

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Rian das Dores Alves

Uma Arquitetura Autoadaptativa para a Recomendação de Alimentos

Juiz de Fora
2024

Rian das Dores Alves

Uma Arquitetura Autoadaptativa para a Recomendação de Alimentos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. José Maria Nazar David

Coorientador: Prof. Dr. Regina Maria Maciel Braga

Juiz de Fora
2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

das Dores Alves, Rian.

Uma Arquitetura Autoadaptativa para a Recomendação de Alimentos / Rian das Dores Alves. -- 2024.
113 f. : il.

Orientador: José Maria Nazar David

Coorientadora: Regina Maria Maciel Braga Villela

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2024.

1. Arquitetura de Software Autoadaptativa. 2. Sistema de Recomendação. 3. Webscraping. 4. Computação Social. 5. Consumo e Nutrição. I. Nazar David, José Maria, orient. II. Maciel Braga Villela, Regina Maria, coorient. III. Título.

Rian das Dores Alves

Uma Arquitetura Autoadaptativa para a Recomendação de Alimentos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação. Área de concentração: Ciência da Computação.

Aprovada em 27 de setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Maria Nazar David -
Orientador Universidade Federal de Juiz
de Fora

Prof^a. Dra. Regina Maria Maciel Braga Villela -
Coorientadora Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Victor Ströele de Andrade
Menezes Universidade Federal de
Juiz de Fora

Prof. Dr. Valdemar Vicente Graciano
Neto Universidade Federal de Goiás

Dra. Kennya Beatriz Siqueira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Juiz de Fora, 10/09/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Kenny Beatriz Siqueira, Usuário Externo**, em 17/12/2024, às 08:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Maria Nazar David, Professor(a)**, em 17/12/2024, às 14:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Valdemar Vicente Graciano Neto, Usuário Externo**, em 18/12/2024, às 08:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Stroele de Andrade Menezes, Professor(a)**, em 18/12/2024, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-U f (www2.ufr.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1977495** e o código CRC **3D8BAF4F**.

À minha família,
Aos meus amigos,
Aos meus professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de estar envolvido em um trabalho tão gratificante. Agradeço aos meus pais, Carlos Alberto e Renata, por estarem ao meu lado em todos os momentos, nem sempre tão fáceis. Agradeço em especial à minha mãe, por todo apoio no processo de revisão do texto. Agradeço a Gabriela, minha noiva, por todo amor e apoio nas noites em claro e nos dias longínquos de muito trabalho. Agradeço a toda minha família e amigos por compreenderem minhas ausências necessárias.

Agradeço também à Embrapa e ao PGCC, por terem me proporcionado a oportunidade de participação do programa de Residência Zootécnica Digital. Agradeço à equipe do Projeto Nutrileite, a todos os que fazem parte, e os que já fizeram, mas principalmente à Pesquisadora Doutora Kennya Beatriz Siqueira, que iniciou, viabilizou o projeto e nos apoiou durante todo o processo de desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço aos membros da banca por terem aceitado o convite deste momento especial em minha trajetória profissional. Muito obrigado Doutor Valdemar Vicente Graciano Neto, Doutora Kennya Beatriz Siqueira e Doutor Victor Stroële.

Por último, e não menos importante, agradeço aos membros do PGCC e DCC, mas especialmente aos meus orientadores: Doutor José Maria Nazar David e Doutora Regina Braga. Muito obrigado por todo conhecimento compartilhado, toda a perseverança, cobrança e amizade que me proporcionaram nos últimos anos. Nem sempre foram momentos fáceis, mas o apoio incondicional de vocês tornou tudo mais tranquilo.

“O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.”
(Grande Sertão: Veredas. Guimarães Rosa, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986).

RESUMO

A utilização de tecnologias computacionais pode apoiar a mitigação de problemas sociais complexos, como a insegurança alimentar e nutricional no Brasil. A fim de contribuir para o enfrentamento ao desafio imposto por essa subalimentação, a EMBRAPA Gado de Leite Juiz de Fora e a Universidade Federal de Juiz de Fora desenvolveram o Projeto Nutrileite, que visa calcular o custo-benefício nutricional dos alimentos, oferecendo informações sobre quais alimentos são mais nutritivos e acessíveis. No entanto, o projeto enfrenta desafios devido à grande quantidade de dados e à volatilidade dos preços. Há necessidade de uma abordagem automatizada para lidar com a diversidade de dados e contextos no Brasil. Sendo assim, esta dissertação propõe a Arquitetura Nutri'n Price, uma solução tecnológica para automatizar a extração e processamento de informações nutricionais e de custo dos alimentos. A pesquisa é organizada a partir da metodologia Design Science Research (DSR) e relata neste trabalho três ciclos de desenvolvimento. Estes ciclos evoluem a arquitetura, de modo que ela forneça recomendações personalizadas sobre alimentos com base em seu custo e valor nutricional, considerando as preferências e as necessidades socioeconômicas dos usuários. A solução proposta inclui a utilização de Webscraping para coleta de dados, Machine Learning para prever alterações de preços e uma rede semântica para personalizar recomendações. A arquitetura é projetada para ser autoadaptativa, ajustando-se dinamicamente às mudanças no ambiente e às necessidades dos usuários. A Nutri'n Price busca atender a um grande número de usuários, proporcionando uma solução robusta para a insegurança nutricional e alimentar nas diferentes regiões do Brasil. A pesquisa destaca a importância das tecnologias computacionais na resolução de problemas sociais e mostra como a Arquitetura Nutri'n Price pode contribuir significativamente para a promoção de uma alimentação mais saudável e acessível. Além disso, o trabalho abre caminho para futuras pesquisas e inovações na área de Computação Social, reforçando o papel essencial da tecnologia na construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

Palavras-chave: nutriente, alimento, dados, *web scraping*, preço, recomendação, autoadaptação.

ABSTRACT

The use of computing technologies can help the mitigation of complex social problems, such as food and nutritional insecurity in Brazil. In order to contribute to addressing the challenge posed by this undernourishment, EMBRAPA Gado de Leite Juiz de Fora and the Federal University of Juiz de Fora developed the NutriLeite Project, which aims to calculate the nutritional cost-benefit of foods, providing information on which foods are more nutritious and affordable. However, the project faces challenges due to the large amount of data and price volatility. There is a need for an automated approach to deal with the diversity of data and contexts in Brazil. Therefore, this dissertation proposes the Nutri'n Price Architecture, a technological solution to automate the extraction and processing of nutritional and food cost information. The research is organized based on the Design Science Research (DSR) methodology and reports in this work three development cycles. These cycles evolve the architecture so that it provides personalized recommendations about foods based on their cost and nutritional value, considering the preferences and socioeconomic needs of users. The proposed solution includes the use of Webscraping for data collection, Machine Learning to predict price changes, and a semantic network to personalize recommendations. The architecture is designed to be self-adaptive, dynamically adjusting to changes in the environment and user needs. Nutri'n Price aims to serve a large number of users, providing a robust solution to nutritional and food insecurity in different regions of Brazil. The research highlights the importance of computational technologies in solving social problems and shows how the Nutri'n Price Architecture can significantly contribute to promoting healthier and more affordable food. In addition, the work paves the way for future research and innovations in the area of Social Computing, reinforcing the essential role of technology in building a more just and sustainable society.

Keywords: nutrient, food, data, web scraping, price, recommendation, self-adaptation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Índices de Prevalência de Subnutrição no Brasil entre os anos de 2014 e 2022	16
Figura 1.2 - Índices de Prevalência de Insegurança alimentar Moderada e Grave no Brasil entre os anos de 2014 e 2022.....	16
Figura 3.1 - Processo de Mapeamento Sistemático	31
Figura 4.1 - Ciclos DSR.....	43
Figura 4.2 - Mapa de Elementos DSR	46
Figura 4.3 - Diagrama de Contexto Nutri'n Price	49
Figura 4.4 - Ciclos de Desenvolvimento Nutri'n Price	53
Figura 4.5 - Arquitetura Nutri'n Price: Primeiro Ciclo	55
Figura 4.6 - Arquitetura Nutri'n Price: Segundo Ciclo	58
Figura 4.7 - Rede de Ontologias Nutri'n Price	60
Figura 4.8 - Fluxo Processual da Recomendação Nutri'n Price	63
Figura 4.9 - Arquitetura Nutri'n Price: Terceiro Ciclo	66
Figura 4.10 - Nutri'n Price Search em uma abordagem auto adaptativa	68
Figura 5.1 - Site de Supermercado localizado no estado do Rio de Janeiro	74
Figura 5.2 - Consulta na Tabela URL junção com Tabela Alimento	75
Figura 5.3 - Nutri'n Price Mobile Android	76
Figura 5.4 - Classes e Indivíduos – Rede de Ontologias Nutri'n Price	84
Figura 5.5 - Inferências Participante I	85
Figura 5.6 - Inferências Participante II	86
Figura 5.7 - Ontologia Nutri'n Price	86
Figura 5.8 - Ranking dos algoritmos de ML de melhor desempenho	92
Figura 5.9 - Previsão do Algoritmo de Deep Learning - AutoML H2O	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Questões de Pesquisa do MSL	32
Quadro 3.2 - PICOC Aplicado ao MSL	33
Quadro 3.3 - Critérios de Inclusão e Exclusão do MSL	34
Quadro 3.4 - Trabalhos Selecionados	35
Quadro 3.5 - Abordagens Técnicas das Soluções	37
Quadro 3.6 - Abordagens Avaliativas das Soluções	39
Quadro 4.1 - Requisitos Funcionais	51
Quadro 4.2 - Requisitos Não Funcionais	52
Quadro 5.1 - Alimentos restritos aos pacientes	83
Quadro 5.2 - Regras SWRL	85
Quadro 5.3 - Fragmento do dataset composto pelo dia da semana em que o preço do arroz é alterado	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
EMBRAPA.	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
DSR	Design Science Research
ML	Machine Learning
ONU	Organização das Nações Unidas
FAO	Food and Agriculture Organization
CRISP-DM	CRoss-Industry Standard Process for Data Mining

