
- Cobertura: O cardápio é composto pelos ingredientes disponibilizados.

O E10 leva em consideração as especificidades ditadas pelo governo brasileiro e descrevem como as restrições qualitativas:

- Cor: são definidas quatro cores para compor o almoço, buscando alcançar altos níveis de vitaminas. Portanto, têm-se: amarelo; vermelho; verde; e castanho. O número de repetições de cores em uma preparação deve ser menor ou igual a 2.
- Consistência: O trabalho define duas categorias de texturas (líquido/pastoso e semi-sólido/sólido), e garante que apenas um tipo de preparação seja líquida/pastosa.
- Variedade: Para garantir a variedade nas refeições, o número de repetições de preparos em refeições de um mesmo dia e em dias distintos são analisadas. Por exemplo, no que se refere ao mesmo dia, para os lanches, consideram-se: cereais; bebida; e fruta. Para dias diferentes, uma preparação no almoço pode ser fornecida apenas uma vez por semana e preparações como arroz, feijão, sobremesa e suco, podem ser fornecidas apenas duas vezes por semana.
- Limite de custo: O custo total do cardápio deve ser menor que o valor pré-definido pelo governo.
- Limites inferior e superior dos macronutrientes: Os valores de macronutrientes devem estar dentro dos limites estabelecidos pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), órgão da OMS (Organização Mundial da Saúde).

O E11 considera as restrições equivalentes às listadas pelo Estudo 10. Assim, são adotados os princípios do PNAE, como cor, consistência e variedade, bem como o limite de custo de cada refeição e o limite de erro nutricional. A cor, consistência e variedade estão relacionadas à função de erro nutricional, e a restrição de limite de custo está relacionada à função de custo.

O E12 restringe o custo total e o erro nutricional de acordo com a referência brasileira. Tal abordagem atende aos requisitos do governo brasileiro, por considerar a faixa etária de

alunos, a categoria escolar, o tempo de duração da escola, a localização da escola e a variedade, harmonia e custo máximo de cada refeição.

No E13 não são descritas restrições.

Em relação ao E14, são definidas restrições referentes a energia, quantidade de macronutrientes e micronutrientes, e proporção de grupos de alimentos apropriados. Onde, a energia total requerida por um dia para um indivíduo é calculada com base no seu peso e a proporção correta de grupos de alimentos está ligada ao atendimento das calorias totais necessárias e a satisfação de diferentes nutrientes.

No E15, para a formulação padrão do planejamento alimentar com programação por metas, visando minimizar os desvios ao longo dos dias da semana, utiliza-se como restrições:

- A satisfação das metas impostas para quatro nutrientes (proteína, energia, sódio e potássio);
- A escolha, em cada período do dia, de uma receita de cada tipo (café da manhã, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde ou jantar), conforme o nível de nutrientes e sua quantidade recomendada no dia;
- A quantidade de cada receita incluída em cada período deve situar-se entre 100 e 200 gramas.

O E16 considera, entre suas restrições, os custos, o orçamento fornecido pelo governo e as moderações realizadas pela RDA (*Disabled Association Malaysia*) para jovens de 13 a 18 anos. Como restrições diárias, são definidos os valores limites para cada nutriente, exceto para proteína, vitamina B1 e B2. Estes contam somente com valores de limite inferior.

O E17 se atentou a parâmetros como qualidade, variedade e disponibilidade da dieta. Nesse sentido, são pautadas como restrições:

- Restrição nutricional: determina um limite inferior e superior entre a diferença do *j*-ésimo elemento de nutrição e DRI. As restrições nutricionais são variáveis conforme haja alteração em fatores pessoais ou de saúde.
- Restrição de diversidade: é estabelecido um limite superior para a quantidade de cada variável alimentar da mesma categoria alimentar.
- Restrição de local: considera a disponibilidade do alimento em torno da localização do usuário.

O E18 tem como objetivo minimizar o custo total de gastos com alimentação em uma quantidade de dias. Com isso, aborda-se como restrições, as limitações superiores e/ou inferiores das necessidades de nutrientes para determinado tipo refeição e a disponibilidade e variedade diária de alimentos no menu.