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
1.3	OBJETIVOS	20
1.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	TECNOLOGIA, SAÚDE NUTRICIONAL E CONSUMO	22
2.2	WEB SCRAPING	24
2.3	PROCESSO DE RECOMENDAÇÃO	25
2.4	AUTOADAPTAÇÃO	27
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	29
3	MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA	30
3.1	PLANEJAMENTO	31
3.2	QUESTÕES DE PESQUISA	31
3.3	STRING DE BUSCA	32
3.4	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	33
3.5	CONDUÇÃO DO MSL	34
3.6	RELATÓRIO MSL	36
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	41
4	NUTRI'N PRICE	42
4.1	DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA	47
4.1.1	VISÃO GERAL DA SOLUÇÃO	47
4.1.2	REQUISITOS	50
4.1.3	CICLOS DE DESENVOLVIMENTO	53
4.1.3.1	CICLO I: VERSÃO INICIAL	54
4.1.3.2	CICLO II: RECOMENDAÇÃO DOS ALIMENTOS	57
4.1.3.3	CICLO III: ABORDAGEM AUTOADAPTATIVA	65
4.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	70
5	AValiação	71
5.1	AValiação DO CICLO I	72

5.1.1	ESTUDO DE CASO I.....	73
5.1.2	CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO I	73
5.1.3	ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO I	77
5.1.4	RESULTADOS	80
5.2	AVALIAÇÃO DO CICLO II	81
5.2.1	ESTUDO DE CASO II.....	82
5.2.2	CONDUÇÃO DO ESTUDO DE CASO II	82
5.2.3	ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO II	87
5.2.4	RESULTADOS	88
5.3	IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO: VERSÃO FINAL	89
5.3.1	IMPLEMENTAÇÃO.....	89
5.3.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	94
5.4	AMEAÇAS À VALIDADE	96
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	97
6	CONCLUSÃO.....	99
	REFERÊNCIAS	101
	APÊNDICE – I	107
	APÊNDICE – II	111

1 INTRODUÇÃO

Este Capítulo introduz a pesquisa apresentada nesta dissertação a partir da contextualização do leitor acerca da possibilidade da aplicação de tecnologias computacionais para solucionar problemas sociais. Apresenta também a motivação para a escolha do objeto de pesquisa e a questão de pesquisa. Define ainda os objetivos que devem ser alcançados para responder à questão de pesquisa proposta.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Desde os primórdios, a humanidade desenvolve tecnologias para suprir suas necessidades, a fim de agilizar o alcance de resultados e solucionar problemas, muitas vezes, considerados complexos (Maciel; Viterbo, 2020). Ao discutir tecnologia atualmente, cabe citar as tecnologias computacionais e como os seus artefatos de software estão presentes em diversos domínios de aplicação, com diferentes objetivos. No campo da agropecuária, por exemplo, a utilização de sensores de monitoramento do ambiente interligados com sistemas inteligentes identifica problemas relacionados à saúde de animais e apoia a tomada de decisão para melhorar a produção de leite (Gomes et al. 2023). Enquanto isso, na área de cuidados em saúde do ser humano, dispositivos e artefatos de software podem ser utilizados na identificação de doenças a partir do contexto em que os atores estão inseridos, de maneira a contribuir para tomada de decisões relacionadas a um paciente e à saúde pública de uma comunidade (Nascimento et al. 2020) (da Costa et al. 2022). Os sistemas computacionais atualmente são onipresentes na vida dos indivíduos e de suas comunidades, de maneira que é importante entender o papel dessas tecnologias nas relações humanas e sociais.

A Computação Social é uma área de estudo que abrange a relação humano-computador, e tem como objetivo compreender o comportamento social humano a partir da combinação com as tecnologias computacionais, de forma a compreender as maneiras como o ser humano se relaciona com a tecnologia e como a utiliza para encontrar soluções que apoiem as diferentes dimensões sociais (Weber et al. 2016) (Shadbolt et al. 2019) (de Souza et al. 2022). A evolução dos dispositivos móveis e os avanços da internet possibilitaram avanços na Computação Social, pois permitem que os indivíduos produzam dados e consumam informações em diversos contextos, de

modo a solucionar diferentes problemas, até pouco tempo não diretamente explorados. Esse volume de dados permite entender o comportamento e as necessidades dos seres humanos a partir da transformação em informações que, disponibilizadas para os interessados, geram conhecimento. Assim, aplicativos *mobile*, sensores, sistemas de recomendação, aplicações em nuvem, técnicas de inteligência artificial, entre outras tecnologias, são utilizadas para apoiar na resolução de questões que envolvem o clima, tráfego urbano, desigualdade social, desigualdade de gênero, entre outros temas de cunho social (Maciel; Viterbo, 2020) (Shadbolt et al. 2019) (de Souza et al. 2022).

Os dados considerados de cunho social são diversos e referentes à interação humano-computador-humano e humano-computador-ambiente. Esses dados podem ser considerados e processados a fim de promover um bem-estar social para um indivíduo ou para a comunidade em que vive (Jeong; Syed, 2024). Os dados sociais podem ser extraídos de diferentes fontes, serem processados e organizados para apoiar a resolução de um problema que assola uma parcela da sociedade. Dessa forma, busca-se proporcionar melhores saúdes física, mental, econômica e ambiental ao indivíduo, de maneira a garantir uma sociedade menos desigual, mais justa e sustentável.

1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A desigualdade social ocasiona um dos maiores problemas da humanidade: a fome. A FAO¹ (2023) estimou, em medições feitas em 2022, que cerca de 735 milhões de pessoas ao redor do mundo convivem com a fome crônica, havendo prevalência de desnutrição, sendo incapazes de consumir alimentos que atendam às suas necessidades energéticas para uma dieta saudável. A agência da ONU² ainda aponta que 2.4 bilhões de pessoas não têm acesso regular a alimentos suficientes, convivendo com insegurança alimentar. Além disso, 258 milhões convivem com insegurança alimentar aguda, ameaçando a sobrevivência das pessoas e dos meios em que convivem. É importante salientar que a insuficiência nutricional, envolve também a obesidade, fenômeno esse que tem alcançado parte da população mundial

¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations - <https://www.fao.org/home/en/>

² Organização das Nações Unidas - <https://www.un.org/en/about-us>

e tende a aumentar. Preocupação para pesquisadores em saúde de todo o mundo, a obesidade pode provocar ou potencializar inúmeras doenças em indivíduos com sobrepeso, como por exemplo, alguns tipos de diabetes e hipertensão arterial.

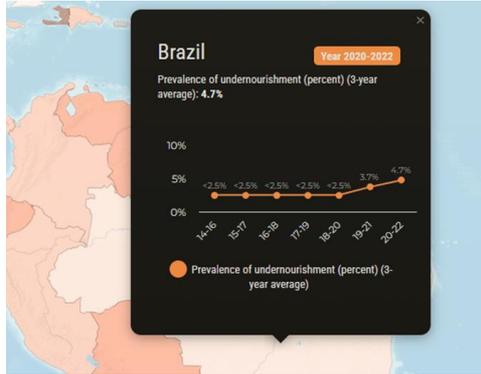
As inseguranças alimentar e nutricional são manifestações de cunho social, político e econômico provocadas por diferentes fatores (Siqueira et al., 2020). Entre os fatores determinantes para esse cenário estão a ausência do conhecimento sobre valores nutricionais e os custos dos produtos alimentícios (Siqueira et al., 2021). O relatório anual sobre o Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo (World Health Organization et al., 2023) compartilha informações relacionadas ao aumento dos preços de alimentos básicos no mundo inteiro. Esse aumento gera grande impacto socioeconômico, principalmente nas populações de maior vulnerabilidade. O aumento dos preços pode causar barreiras para o desenvolvimento sustentável dos países, tendo um grande impacto nas economias, seja pela redução na produtividade dos trabalhadores, seja pelo aumento nos gastos com saúde pública e privada.

Diminuir a desigualdade social a partir da criação de ferramentas que garantam que os indivíduos tenham acesso a uma dieta saudável a custos baixos, é promover o desenvolvimento sustentável, criando condições para uma sociedade mais equitativa nos aspectos econômicos e sociais. A ONU em conjunto com diversos países participantes e entidades interessadas construíram, em 2015, a Agenda 2030 (Brasil, O. N. U., & Mundo, T. N., 2016). Essa iniciativa definiu 17 objetivos para alcançar um mundo mais justo e sustentável, devendo esses objetivos serem atingidos até o ano de 2030. Um dos objetivos definidos nessa agenda foi a erradicação da fome e promoção de uma alimentação nutricionalmente segura. Contudo, apesar de esforços realizados pelos interessados, as inseguranças alimentar e nutricional cresceram nos últimos três anos. Os fenômenos foram potencializados principalmente pelo aparecimento da COVID-19 e também como consequências da Guerra na Ucrânia (World Health Organization et al., 2023).

No Brasil, segundo dados do Relatório Anual sobre o Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo (World Health Organization et al., 2023), 4.7 % da população brasileira está subnutrida e 32.8% convive com algum grau de insegurança alimentar. As Figuras 1.1 e 1.2 foram extraídas de um infográfico construído pela FAO a partir do relatório de 2023. Nelas, podemos visualizar as informações supracitadas e o histórico das medidas verificadas nos anos anteriores. Como pode ser observado na Figura 1.1, houve um aumento considerável no índice de prevalência de

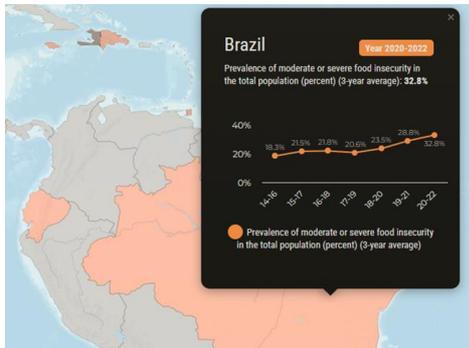
subnutrição a partir de 2020, mesmo período em que Covid-19 se instalou no país. Em conjunto, houve um aumento considerável também da porcentagem da população brasileira que sofre com algum grau de insegurança alimentar como pode ser visto na Figura 1.2. Os aumentos nesses índices fizeram com que o Brasil retornasse ao Mapa da Fome, situação em que o país não se encontrava desde 2014, devido a medidas de segurança alimentar anteriormente tomadas (Machado et al., 2021).

Figura 1.1 – Índices de Prevalência de Subnutrição no Brasil entre os anos de 2014 e 2022



Fonte: <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/en/>

Figura 1.2 – Índices de Prevalência de Insegurança alimentar Moderada e Grave no Brasil entre os anos de 2014 e 2022



Fonte: <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/en/>

Neste cenário de desigualdade social, insegurança alimentar e nutricional, a EMBRAPA Gado de Leite Juiz de Fora e a Universidade Federal de Juiz de Fora, propuseram o Projeto Nutrileite (Siqueira et al., 2020) (Siqueira et al., 2021). Este projeto, que associa saúde e nutrição com economia, consiste na captação de preços dos alimentos de supermercados de todo o Brasil, com o objetivo de calcular o custo-benefício e a densidade nutricional dos produtos alimentícios inerentes à dieta brasileira, a fim de identificar os alimentos mais baratos e nutritivos de acordo com determinado nutriente. Por exemplo, o usuário necessita consultar o alimento com maior quantidade do nutriente Proteína a um menor custo. Para isso, o projeto propõe uma metodologia para calcular o custo benefício nutricional do nutriente Proteína de um conjunto de alimentos. O alimento que apresentar o menor custo benefício nutricional pode ser considerado o mais rico em proteína com menor preço. A ideia é apresentar uma classificação dos alimentos ordenada pelo melhor custo-benefício e densidade nutricionais.

O objetivo do Projeto Nutrileite é possibilitar uma dieta mais saudável considerando o poder aquisitivo dos consumidores, uma vez que a ausência do poder de compra é um fator determinante para subnutrição. O alcance desse objetivo ocorre por meio da disponibilização da informação para que o consumidor possa compreender o alimento mais rico nutricionalmente e de que maneira pode ser inserido em sua dieta. Ao alcançar esse objetivo, o projeto contribui para saúde física, mental e econômica do consumidor, de forma a possibilitar ao mesmo maior qualidade de vida. Todo o processo de captação do preço, realização dos cálculos e construção de uma tabela com diversos alimentos para apresentação dos resultados foi feito de forma manual. As ferramentas computacionais serviram para auxiliar o registro das informações, com total intervenção humana. Contudo, a volatilidade com que os preços podem ser alterados, a grande quantidade de produtos que podem fazer parte da dieta brasileira, a dimensão continental do Brasil e os diferentes contextos culinários que o país apresenta, são fatores complexos para a realização deste projeto de maneira manual.

Dessa maneira, observou-se a necessidade de um processo de automatização na captação e processamento dos preços dos produtos alimentícios e uma maneira de disponibilização das informações para os consumidores de forma a considerar a diversidade de culturas alimentares e de consumo existentes no Brasil. Portanto, o problema de pesquisa, discutido neste trabalho, é como captar, monitorar, processar

e disponibilizar informações nutricionais e de custos dos alimentos da dieta brasileira de maneira que o consumidor consiga identificar e escolher os alimentos de acordo com sua necessidade dietética, preferências e necessidades socioeconômicas. As complexidades deste problema se encontram: (I) nas possibilidades de combinação das diferentes fontes de dados que podem ser utilizadas para captação dos preços dos alimentos, (II) na sustentabilidade dessas informações, uma vez que precisam estar sempre atualizadas, (III) na diversidade cultural e dietética do povo brasileiro e (IV) na apresentação dos resultados para os diferentes tipos de consumidores existentes.

Diferentes autores propuseram pesquisas para suprir problemas relacionados à insegurança alimentar em diferentes contextos considerando a utilização de tecnologias computacionais. Harrigton et al. (2019), por exemplo, consideram a busca de dados sobre produtos alimentícios a partir da raspagem de dados de supermercados. Em uma abordagem *big data*, os autores analisam o mercado de diferentes gêneros alimentícios do Reino Unido, encontrando relações entre a qualidade nutricional e a comercialização dos alimentos. Esse trabalho centra-se na composição nutricional dos alimentos e como esta informação poderia apoiar os setores da saúde. O trabalho de Gunawardena e Sarathchandra (2020) aborda, a recomendação de alimentos ao consumidor por meio de um sistema computacional. A recomendação é focada no contexto dos pratos servidos nos restaurantes e não nos alimentos de consumo no dia a dia inerentes à dieta de uma parcela da sociedade. Para a recomendação personalizada dos itens alimentares, os autores propuseram a utilização de técnicas de aprendizado profundo e de uma abordagem híbrida de filtragem envolvendo a colaborativa e a baseada em conteúdo. Adewopo et al. (2021) utilizaram de técnicas de crowdsourcing para a captação das informações referentes aos preços dos produtos alimentícios. No entanto, os autores não desenvolveram soluções com foco no apoio à decisão para os consumidores, nem tampouco apresentam soluções para tratar a complexidade para a tratar diversidade de informações que este domínio de aplicações demanda. O foco do trabalho de Adewopo et al. (2021), por exemplo, foi na síntese de informações para as autoridades públicas e organizações no contexto da África subsariana. Contudo, nenhum dos autores supracitados propuseram soluções tecnológicas que fossem personalizadas ao consumidor, de maneira a considerar os aspectos socioeconômicos do usuário em um contexto brasileiro. Assim, se apresenta uma

lacuna na pesquisa e uma oportunidade de desenvolvimento de soluções para apoiar o alcance dos objetivos do Projeto Nutrileite.

Sendo assim, considerando a ubiquidade das tecnologias computacionais e a aplicação dessas tecnologias em domínios de caráter social, esta pesquisa propõe uma solução arquitetural capaz de processar os dados necessários para que consumidores de todo Brasil tenham acesso às informações nutricionais e de custo dos alimentos de suas dietas. Denominada Nutri'n Price, a arquitetura busca recomendar os produtos alimentícios mais nutritivos, com menor custo de aquisição, de maneira a apoiar a saúde nutricional e econômica do consumidor brasileiro. Para tanto, propõe a utilização de diferentes padrões e tecnologias da informação que possam suprir as necessidades de desenvolvimento para um software complexo devido à diversidade de atores e contextos envolvidos. Sendo assim, a questão de pesquisa formulada é: **Como a Arquitetura Nutri'n Price pode apoiar na recomendação de alimentos com melhor custo-benefício visando à mitigação da insegurança alimentar e nutricional no contexto brasileiro?**

A arquitetura Nutri'n Price é projetada com uma abordagem arquitetural organizada de maneira que seja autoadaptada. A arquitetura autoadaptativa é alterada mediante mudanças no ambiente em que está inserida (Garces et al., 2020). Essa organização foi construída devido à complexidade encontrada na captação dos dados em diferentes fontes e contextos em que a arquitetura se insere. O desenho arquitetural abrange o processo de captação dos preços dos alimentos por meio da realização de Webscraping em sites de supermercados. O processo de captação via Webscraping será combinado com um módulo inteligente, que utiliza técnicas de Machine Learning (ML), a fim de prever os dias da semana que os preços dos alimentos são alterados e devem ser captados. Após captação, esses dados devem ser armazenados e disponibilizados para a realização de um processamento inteligente para a recomendação de acordo com a necessidade e preferências do usuário. O conceito de recomendação foi utilizado para exibição das informações ao consumidor, pois a personalização faz com que os resultados sejam mais robustos e condizentes com as necessidades do usuário, de modo a fazer com que o mesmo permaneça utilizando o sistema. Todo o processo de recomendação é apoiado por uma rede semântica, para recomendar os alimentos de acordo com as características do usuário. No processo de recomendação é proposta a utilização de

dados sociais dos consumidores, de modo a entender o contexto em que está inserido.