O E19 destaca suas restrições baseadas na importância do estabelecimento de porções alimentares adequadas, no que se refere ao tamanho e teores nutricionais. As taxas de ingestão diária de calorias e nutrientes, como proteínas, carboidratos, gorduras, cálcio e ferro, para a faixa etária infantil, são estabelecidas no estudo, considerando itens alimentares consumidos em horários diferentes, como em bebidas matinais, café da manhã, almoço, lanche da noite, jantar, entre outros.

No E20 as restrições devem ser definidas por humanos, com base nas especificações de soluções viáveis. Conforme o exemplo citado em Lee et al. (2021), de acordo com o conjunto de dados utilizado, uma dieta é definida como um vetor que contém no máximo 14 posições, preenchidas por itens do cardápio. As outras restrições abordadas foram especificadas manualmente para o *solver Cbc* utilizado para cobrir questões como nutrição e composição do cardápio.

Na Tabela 4.4 é listada a síntese das informações descritas na seção 4.3. A primeira coluna da tabela apresenta o código de identificação do estudo. A segunda coluna apresenta a referência do estudo e a terceira, a síntese das restrições adotadas nos estudos primários.

Tabela 4.4 – Síntese acerca das restrições utilizadas nos estudos primários

Estudo	Referência	Comentário
E01	(SILVA, 2019)	R1, R2, R3, R4, R6 e R8
E02	(MICENE et al., 2019)	R9, R10 e R11
E03	(SPAK et al., 2017)	R8, R12, R13 e R14
E04	(COELHO, 2018)	R12, R15, R16 e R17
E05	(RIBEIRO, 2017)	R18, R19, R20, R8 e R21
E06	(DÍAZ et al., 2019)	R8, R4 e R6
E07	(GOMES et al., 2012)	R2 e R3
E08	(SOUZA, 2020)	R5
E09	(SILVA et al., 2019)	R22, R23 e R6
E10	(MOREIRA et al., 2018)	R2, R3, R4, R8 e R6
E11	(MOREIRA et al., 2018)	R2, R3, R4, R8 e R6
E12	(MOREIRA et al., 2017)	R8, R10, R24, R25, R26, R4 e R22
E14	(PORRAS; FAJARDO; MEDINA, 2019)	R12, R6 e R13
E15	(JRIDI; JERBI; KAMOUN, 2018)	R6, R13 e R4
E16	(SUF AHANI; ISMAIL, 2014)	R8, R7, R12 e R6
E17	(HSIAO; CHANG, 2010)	R6, R4 e R26
E18	(SAPRI et al., 2019)	R8, R16 e R4
E19	(KALE; AUTI, 2015)	R13 e R6
E20	(LEE et al., 2021)	R1 e R12

Fonte: A autora

As restrições apresentadas na Tabela 4.4 são descritas na Tabela 4.5 abaixo.

Tabela 4.5 – Descrição das restrições listadas pela Tabela 4.4

Código	Restrição
R1	Integridade da composição das refeições
R2	Máximo de cores em uma mesma refeição
R3	Máximo de texturas em uma mesma refeição
R4	Repetição de preparos
R5	Conformidade com as exigências e diretrizes do PNAE
R6	Limites mínimos e máximos dos nutrientes
R7	Moderações realizadas pela RDA (<i>Disabled Association Malaysia</i>)
R8	Custo máximo do cardápio
R9	Recomendações nutricionais segundo as <i>Dietary Reference Intakes</i> (DRIs)
R10	Faixa etária
R11	Gênero
R12	Necessidades nutricionais
R13	Tamanho da porção de cada alimento
R14	Quantidade total de alimentos
R15	Preferências alimentares
R16	Disponibilidade de alimento
R17	Orientações do nutricionista
R18	Tempo de espera
R19	Tamanho das filas
R20	Percentual de ocupação do espaço
R21	Exequibilidade de cada cenário testado
R22	Harmonia
R23	Cobertura
R24	Erro nutricional de acordo com a referência brasileira
R25	Categoria escolar
R26	Localização

Fonte: A autora

Com base na análise das tabelas acima, é possível afirmar que a restrição mais adotada pelos estudos primários é a R6, respectiva à definição de limites mínimos e máximos dos nutrientes, presente nos estudos E01, E06, E09, E10, E11, E14, E15, E16, E17 e E18. A restrição, geralmente, se refere ao estabelecimento da quantidade de nutrientes que deve estar presente na refeição ou cardápio e é adaptada conforme as necessidades de cada contexto.