1.3 OBJETIVOS

A partir da questão de pesquisa proposta, o objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um artefato tecnológico computacional capaz de mitigar problemas relacionados à saúde nutricional, considerando os fatores socioeconômicos dos indivíduos. Para alcance deste objetivo é proposta a Arquitetura Nutri'n Price, uma arquitetura computacional, adaptável, que propõe a utilização de diferentes tecnologias para apoiar na resolução do problema proposto. Ao alcançar o objetivo, espera-se que os consumidores brasileiros, usuários da ferramenta, consigam se alimentar melhor a fim de promover suas saúdes física, mental e econômica.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos precisam ser alcançados:

O.1. Especificar um modelo arquitetural capaz de combinar diferentes tecnologias de maneira extensível;

O.2. Especificar um modelo arquitetural, composto por componentes de fácil manutenção, uma vez que pode ser necessária a manutenção das diferentes fontes de dados dos preços dos alimentos;

O.3. Desenvolver um modelo autoadaptativo, com a utilização de módulo de ML para possibilitar apenas a gravação de dados necessários acerca dos preços dos alimentos;

O.4. Criar componentes responsáveis pela recomendação, apoiada por uma rede semântica;

O.5. Criar uma arquitetura abrangente, capaz de comportar um alto número de usuários, com diferentes perfis socioeconômicos.

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi introduzido e discutido como as tecnologias computacionais podem ser utilizadas para resolução de problemas sociais e a partir desse prisma foram apresentados os objetivos da pesquisa para a mitigação de problemas de insegurança nutricional. A arquitetura Nutri'n Price é elaborada e discutida nos seguintes capítulos utilizando a Metodologia Design Science Research (DSR). NO Capítulo 2 são apresentados os conceitos e trabalhos relacionados a esta pesquisa. No terceiro capítulo, são elencados trabalhos encontrados por meio do Mapeamento Sistemático da Literatura, servindo como arcabouço teórico para desenvolvimento da pesquisa e do artefato (Nutri'n Price) construído. No Capítulo 4, discute-se a condução do trabalho a partir da metodologia DSR, considerando as lacunas encontradas no mapeamento. Além disso, são apresentados os ciclos de desenvolvimento da Arquitetura Nutri'n Price, de maneira a mostrar a evolução e o resultado da arquitetura proposta. No Capítulo 5 são apresentadas as avaliações realizadas para validação de cada ciclo de desenvolvimento. E por fim, no Capítulo 6 se conclui o trabalho com as contribuições e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este Capítulo tem como objetivo apresentar ao leitor conceitos e técnicas utilizadas nos ciclos de desenvolvimento desta dissertação. A seção 2.1 relaciona saúde nutricional e consumo, e de que maneira as tecnologias computacionais podem apoiar na mitigação de problemas alimentares influenciados pela economia. A seção 2.2 apresenta conceitos relacionados à técnica de raspagem de dados proposto no módulo responsável pela extração de dados dos preços dos alimentos. A seção 2.3 discute o conceito de crowdsourcing, e como multidões podem colaborar para realização de tarefas. A seção 2.4 introduz a utilidade que sistemas de recomendação podem ter e relaciona soluções de recomendação no domínio alimentício. A seção 2.5 aborda os conceitos de autoadaptação, apresentando como arquiteturas de software podem ser melhor organizadas e estruturadas para lidar com os diferentes elementos que aumentam sua complexidade.

2.1 TECNOLOGIA, SAÚDE NUTRICIONAL E CONSUMO

O quadro epidemiológico das doenças relacionadas à nutrição aponta para a necessidade de ações envolvendo áreas além da saúde nutricional (Vieira et al., 2013). A má alimentação, a deficiência nutricional, e conseqüentemente, as doenças, podem ser causadas por diferentes fatores. Contudo, os fatores socioeconômicos estão entre os mais determinantes para esse cenário de pobreza nutricional, podendo causar grande impacto nas populações de maior vulnerabilidade (Siqueira et al., 2021).

Soluções que envolvam tecnologias da informação, nutrição e economia a fim de mitigar problemas relacionados à saúde da população foram identificadas e são relevantes (Padhiar et al., 2021) (Adewopo et al., 2021). A aplicação dessas tecnologias possibilita melhores escolhas alimentares, pois permite ao usuário adquirir conhecimentos nutricionais acerca dos alimentos que consome. Além disso, a organização e transformações dos dados nutricionais e do mercado consumidor em informação, permitem que organizações públicas e privadas tenham maior conhecimento sobre o consumo e preferências alimentares dos indivíduos, de modo a auxiliar a tomada de decisões para comunidades que sofrem com questões alimentares.

Harrington et al. (2019) propõem uma abordagem de big data para analisar o mercado de gêneros alimentícios. Denominada Food DB, os autores coletaram dados relacionados aos diferentes produtos alimentícios de redes de supermercado no Reino Unido, de maneira automatizada, via web scraping, por meio de seus sites. Esses dados coletados foram analisados de maneira dinâmica e revelaram relações entre a qualidade nutricional e a comercialização dos alimentos.

Dunford et al. (2014) constataram que os esquemas de rotulagem nutricional dos produtos alimentícios australianos não eram de fácil compreensão pelo consumidor, de modo a dificultar as escolhas alimentares mais saudáveis. Com o objetivo de promover o conhecimento nutricional, os autores desenvolveram um aplicativo mobile que fornece ao consumidor australiano informações nutricionais dos produtos e os classifica segundo esses valores. Para obtenção dos dados, os autores aplicam técnicas de crowdsourcing e capturam informações nutricionais de produtos não registrados.

No contexto da África Subsaariana, onde os mercados de alimentos são vulneráveis e o aumento do preço das *commodities* pode exacerbar a insegurança alimentar entre os mais vulneráveis, Adwopo et al. (2021) propõem uma plataforma colaborativa digital para obtenção de preços de alimentos em tempo real. O objetivo do trabalho é observar a variação dos preços durante a pandemia de COVID-19 em regiões da Nigéria, a fim de oferecer monitoramento dos custos dos produtos e informações que apoiassem a construção de estratégias governamentais para mitigação da insegurança alimentar. Com esse intuito, os autores utilizam uma abordagem de crowdsourcing para captação dos preços de determinados produtos alimentícios. Painéis com as variações dos preços e disponibilidade dos produtos são apresentados por região, às autoridades, em um dashboard, que utilizam esse conhecimento para a tomada de decisões.

Devido ao caráter socioeconômico do Brasil, pode-se assumir que dificuldades econômicas, sociais e relacionadas à saúde serão expostas devido à má alimentação da população. Assim, (Siqueira et al., (2020), (Siqueira et al., 2021) propuseram uma abordagem para verificar os melhores produtos alimentícios, considerando o mercado brasileiro, de acordo com a relação custo-benefício e densidade nutricionais. A metodologia adotada avalia o custo dos nutrientes dos alimentos consumidos no Brasil em termos do atendimento de 30% das recomendações nutricionais diárias para adultos saudáveis. Para esta análise, foi considerada a lista de alimentos mais

consumidos nas famílias brasileiras, segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009. O trabalho considera os seguintes nutrientes para a realização dos cálculos: cálcio, proteína, vitamina A, vitamina C, vitamina D, vitamina E, fibras e ferro.

Devido à dimensão do Brasil, os preços foram cotados via internet nos supermercados mais representativos de seus estados. Para cada produto, foi coletado o menor preço, sendo esse preço convertido para 100g do produto. Sendo assim, para calcular o preço do nutriente considerou-se a quantia equivalente a 30% da recomendação nutricional diária do nutriente, o preço de 100 gramas do alimento e a quantidade do nutriente em 100 gramas do alimento em questão. A comparação do resultado deste cálculo para cada nutriente de cada produto permitiu identificar os alimentos mais baratos e nutritivos em termos de cada nutriente de interesse, contribuindo assim para uma possível melhora do nível nutricional da população.

Diante disso, este trabalho propõe a automatização da metodologia adotada por Siqueira et al. (2020) para o cálculo dos nutrientes dos alimentos consumidos pela população brasileira. Contudo, para a realização do cálculo do custo dos nutrientes, os preços dos produtos alimentícios devem ser encontrados, armazenados e disponibilizados. A proposta é adquirir os preços dos alimentos, de forma automatizada, dos sites dos supermercados de estados brasileiros. E a partir desses dados calcular o custo dos nutrientes de cada alimento, de maneira a recomendar para o usuário os melhores alimentos que obedecem a relação de custo-benefício nutricional e preferências do usuário.

2.2 WEB SCRAPING

Web Scraping é o processo de extração de dados não estruturados de sites da web, a fim de estruturá-los e transformá-los em informação (Vargiu e Urru, 2013) (Sirisuriya 2015). São algumas as vantagens da utilização de técnicas de web scraping. Entre elas destacam-se a riqueza e diversidade das informações encontradas na web e também a velocidade e capacidade de automatização de um raspador de dados (Diouf et al. 2019). Entre as desvantagens destaca-se a complexidade da tarefa devido a não estruturação dos dados e a possibilidade de modificações nos sites em que as buscas são realizadas.

A utilização de técnicas de *web scraping* possui diferentes áreas de aplicação, sendo usadas, inclusive, em sistemas de recomendação (Linden et al. 2003). A

exemplo, Britto et al. (2019) desenvolveram uma base de dados de receitas obtida pela análise de documentos textuais em português, de modo a servir como base para a implementação de sistemas de recomendação de receitas culinárias. Tais documentos foram obtidos de maneira automática com a aplicação de técnicas de *web scraping* em páginas brasileiras de culinária e gastronomia presentes na web.

São diferentes as abordagens, ferramentas e bibliotecas que podem ser utilizadas para a extração dos dados da web. Neste trabalho será adotada uma abordagem de mimetismo, que consiste na definição prévia da localização dos dados a serem raspados (Diouf et al. 2019). Apesar da limitação dessa estratégia quando há a necessidade de processamento de diversos sites distintos ou modificação na estruturação do site, essa estratégia ainda apresenta boa eficiência devido a seu aspecto limpo e objetivo. Para a execução dessa abordagem podem ser utilizados diferentes softwares ou plugins já implementados ou bibliotecas para o desenvolvimento de novas ferramentas.

As práticas de *web scraping* são aplicadas para este trabalho em páginas Web de supermercados. Essa decisão foi tomada mediante a não existência de uma fonte de dados completa, segura e gratuita acerca dos preços dos produtos alimentícios, propõe-se utilizar *web scraping* para a captação desses dados. A partir dos dados extraídos na Web é possível realizar o processamento e criar mecanismos para análise e exibição para os interessados. Uma abordagem bastante utilizada para aproximação com o público é a recomendação. O processamento de dados extraídos da Web são uma rica de informações que possibilita uma recomendação mais precisa, devido à diversidade de dados encontrados.

2.3 PROCESSO DE RECOMENDAÇÃO

Objeto de estudos há alguns anos, os sistemas de recomendação ganharam destaque no fim da década de 1990 com a popularização da internet (Ansari et al. 2000). Sites de comércio eletrônico, como a Amazon.com, e mecanismos de busca, como o do site Yahoo!, já utilizavam sistemas para recomendação de livros, filmes ou documentos. Atualmente, os sistemas de recomendação ainda se destacam e foram melhorados, principalmente quando se refere à extração de conhecimento a partir de grandes cargas de dados, como por exemplo, em mídias sociais e e-commerce (Da'u e Salim 2020).

Na área de alimentação e nutrição também são encontrados sistemas de recomendação que visam recomendar produtos alimentícios e dietas conforme as preferências ou comportamento do usuário. Gunawardena e Sarathchandra (2020) propõem, por exemplo, um cardápio digital personalizado de acordo com avaliações anteriores dos clientes sobre os itens alimentícios. El-Dozuky et al. (2012) propuseram um framework para recomendação de dietas por meio da utilização de elementos semânticos e da filtragem baseada em conteúdo.

Os sistemas de recomendação filtram fragmentos de informações vitais de uma grande quantidade de dados gerada a partir da interação, das preferências, interesses ou comportamentos do usuário sobre determinado item (Isinkaye 2015). Esses sistemas são utilizados como estratégia de apoio à tomada de decisão para usuários em situações com complexos conjuntos de informação. Implementados em diferentes áreas, são diversas as abordagens e técnicas empregadas para a recomendação dos itens de interesse. A filtragem colaborativa, filtragem baseada em conteúdo e filtragem híbrida são alguns exemplos dessas abordagens (Isinkaye 2015). Além dessas, a abordagem semântica com utilização de elementos, como ontologias, pode ser agregada para tarefas de recomendação (Shishehchi 2010) (El-Dozuky et al., 2012).

As ontologias são definições explícitas de conceitos e relacionamentos a fim de representar um domínio e estruturar uma base de conhecimento sobre ele (Neches et al. 1991) (Gruber 1993) (Swartout et al 1997) (Bernaras et al 1996). Ontologias fornecem uma compreensão compartilhada de um domínio e permitem a criação de anotações semânticas que fornecem conhecimento para máquina a fim de que essas entendam os conteúdos processados. O entendimento do conteúdo provê significado aos dados e inteligência ao sistema, de modo a fornecer a capacidade de automatização de tarefas que, na ausência de ontologias, deveriam ser analisadas por um usuário.

Para o desenvolvimento de uma ontologia deve-se determinar o domínio e escopo a ser tratado, de modo a analisar as questões a serem respondidas e o público-alvo a ser atingido. Ao iniciar o desenvolvimento, deve-se considerar a reutilização de ontologias já implementadas e testadas, e assim, minimizar os custos de implementação e manutenção. Posteriormente, os termos importantes de uma ontologia devem ser enumerados e as classes, atributos e relacionamentos definidos de acordo com a necessidade hierárquica imposta, ou proposta, pelo domínio. Todos

esses elementos devem ser bem definidos e, a fim de potencializar a semântica, apresentarem restrições inerentes a cada relacionamento.

Sendo assim, neste trabalho a arquitetura Nutri'n Price propõe um módulo de recomendação que se apoie em elementos semânticos para recomendar alimentos de acordo com o custo dos nutrientes e o perfil do usuário. Os dados serão processados por uma rede de ontologias e possibilitará, de maneira inteligente, que as pessoas encontrem produtos ricos nutricionalmente, e que atendam ao seu orçamento e se aproximem dos seus gostos alimentares.

2.4 AUTOADAPTAÇÃO

A natureza pervasiva e ubíqua das tecnologias computacionais, fizeram com que os softwares relacionados a essas tecnologias se tornassem cada vez mais complexos (Wong et al., 2022). Essa complexidade advém da criticidade dos sistemas modernos e da necessidade de comunicação entre sistemas de diferentes origens e tipos de dados que devem interagir para retornar os resultados esperados pelos usuários. Além disso, devido à ubiquidade dos sistemas, eles devem ser personalizados conforme as diversidades do contexto para assim atenderem à necessidade dos usuários. Como resultado, novos desenhos arquiteturais são propostos para que os sistemas consigam atender à essa demanda. Entre eles, destaca-se a abordagem autoadaptativa.

A auto adaptação é reconhecida como uma abordagem eficaz para o desenvolvimento de sistemas complexos e pode ser aplicada em diferentes domínios (Gheibi et al. 2021) (Gomes et al., 2023) (Esteves et al., 2023). Sistemas auto adaptativos (SAS) são aplicações modificadas em tempo de execução com o objetivo de oferecer resultados de acordo com o ambiente ao qual estão inseridas, com o mínimo de intervenção humana (Garces et al., 2020) (Weyns et al., 2020). Os sistemas auto adaptativos são, em geral, estruturados em sistemas gerenciado e de gerenciamento, e consideram o ambiente em que estão para a execução das adaptações necessárias. Ambientes esses que devem ser monitorados e analisados a fim de resolver incertezas e manter, ou não, os objetivos de adaptação (Quin et al., 2022) (Garces et al., 2020) (Weyns et al., 2020).

Em uma abordagem auto adaptativa, o sistema gerenciado é composto pelos módulos responsáveis pela implementação e execução das funcionalidades do SAS, de modo a afetar ao usuário e o ambiente em que está inserido. Os componentes

deste sistema são adaptados segundo os resultados oriundos do processamento realizado no sistema gestor. Dessa maneira, o sistema gerenciado é alterado para se adaptar aos planos, política e o objetivos do SAS.

O sistema gestor captura os dados tanto do sistema gerenciado quanto do ambiente em que está inserido, a fim de conduzir as ações a serem executadas no sistema gerenciado. Geralmente, o controle que o gestor exerce nesse sistema ocorre de forma automática. Essa automatização considera um controle de feedback, adaptação e autogerenciamento (Müller et al., 2009). Esses controles são formados por componentes incumbidos de monitorar os sistemas e o ambiente, analisar, planejar, compartilhar conhecimento e executar os comandos necessários para as adaptações do SAS com o mínimo de intervenção humana.

A implementação de componentes de Machine Learning (ML) em estruturas adaptativas pode apoiar o processo de autogestão e adaptação do SAS (Gomes et al., 2023) (Esteves et al., 2022). Esses componentes podem, por meio do processamento inteligente, promover o conhecimento e acionar funcionalidades de acordo com o processamento dos dados capturados do ambiente e do comportamento do sistema gerenciado. Geralmente, esses componentes são desenvolvidos na arquitetura do sistema gerenciado, possibilitando o acesso a todos os dados de monitoramento que compõem o SAS.