4.4 Resposta Q4

Para a questão Q4 (“Quais são as principais funções objetivo utilizadas nos artigos abordados neste estudo?”), apenas os estudos primários E04, E07, E08 e E19 não apresentam funções objetivo. O E01 define em seu primeiro modelo a minimização dos custos totais rela-

tivos ao cardápio, e no segundo modelo há o propósito de minimização do erro nutricional do cardápio.

Em contrapartida, o E02 considera como funções objetivo a maximização da preferência do usuário, a minimização de custo e a minimização do colesterol ingerido. Os estudos E03 e E06, seguindo a mesma linha, apresentam como foco a minimização de custos do cardápio. Além disso, o trabalho 06 acrescenta a minimização da repetição de pratos e grupos de alimentos que compõem o cardápio.

O E05 é composto por dois artigos. O primeiro cita o ajuste da política de solicitação de pedidos, como forma de minimizar estoques e garantir a geração do número de refeições necessárias. Já o segundo artigo visa a melhora no fluxo de usuários, minimização dos tamanhos de filas e tempos de espera.

O E09 considera funções objetivo respectivas à cobertura de ingredientes, qualidade nutricional e harmonia. A primeira, considera a razão entre os ingredientes disponíveis e os necessários para t porções.

A segunda, considera a variável $dist_n(m)$ para representar a distância entre o valor nutricional adequado e o presente no menu para cada nutriente $n \in N$, onde $m \in M$ se refere ao conjunto de receitas, em que cada receita pertence a uma categoria diferente, por exemplo, prato principal, suco ou sobremesa. Caso os valores nutricionais reais estejam dentro do intervalo de referência máximo e mínimo, a função deverá retornar zero, caso não, retornará o erro nutricional entre 0 e 1. Neste sentido, a maximização da qualidade nutricional de uma refeição é inversamente proporcional à distância, conforme SILVA et al. (2019), “ $nut_n(m) = 1 - dist_n(m)$ ”. A terceira função objetivo, respectiva a harmonia, considera dois ingredientes harmônicos, caso eles estejam frequentemente elencados juntos, para receitas diversas.

O E10 propõe a minimização dos custos diários relativos ao cardápio formulado para cinco dias. Essa formulação envolve a consideração das restrições quantitativas e qualitativas citadas na subseção anterior.

No E11, há a definição do problema inicialmente como bi-objetivo e, posteriormente, sua transformação em mono-objetivo por meio do método de média aritmética ponderada e pela aplicação de Algoritmos Genéticos. A primeira função objetivo visa minimizar o erro nutricional. O cálculo do mesmo é realizado por meio da comparação entre a soma dos nutrientes do planejamento e a soma da referência definida pelo PNAE. Ademais, a segunda função objetivo é responsável por minimizar os custos.

O E12 apresenta a mesma função bi-objetivo proposta pelo Artigo 11, que prioriza a minimização de custos e erros nutricionais. Não foram citadas funções objetivo no E13, porém, de acordo com o propósito esclarecido, pode-se afirmar que a minimização de custos e maximização da variabilidade de receitas compõem os objetivos do artigo.

O E14 coloca em prioridade o atendimento das restrições estabelecidas, visando a diminuição dos custos relativos às penalidades. Neste contexto, a função objetivo se apresenta como a diferença entre os nutrientes reais e os necessários. Logo, é inversamente proporcional a qualidade da solução.

O E15 aborda a modelagem padrão do planejamento de menu com programação por metas (GP) estática. A representação expõe a minimização dos desvios positivos e negativos da quantidade nutricional estabelecida como meta, em relação ao conjunto de nutrientes, como por exemplo: energia, proteína, potássio ou sódio. O estudo também apresenta a formulação padrão do problema com GP dinâmica, esta propõe uma relação recursiva que é recorrente a cada etapa retroativa.