A auto adaptação pode também ser utilizada em sistemas de recomendação. Sunny et al. (2017), por exemplo, propõem utilizar dados em tempo real, utilizando técnicas de Machine Learning (ML), de maneira a adaptar o sistema. A utilização dessa abordagem faz com que a precisão da recomendação seja melhorada, pois os parâmetros de saída dos algoritmos de ML são ajustados de forma automatizada.

Neste trabalho, um dos focos é a discussão de como uma abordagem auto adaptativa, com a utilização de um componente ML, pode auxiliar na captação dos preços dos alimentos de forma inteligente. O objetivo desse componente é que o sistema gerenciado seja capaz de definir, de forma preditiva, os melhores dias da semana para a captação dos preços dos alimentos, por exemplo. Essa decisão de projeto foi idealizada, pois foi observado que os preços não eram alterados com frequência, fazendo com que a base tivesse muitos dados replicados de maneira desnecessária. Com essa solução, é possível apresentar os valores dos alimentos sempre atualizados para os usuários e diminuir os custos de armazenamento de dados. Em função do surgimento de novos tipos dados e produtos a arquitetura deve

se adaptar às novas demandas em termos de atributos de qualidade, e às suas prioridades, no contexto do sistema de recomendação.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo fundamentar os conceitos e tecnologias a serem utilizadas no desenvolvimento da Arquitetura Nutri'n Price. Desse modo, foram apresentados os avanços no domínio tratado neste trabalho, considerando como a tecnologia pode apoiar a mitigação de problemas sociais e quais tecnologias podem ser aplicadas para melhorar o cenário atual do problema apresentado. A análise destes trabalhos foi base para a montagem e condução de um mapeamento sistemático da literatura, que será apresentado no capítulo 3, a seguir.

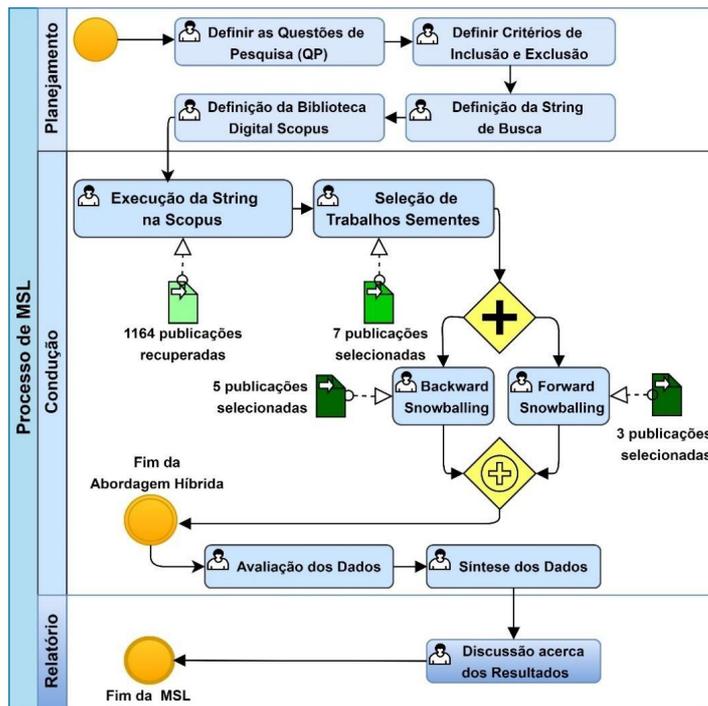
3 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

O Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) foi conduzido para que fossem encontrados estudos primários que pudessem apoiar o desenvolvimento da Arquitetura Nutri'n Price, de modo que as publicações resultantes da busca fizessem parte do arcabouço teórico da pesquisa. Essa base de fundamentos possibilita o entendimento e avanço das conjecturas teóricas abordadas, de maneira a fundamentar o artefato em desenvolvimento. A partir dos resultados do MSL, é possível validar conjecturas, identificar lacunas no domínio e assim propor novas soluções que resolvam problemas ainda não tratados.

A estratégia adotada para encontrar e identificar estudos e soluções relevantes foi a Busca Híbrida (Mourão et al., 2017) (Mourão et al., 2020). Essa escolha se deve ao fato de que com esse tipo de revisão buscamos aumentar a quantidade e qualidade dos trabalhos recentemente desenvolvidos e encontrados, a partir do Snowballing (Mourão et al., 2020) dos artigos selecionados da biblioteca digital Scopus³. Essa biblioteca foi escolhida devido à abrangência de bibliotecas por ela indexadas, às ferramentas de auxílio a leitura de resumos e palavras-chave, além de ser considerada uma das maiores plataformas digitais de publicação científica (Mourão et. al 2017). A Figura 3.1 ilustra o processo referente à estratégia de Busca Híbrida adotada neste MSL.

³ Scopus (<https://www.elsevier.com/products/scopus>), acessando em maio, 2024.

Figura 3.1 – Processo de Mapeamento Sistemático



Fonte: Adaptado de das Dores Alves et al. (2021) pelo autor.

3.1 PLANEJAMENTO

O objetivo deste MSL é identificar abordagens computacionais para recomendação de alimentos, de maneira a apoiar a mitigação de problemas relacionados à saúde nutricional dos consumidores brasileiros.

3.2 QUESTÕES DE PESQUISA

O Quadro 3.1 disponibiliza as questões de pesquisa (QP) que este MSL visa responder. Na primeira coluna tem-se a identificação das QP, na segunda coluna as QP e na última o objetivo de cada uma delas.

Quadro 3.1 – Questões de Pesquisa do MSL

ID	Questões de Pesquisa MSL	Objetivos
QP1	Quais são as abordagens encontradas nas soluções de recomendação de alimentos encontradas?	Explorar as abordagens de Recomendação no domínio alimentício, e como essas soluções são tratadas: Software, Hardware, Ferramenta, entre outros.
QP2	Como as soluções desenvolvidas são avaliadas?	Explorar métodos utilizados para avaliação dos artefatos desenvolvidos.
QP3	As soluções encontradas podem ser consideradas para mitigação de problemas relacionados à insuficiência nutricional na sociedade?	Compreender as lacunas existentes na área, de maneira a identificar a necessidade de novos artefatos de software para apoio a resolução de problemas sociais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.3 STRING DE BUSCA

As Questões de Pesquisa do MSL, definidas em seção anterior, direcionam para definição da string de busca. Para a formalização da string, utiliza-se os critérios do método PICOC (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context) sugerido por Petticrew e Roberts (2008). O Quadro 3.2 dispõe dos elementos do método. Esses elementos contribuem para a geração da string de busca executada na Scopus:

("recommender" OR "recommendation") AND ("architecture" OR "approach" OR "engine" OR "tool" OR "framework") AND ("computational" OR "application" OR "software" OR "system" OR "service" OR "platform") AND ("food" OR "nourishment" OR "nutrient" OR "nutrition") AND ("price" OR "cost" OR "value")

Quadro 3.2 – PICOC Aplicado ao MSL

PICOC		Termos Definidos
Population	Soluções que abordam a recomendação	Recommender OR Recommendation
Intervention	Soluções computacionais para recomendação	Computacional OR Application OR Software OR System OR Service OR Platform
Comparison	Sem comparação	
Outcome	Soluções (arquitetura, técnica, modelo, ferramenta, estrutura, abordagens)	Architecture OR Approach OR Engine OR Tool OR Framework
Context	Soluções que apoiem a mitigação de problemas relacionados a insuficiência nutricional considerando fatores socioeconômicos	(Food OR Nutrient OR Nourishment OR NutritionPrice) AND (Price OR Cost OR Value)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os termos referentes a População (Population) estabelecem que devem ser pesquisadas soluções que abordem a recomendação. A Intervenção (Intervention) restringe essas soluções por meio de termos definidores que devem ser pesquisadas soluções relacionadas à tecnologia da informação. Os Resultados (Outcome) devem considerar a diversidade de possíveis soluções computacionais, envolvendo desde abordagens até arquiteturas, por exemplo. O Contexto (Context) foi aplicado à *string* para possibilitar o retorno de possíveis soluções específicas no campo da alimentação e sociedade. Esta *string* foi avaliada por especialistas das áreas de Engenharia de Software e Consumo. As publicações de Schafer et al (2017) e Rostami et al. (2023) foram utilizadas como controle.