No E16 são apresentados dez tipos de preparos, que podem ser combinados em 426 pratos distintos. Tendo em vista o objetivo do programa, que envolve a produção de um menu por dia, em conjunto com o orçamento diário máximo fornecido pelo governo da Malásia, o estudo busca minimizar o custo total do menu.

O E17 apresenta funções objetivo que visam o valor nutricional (I), os custos (II) e as preferências dos indivíduos (III). A primeira meta busca encontrar uma combinação de alimentos que forneça os valores nutricionais recomendados pela DRI (*Dietary Reference Intakes*). O segundo objetivo formulado, propõe a meta orçamentária, por meio da minimização do preço $p(i)$ referente ao alimento i . A última meta (III) aborda uma formulação composta pela variável $r(i)$, que apresenta a classificação do usuário em relação ao alimento i .

O E18 aborda a minimização dos custos totais gastos com a alimentação em m dias. O E20 expõe como função objetivo a maximização do número total de menus selecionados que respeitem as restrições impostas, destacadas na questão de pesquisa anterior.

Na Tabela 4.6 é listada a síntese das informações descritas na seção 4.4. A primeira coluna da tabela apresenta o código de identificação do estudo. A segunda coluna apresenta a referência do estudo e a terceira, a síntese das funções objetivo adotadas nos estudos primários.

Tabela 4.6 – Síntese acerca das funções objetivo utilizadas nos estudos primários

Estudo	Referência	Comentário
E01	(SILVA, 2019)	FO1 e FO2
E02	(MICENE et al., 2019)	FO1, FO3 e FO4
E03	(SPAK et al., 2017)	FO1
E05	(RIBEIRO, 2017)	FO6, FO7 e FO8
E06	(DÍAZ et al., 2019)	FO1 e FO5
E09	(SILVA et al., 2019)	FO9, FO10 e FO11
E10	(MOREIRA et al., 2018)	FO1
E11	(MOREIRA et al., 2018)	FO1 e FO2
E12	(MOREIRA et al., 2017)	FO1 e FO2
E13	(MOREIRA et al., 2017)	FO1 e FO12
E14	(PORRAS; FAJARDO; MEDINA, 2019)	FO10
E15	(JRIDI; JERBI; KAMOUN, 2018)	FO13
E16	(SUFAHANI; ISMAIL, 2014)	FO1
E17	(HSIAO; CHANG, 2010)	FO10, FO1, FO3
E18	(SAPRI et al., 2019)	FO1
E20	(LEE et al., 2021)	FO14

Fonte: A autora

As funções objetivo apresentadas na Tabela 4.6 são descritas na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Descrição das funções objetivo listadas pela Tabela 4.6

Código	Função Objetivo
FO1	Minimização de custos
FO2	Minimização do erro nutricional do cardápio
FO3	Maximização de preferência
FO4	Minimização do colesterol ingerido
FO5	Minimização da repetição
FO6	Minimização de estoques
FO7	Minimização do tamanho de filas
FO8	Minimização do tempo de espera
FO9	Maximização da cobertura de ingredientes
FO10	Maximização da qualidade nutricional
FO11	Maximização da harmonia entre ingredientes
FO12	Maximização da variabilidade de receitas
FO13	Minimização dos desvios positivos e negativos da quantidade nutricional
FO14	Maximização do número total de menus selecionados que respeitem as restrições impostas

Fonte: A autora

Com base na análise das tabelas acima, é notório o predomínio da função objetivo FO1, respectiva a minimização de custos, sobre o restante. A função objetivo é listada pelos estudos E01, E02, E03, E06, E10, E11, E12, E13, E16, E17 e E18.

4.5 Resposta Q5

A questão **Q5** (“**Os artigos de variantes do problema de geração de cardápios utilizam estudos de caso como foco da pesquisa?**”) apontou resultados negativos para os estudos E01, E04, E06, E09, E11, E12, E13, E14, E15, E17, E18 e E19.

No E02, para implementar uma proposta com uma nova abordagem acerca de preferências alimentares de estudantes universitários, realizou-se uma análise sobre as preferências de alunos brasileiros e portugueses. Os dados de preferências alimentares de brasileiros foram adquiridos por um estudo realizado por Spak et al. (2017), que se refere a uma pesquisa para análise de preferência alimentar de estudantes universitários brasileiros da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

Sobre os dados de preferências alimentares com estudantes portugueses, foi realizado um estudo, juntamente com o Departamento de Produção e Sistemas, na Escola de Engenharia da Universidade do Minho em Guimarães, Portugal.

O E03 oferta uma análise nutricional das refeições fornecidas no restaurante universitário da UTFPR – Campus: Ponta Grossa. A pesquisa ocorreu durante um mês do semestre de 2015 por meio de questionário online disponibilizado via plataforma Google Drive.

O E05 se caracteriza como um estudo de caso, por aplicar métodos e ferramentas da área de Engenharia de Produção, em dados pertencentes a uma universidade federal brasileira, com o objetivo de otimizar o funcionamento de seus restaurantes universitários.

O E07 expõe o desenvolvimento do sistema Pró-dieta, que apresenta como um de seus objetivos, a melhoria na qualidade das disciplinas de informática aplicadas à nutrição do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM).

O E08 se justifica pela necessidade de automatização das tarefas realizadas pelos nutricionistas e otimização do tempo, para a criação de cardápios escolares da cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo (MG). No trabalho 10, atende-se a estudantes em tempo integral de 4 a 5 anos, por meio da criação de um menu de cinco dias, que visa atender ao referencial nutricional do PNAE. Com aplicação no mesmo contexto, o trabalho 16 utiliza uma abordagem de otimização para aplicação no Ministério da Educação da Malásia.

O E20 foi implementado em um aplicativo que atende nutricionistas e pediatras, com atuação em Centros de Gestão de Serviços de Alimentação Infantil de um governo local na Coreia do Sul.

Na Tabela 4.8 é listada a síntese das informações descritas na seção 4.5. A primeira coluna da tabela apresenta o código de identificação do estudo. A segunda coluna apresenta a referência do estudo e a terceira, a síntese dos estudos primários que se caracterizam por estudos de casos.

Tabela 4.8 – Síntese acerca dos estudos primários que se caracterizam por estudos de casos

Estudo	Referência	Comentário
E02	(MICENE et al., 2019)	Estudo de caso sobre as preferências alimentares de universitários brasileiros da UTFPR e portugueses da Escola de Engenharia da Universidade do Minho em Guimarães, Portugal
E03	(SPAK et al., 2017)	Estudo de caso sobre as refeições fornecidas no restaurante universitário da UTFPR – Campus: Ponta Grossa
E05	(RIBEIRO, 2017)	Estudo de caso em uma universidade federal brasileira
E07	(GOMES et al., 2012)	Estudo de caso no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)
E08	(SOUZA, 2020)	Estudo de caso para a criação de cardápios escolares da cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo (MG)
E10	(MOREIRA et al., 2018)	Estudo de caso sobre estudantes em tempo integral de 4 a 5 anos
E16	(SUFAHANI; ISMAIL, 2014)	Estudo de caso para aplicação no Ministério da Educação da Malásia
E20	(LEE et al., 2021)	Estudo de caso para aplicação em Centros de Gestão de Serviços de Alimentação Infantil do governo local na Coreia do Sul

Fonte: A autora

A análise da tabela acima, apresenta, majoritariamente, a aplicação prática dos estudos em instituições escolares públicas. Com base nas informações fornecidas pelos estudos primários, infere-se que este fato está intimamente ligado à dificuldade enfrentada pelo governo em manter refeições com qualidade nutricional dentro do orçamento disponibilizado.

4.6 Ameaças à Validade

A revisão sistemática da literatura (RSL) visa encontrar, por meio do controle do processo de busca, estudos primários que sejam relevantes sobre o tema. O problema de planejamento de geração de cardápios abrange um amplo escopo com distintas aplicações e suas

especificidades. Neste sentido, existem algumas limitações em relação a validade do presente trabalho que devem ser consideradas.

Tendo em vista que a metodologia utilizada propõe uma descrição das pesquisas disponíveis na literatura, foi realizada a síntese dos estudos primários selecionados, com base em questões de pesquisa, para mitigar relatos que não condiziam com o objetivo do trabalho.