3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

O processo escolhido para incluir ou excluir uma publicação foi organizado em quatro critérios de inclusão (I) e quatro de exclusão (E), apresentados no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Critérios de Inclusão e Exclusão do MSL

Inclusão	Exclusão
I1. Os trabalhos propuseram soluções (arquitetura, abordagem, técnica, ferramenta) de recomendação de alimentos considerando fatores sociais (saúde e economia, por exemplo)	Os trabalhos não propõem soluções (arquitetura, abordagem, técnica, ferramenta) de recomendação de alimentos considerando fatores sociais (saúde e economia, por exemplo)
I2. A solução proposta é aplicada em software OU sistema OU aplicativo OU serviço	E2. A solução proposta não é aplicada em software OU sistema OU aplicativo OU serviço
I3. Os trabalhos estão escritos em inglês	E3. Os trabalhos não estão escritos em inglês
I4. As publicações ocorreram em Conferências ou Revistas.	E4. As publicações não foram revisadas por pares em eventos ou revistas desconhecidos.
I5. As soluções retornadas devem ter sido publicadas nos últimos 10 anos.	E5. As soluções retornadas apresentam mais de 10 anos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.5 CONDUÇÃO DO MSL

Nesta seção apresenta-se os estudos que foram selecionados a partir da *string* de busca na primeira etapa da Busca Híbrida e também nas buscas que utilizam *Backward Snowballing* (BS) e *Forward Snowballing* (FS). A busca foi atualizada em maio de 2024 e a biblioteca digital escolhida foi a Scopus.

A partir da análise das publicações de cada pesquisa, foram selecionados trabalhos que buscam soluções de recomendação de alimentos para insuficiência nutricional, considerando as vertentes da desigualdade social e nutricional. Foram considerados problemas relacionados à obesidade ou desnutrição influenciados pelo contexto em que os atores se apresentam. Não foram considerados trabalhos que buscavam recomendações para doenças específicas, como diabetes ou hipertensão, por exemplo.

Para análise, o Quadro 3.4 dispõe de todos os trabalhos selecionados, de forma a sintetizar alguns dados da MSL. Na coluna 1 estão os títulos das publicações. A coluna 2 refere-se ao conjunto de trabalhos que a publicação pertence. Já a coluna 3 é composta pela referência e ano de publicação das soluções.

Quadro 3.4 – Trabalhos Selecionados

Publicações	Conjunto	Referência
User Nutrition Modelling and Recommendation – Balancing Simplicity and Complexity	Semente	Schafer et al. (2017)
Towards Automatic Meal Plan Recommendations for Balanced Nutrition	Semente	Elsweiler e Harvey (2015)
Knowledge-based dietary nutrition recommendation for obese Management	BS	Jung et al. (2016)
Zywie: A Mobile Application on Personal Health and Lifestyle Improvement	FS	Ceniza et al. (2020)
A unified approach to designing sequence-based personalized food recommendation systems: tackling dynamic user behaviors	FS	Zhang et al. (2023)
Personalized Menu: A New Contextual Collaborative Recommender System	Semente	Zitouni et al. (2020)
Health-aware Food Recommender System	BS	GE et al. (2015)
Mobile Application for Personalized Food Recommendation	Semente	Jalali et al. (2022)
Intelligent Food Recommendation System Based on Nutritional Information and Preferences of Customers	FS	Nohria et al. (2023)
Many-objective optimization meets recommendation systems: A food recommendation scenario	Semente	Zhang et al. (2022)
Cooking and Food Information Chatbot System using GPT-3	Semente	Safitri et al. (2023)
Towards Health-Aware Fairness in Food Recipe Recommendation	Semente	Rostami et al. (2023a)
Market2Dish: Health-aware Food Recommendation	BS	Wang et al. (2021)
A novel healthy and time-aware food recommender system using attributed community detection	BS	Rostami et al. (2023b)
Diet-Right: A Smart Food Recommendation System	BS	Rehman et al. (2017)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Avaliados os trabalhos sementes iniciou-se as buscas referentes ao BS. Esses trabalhos foram analisados segundo os critérios de inclusão e exclusão. Sendo

selecionados 5 (Jung et al. (2016), GE et al. (2015), Wang et al. (2021), Rostami et al. (2023b), Rehman et al. (2017)), para fazer parte do conjunto de trabalhos relevantes à análise realizada neste MSL. Na busca referente ao FS foram selecionadas 3 publicações (Ceniza et al. (2020), Zhang et al. (2023), Nohria et al. (2023)) para compor o conjunto final de trabalhos relevantes. As publicações que foram eliminadas não atenderem aos critérios de inclusão ou exclusão estabelecidos no planejamento. A Condução do Mapeamento é finalizada ao se agrupar as publicações avaliadas a partir das buscas (Busca Scopus + BS + FS). A próxima seção responderá as QP a partir dos trabalhos selecionados.

3.6 RELATO DE RESULTADOS

A QP1 visa compreender o cenário de soluções para recomendação de alimentos. O Quadro 3.5 resume as abordagens e técnicas identificadas nas soluções selecionadas. Os estudos primários em questão foram selecionados por possuírem motivações semelhantes, que podem ser sintetizadas em busca para desenvolvimento de ferramentas tecnológicas para recomendação de alimentos, de maneira a promover saúde. Contudo, as abordagens utilizadas se diferenciam em termos de público-alvo, dados extraídos, modelos de recomendação e tecnologias adotadas para sugestão dos itens.

Entre os estudos selecionados, foram encontrados desde modelos para processamento da recomendação de nutrientes e alimentos (Schafer et al., 2017), até *chatbots* que apoiassem as escolhas alimentares, considerando também dados relacionados à saúde do usuário (Safitri et al., 2023). Uma abordagem bastante utilizada é o desenvolvimento de aplicativos móveis, em geral para Android (GE et al., 2015) (Ceniza et al., 2020) (Zitouni et al., 2020). As justificativas foram, em geral, devidas à ubiquidade dos smartphones e a popularidade e escalabilidade do sistema operacional.

Técnicas e modelos de recomendação já utilizados em diferentes domínios também foram encontrados nos trabalhos selecionados, como por exemplo, as *filtragens* por conteúdo e colaborativa (Jung et al., 2016) (Jalali et al., 2022) (Zitouni et al., 2020). Contudo, diferentes abordagens, utilizadas muitas vezes em outros domínios foram encontradas, como é o caso da utilização de um modelo de otimização para recomendação desenvolvido por Zhang et al. (2022). Ou até mesmo a solução

de Rehman et al. (2017), que utiliza de um algoritmo de colônia de formigas para promover a recomendação dos alimentos.

Quadro 3.5 – Abordagens Técnicas das Soluções

Publicações	Abordagem	Artefato
Schafer et al. (2017)	Proposição de um modelo para compreensão dos dados nutricionais, considerando o perfil do usuário.	- Modelo de dados
Elsweiler e Harvey (2015)	Utilização de dados de saúde e nutrição para recomendação de alimentos, receitas e planos alimentares balanceados de acordo com o perfil do usuário.	- Website para registro dos dados - Algoritmos de Recomendação
Jung et al. (2016)	Focado para o público obeso, a solução visa recomendar horários nutricionais dietéticos personalizados.	- Agrupamento de Similaridade - Filtragem Colaborativa baseada em conhecimento
Ceniza et al. (2020)	Proposição de uma solução tecnológica de recomendação para oferecer melhoria pessoal de saúde e estilo de vida no contexto da Filipinas, que convive com níveis alarmantes de cidadãos subnutridos e sobrenutridos.	- Desenvolvimento de aplicação móvel compatível com Android
Zhang et al. (2023)	Proposição de uma estrutura unificada que utiliza de feedbacks de sequência e interações históricas, de modo a considerar os hábitos alimentares dos usuários em um período de tempo, para assim modelar as preferências.	- Utilização de uma arquitetura de rede neural recorrente (RNN), que pode prever resultados por meio de dados sequenciais identificados em intervalos de tempo arbitrários (LSTM).
Zitouni et al. (2020)	Abordagem colaborativa e contextual que permite direcionar o usuário alvo para um cardápio saudável e que atenda a suas preferências.	- Arquitetura Multicamadas para Android; - Algoritmo de pré-filtragem; - Filtragem Colaborativa; - Adaptação ao ambiente.
GE et al. (2015)	Abordagem que propõe a utilização de aplicação móvel para recomendar alimentos considerando dados de saúde.	- Aplicação móvel; -Android;
Jalali et al. (2022)	Proposição de um sistema de recomendação que considera fatores climáticos, tipo de alimentação e horário do dia do usuário.	- Filtragem baseada em Conteúdo; - Filtragem Colaborativa. - Modelo de Tendências