Em relação a definição de *strings* de busca, a reordenação de seus termos interferem diretamente na validade da pesquisa, uma vez que são necessárias *strings* que retornem estudos primários condizentes, considerando as divergências entre as bases de dados utilizadas. Dessa forma, visando amenizar este problema, foi realizada a adaptação das *strings* de busca para algumas base de dados, conforme a avaliação de palavras-chave e título.

Ademais, foi realizada uma busca manual para seleção dos estudos, portanto deve-se considerar a quantidade de dados a serem analisados e o quanto o processo é suscetível a erro humano. Para mitigar a ameaça, a etapa de busca e leitura dos estudos primários foram realizadas repetidas vezes, com aplicação nas bases de dados distintas.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste documento foi identificar formas distintas de resolução e aplicação do problema de planejamento de cardápios, para isso foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre 20 estudos primários. Neste processo, considerou-se a definição de questões de pesquisa, listando detalhadamente as especificidades de cada estudo e sintetizando os dados ao fim de cada subseção, com o objetivo de facilitar o entendimento e visualização das informações coletadas.

Para trabalhos futuros, a metodologia utilizada no presente estudo pode fornecer informações para que novas resoluções sejam possivelmente adaptadas e implementadas, com base nas necessidades particulares. Isto facilitaria no processo de preparação de cardápios por parte de nutricionistas e auxiliaria na política de compra de ingredientes ao longo de um certo horizonte de planejamento, considerando, por exemplo, limitações quanto ao espaço para armazenamento e disponibilidade de orçamento.

No que se refere às contribuições científicas, objetiva-se promover a difusão do conhecimento disperso acerca das possibilidades de aplicação do problema e seus benefícios práticos. Por exemplo, a implementação de um sistema de geração automática de cardápios em restaurantes universitários de instituições públicas. Isto poderia ser desenvolvido com base nos modelos matemáticos e algoritmos heurísticos citados no trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação às indústrias de alimentos - 2º versão. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Universidade de Brasília – Brasília : Ministério da Saúde, 2005.
- ARENALES, M. N. **Pesquisa operacional**. [S.l.]: Elsevier Campus, 2007. ISBN 9788535214543.
- BIANCHINI, V. U. et al. Critérios de sustentabilidade para o planejamento de cardápios escolares no âmbito do programa nacional de alimentação escolar. 2017.
- COELHO, K. S. **Concepção de uma ferramenta computacional para a geração de planos alimentares personalizados, considerando preferências e necessidades nutricionais**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2018.
- DEB, K. et al. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: Nsga-ii. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 6, n. 2, p. 182–197, Apr 2002. ISSN 1089778X. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/996017/>>.
- DELINSKI, L. M. M. **Utilização da Modelagem Matemática Multiobjetivo na Geração de Dieta para um Restaurante Universitário**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2019.
- DÍAZ, A. M. et al. On the automatic planning of healthy and balanced menus. 2019.
- FNDE. Resolução nº 26, de 17 de junho 2013: Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do programa nacional de alimentação escolar - PNAE. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, ano 150, n. 115, p. 7–12, 2013.
- GEORGE, J. S. The cost of subsistence. **Journal of Farm Economics**, v. 27, p. 303–314, 1945.
- GOMES, F. R. et al. Pró-dieta: gerador automático de cardápios personalizados baseado em algoritmos genéticos. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
- GULARTE, C. da L.; CARDOSO, J. de F. Engenharia de cardápio: aplicação do método smith-kasavana em um restaurante à la carte. **Revista Turismo em Análise**, v. 31, n. 1, p. 133–158, 2020.
- HSIAO, J.-H.; CHANG, H. Smartdiet: A personal diet consultant for healthy meal planning. In: **2010 IEEE 23rd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 421–425. ISSN 1063-7125.
- JRIDI, I.; JERBI, B.; KAMOUN, H. Menu planning with a dynamic goal programming approach. **Multiple Criteria Decision Making**, v. 13, p. 74–87, 2018. ISSN 20841531. Disponível em: <<https://www.sbc.org.pl/dlibra/publication/381197/edition/359199/content?ref=desc>>.
- KALE, A.; AUTI, N. Automated menu planning algorithm for children: Food recommendation by dietary management system using id3 for indian food database. **Procedia Computer Science**, v. 50, p. 197–202, 2015. ISSN 18770509. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877050915005712>>.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1–26, 2004.

KUO, F.-F. et al. Intelligent menu planning: recommending set of recipes by ingredients. In: **Proceedings of the ACM multimedia 2012 workshop on Multimedia for cooking and eating activities - CEA '12**. ACM Press, 2012. p. 1–6. ISBN 9781450315920. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2390776.2390778>>.

LANDABURE, P. Pedro escudero: his thoughts, his doctrine and his works. **Prensa medica argentina**, v. 55, n. 41, p. 1983–1989, 1968.

LEE, C. et al. Diet planning with machine learning: Teacher-forced reinforce for composition compliance with nutrition enhancement. In: **Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining**. ACM, 2021. p. 3150–3160. ISBN 9781450383325. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3447548.3467201>>.

MICENE, K. T. et al. Escala fuzzy não balanceada para tratamento de preferências alimentares em modelagem matemática. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

MOREIRA, R. P. C. et al. An evolutionary mono-objective approach for solving the menu planning problem. IEEE, 2018.

MOREIRA, R. P. C. et al. The menu planning problem: a multiobjective approach for brazilian schools context. In: **Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion**. Association for Computing Machinery, 2017. (GECCO '17), p. 113–114. ISBN 9781450349390. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3067695.3076070>>.

MOREIRA, R. P. C. et al. Cardnutri: A software of weekly menus nutritional elaboration for scholar feeding applying evolutionary computation. In: _____. **Applications of Evolutionary Computation**. Springer International Publishing, 2018. v. 10784, p. 897–913. ISBN 9783319775371. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-77538-8_59>.

PETERSEN, K. et al. Systematic mapping studies in software engineering. In: **12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12**. [S.l.: s.n.], 2008. p. 1–10.

PORRAS, E. M.; FAJARDO, A. C.; MEDINA, R. P. Solving dietary planning problem using particle swarm optimization with genetic operators. In: **Proceedings of the 3rd International Conference on Machine Learning and Soft Computing - ICMLSC 2019**. ACM Press, 2019. p. 55–59. ISBN 9781450366120. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3310986.3311005>>.

RIBEIRO, C. T. Aplicação de conceitos e ferramentas da engenharia de produção para aprimoramento do funcionamento de restaurantes universitários. 2017.

SAPRI, N. S. M. et al. A diet recommendation for diabetic patients using integer programming. **AIP Conference Proceedings**, v. 2138, n. 1, p. 040022, Aug 2019. ISSN 0094-243X. Disponível em: <<https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5121101>>.

SELJAK, B. K. Computer-based dietary menu planning. **Journal of food composition and analysis**, Elsevier, v. 22, n. 5, p. 414–420, 2009.

SILVA, J. E. C. d. et al. Recomendação de cardápios saudáveis e otimizados conforme disponibilidade de alimentos. Universidade Federal de Campina Grande, 2019.

SILVA, K. d. O. R. da. **Modelos Matemáticos para a Otimização da Elaboração de Cardápios Autpmatizados para uma Unidade de Alimentação e Nutrição**. Dissertação (Mestrado) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2019.

SKLAN, D.; DARIEL, I. Diet planning for humans using mixed-integer linear programming. **British Journal of Nutrition**, Cambridge University Press, v. 70, n. 1, p. 27–35, 1993.

SOUZA, S. H. S. Sigecard: um sistema web para gestão da alimentação escolar. 2020.

SPAK, M. D. S. et al. Aplicação da modelagem matemática para o planejamento de cardápios para restaurantes universitários. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

SUFAHANI, S.; ISMAIL, Z. A new menu planning model for malaysian secondary schools using optimization approach. **Applied Mathematical Sciences**, v. 8, p. 7511–7518, 2014. ISSN 13147552. Disponível em: <<http://www.m-hikari.com/ams/ams-2014/ams-149-152-2014/49725.html>>.

VELEDA, B. P. et al. Os processos administrativos para a programação de cardápios em um hospital público. 2013.

ZHAO, Y.; HU, X.; ZHAO, Z. Mathematical modeling on computer simulation. In: **Proceedings of the Second International Conference on Innovative Computing and Cloud Computing**. [S.l.: s.n.], 2013. p. 102–104.