Nohria et al. (2023)	Recomendação de alimentos considerando dados relacionados a coleta de avaliações, calorias, vitaminas, doenças. O procedimento envolve compra de alimentos, receita de comida e reserva de mesa para restaurante e recomendação ao usuário sobre o produto.	- Sistema Web; - React JS; - Node JS; - Mongo DB.
Zhang et al. (2022)	Abordagem baseada em MaOO é desenvolvida para fornecer uma maneira equilibrada e sistemática de lidar com recomendação alimentar.	- Modelo de otimização Multiobjetivo; - Implementação de algoritmos
Safitri et al. (2023)	Desenvolvimento de um ChatBot para fornecer recomendações e informações personalizadas sobre a preparação ou seleção de alimentos que podem levar os usuários a hábitos alimentares saudáveis.	- GPT-3 Open AI; - Processamento de Linguagem Natural.
Rostami et al. (2023a)	Proposição de um modelo baseado na justiça que priorize dados de saúde, considerando as perspectivas do item e do usuário, integrando-as em uma estrutura de objetivos conjuntos.	- Modelo de Recomendação
Wang et al. (2021)	Abordagem de recomendação alimentar personalizado e consciente da saúde, de modo a mapear os ingredientes expostos no mercado para os pratos saudáveis consumidos em casa.	- Mineração de Rede Sociais - Processamento Inteligente
Rostami et al. (2023b)	Proposição de um novo sistema de recomendação alimentar consciente da saúde, que considera explicitamente os ingredientes, as categorias de alimentos e o fator tempo, prevendo a preferência do usuário por meio de filtragem colaborativa consciente do tempo e um modelo baseado no conteúdo dos itens alimentícios.	- Modelo de recomendação
Rehman et al. (2017)	A abordagem utiliza de um algoritmo de colônia de formigas para gerar uma listagem com os alimentos ideais e os recomenda de acordo com os valores dos laudos patológicos dos usuários.	- Algoritmo de Colônia de Formiga - Execução em nuvem

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Assim como as áreas dos trabalhos selecionados eram diversas, as técnicas de avaliação dos artefatos criados também. O Quadro 3.6 sintetiza essas abordagens de avaliação utilizadas. A QP2 possibilita que tenhamos uma compreensão da maneira como as soluções de recomendação podem ser avaliadas. Os processos avaliativos utilizaram diferentes *datasets* para validarem os requisitos funcionais e não

funcionais estabelecidos durante seus projetos. Alguns autores utilizaram *datasets* reais, como por exemplo, os trabalhos de Zhang et al. (2023) e Rostami et al. (2023a).

Uma abordagem frequentemente utilizada foi o desenvolvimento de protótipos para validação das funcionalidades estabelecidas, conduzindo testes de aceitação com o usuário e a discussão de cenários em que a aplicação desenvolvida pudesse estar inserida. Além disso, foram realizadas comparações entre modelos já existentes e os propostos, de maneira a garantir que os resultados se encontravam em conformidade como processos e produtos já validados.

Quadro 3.6 – Abordagens Avaliativas das Soluções

Publicações	Abordagem Avaliativa
Schafer et al. (2017)	Proposição de um modelo para compreensão dos dados nutricionais, considerando o perfil do usuário.
Elsweiler e Harvey (2015)	Avaliação realizada com pequenos datasets para verificar a viabilidade na geração de planos alimentares.
Jung et al. (2016)	Desenvolvimento de um aplicativo móvel para recomendação a partir de dados nutricionais em conjunto com modelo de contextos. O resultado da aplicação foi de 80% na recomendação aos usuários. Além disso, os usuários avaliaram a ferramenta com alto grau de satisfação.
Ceniza et al. (2020)	Avaliação realizada por meio de testes de funcionalidade e aceitação do usuário, obtendo uma taxa de aceitação de 99,73% em testes de funcionalidade e 99% em testes de satisfação dos usuários.
Zhang et al. (2023)	Avaliação a partir de uma série de experimentos numéricos conduzidos em um conjunto de dados do mundo real para validar a eficácia da solução, de maneira que se mostrou capaz de modelar as preferências de longo e curto prazo dos utilizadores e fornecer recomendações alimentares mais precisas e diversificadas em comparação com as técnicas de recomendação alimentar existentes.
Zitouni et al. (2020)	Implementação de Protótipo para verificação dos resultados experimentais e avaliação da eficácia e robustez.
GE et al. (2015)	Avaliação realizada diretamente com os usuários, de modo que a usabilidade foi identificada como de qualidade e as recomendações supriram as expectativas dos usuários.
Jalali et al. (2022)	Desenvolvimento do aplicativo, apresentação do funcionamento e análise dos resultados para as recomendações geradas utilizando dos dados de clima.

Nohria et al. (2023)	Resultados apresentados por meio da visualização das telas.
Zhang et al. (2022)	Avaliação por meio de três algoritmos MaOO típicos, aplicados para dois casos de recomendação diferentes, que se diferenciam na quantidade de objetivos.
Safitri et al. (2023)	Aplicação de Testes de IA e testes de aceitação para verificação da satisfação dos usuários.
Rostami et al. (2023a)	Resultados experimentais realizados em conjuntos de dados alimentares do mundo real demonstram que o sistema proposto não só mantém a capacidade dos sistemas de recomendação alimentar sugerirem os alimentos favoritos dos utilizadores, mas também melhora o factor saúde em comparação com modelos injustos, com uma melhoria média de aproximadamente 35%.
Wang et al. (2021)	Métodos de avaliação de sistemas de recomendação, incluindo testes de usabilidade
Rostami et al. (2023b)	A avaliação focou no desempenho da solução, de maneira a comparar seus resultados com outros modelos.
Rehman et al. (2017)	Execução de simulações utilizando o algoritmo de colônia de formiga com diferentes valores, em diversos contextos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao realizar as análises propostas pela QP1 e QP2, é possível responder a QP3. Apesar da diversidade de abordagens, as soluções se concentram em um único objetivo: promover o bem-estar do usuário e possibilitar escolhas alimentares mais saudáveis e que estejam de acordo com o gosto pessoal do indivíduo. Analisando todas as soluções até agora desenvolvidas, foi possível identificar que, apesar das existências de soluções em diversos cenários, ainda existem cenários que não foram considerados para a recomendação de produtos alimentícios. Entre eles, podemos citar as diferentes possibilidades na implementação de um artefato que considere os preços dos itens para calcular o melhor custo-benefício nutricional e alcançar pessoas com menor poder aquisitivo, garantindo um desenvolvimento sustentável do indivíduo e de sua comunidade por meio da promoção à saúde e diminuição da desigualdade. Um cenário que considera o poder aquisitivo do consumidor de forma clara e objetiva é importante, pois um dos fatores que mais levam as pessoas a serem insuficientes nutricionalmente é o fator sócioeconômico. Dessa maneira, podemos afirmar que as soluções até aqui apresentadas mitigam problemas relacionados à saúde nutricional.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Por meio do desenvolvimento do MSL, foi possível entender o estado da arte no que se refere à recomendação de produtos alimentícios. Adicionalmente, identificamos as lacunas existentes que justificam o desenvolvimento de uma arquitetura autoadaptativa. A partir da compreensão deste cenário, foi possível que aliássemos nossos objetivos com soluções já existentes e fortalecêssemos a base teórica da pesquisa em andamento. O entendimento do contexto em que a solução está sendo desenvolvida, permite a elaboração de propostas para complementar ou confrontar estudos anteriores.

4 NUTRI'N PRICE

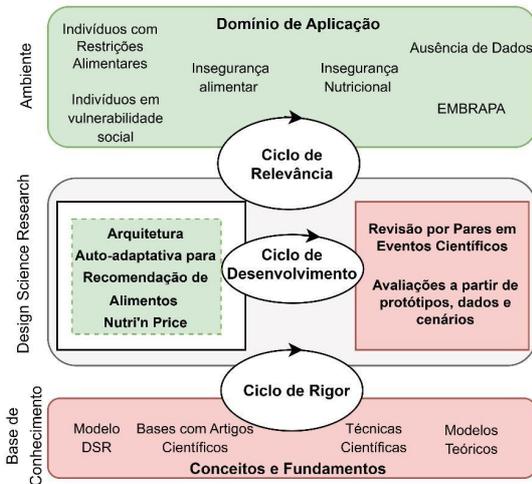
Para o desenvolvimento deste trabalho é utilizada a abordagem metodológica Design Science Research (DSR) (Hevner, 2007) (Pimentel et al., 2020). A metodologia permite desenvolver artefatos para resolução de problemas práticos, em conjunto com a promoção de conhecimento técnico-científico (Hevner, 2007) (Dresch et al., 2015) (Van Der Merwe et al., 2019) (Pimentel et al., 2020) (Ribeiro et al., 2021). Essa abordagem foi escolhida devido ao caráter multidisciplinar e prático deste trabalho, considerando que a arquitetura proposta tem como objetivo suprir problemas relacionados à nutrição, envolvendo também questões socioeconômicas. Apesar de o foco deste trabalho ser na construção de componentes para um artefato, essa abordagem ainda conta com um rigor teórico que fornece diretrizes que devem ser adotadas para o desenvolvimento da pesquisa (Hevner, 2007).

A Figura 4.1, adaptada de Hevner (2007), ilustra os atores e os ciclos envolvidos no processo de desenvolvimento do artefato Nutri'n Price. Conforme apresentado na Figura 4.1, o Ambiente engloba o domínio da aplicação, contextualizando o público-alvo, organizações que podem ser envolvidas, problemas a serem resolvidos e desafios enfrentados para a produção do artefato. O ciclo de Relevância relaciona o ambiente onde a solução será utilizada com as atividades do DSR, de modo a apoiar o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais, apresentando os resultados aos interessados e entendendo as necessidades dos mesmos.

A Base de Conhecimento é composta por conceitos e trabalhos que podem ser relacionados e aplicados nas atividades de construção dos artefatos. Engloba as buscas realizadas na literatura técnica, experiências de especialistas e artefatos previamente desenvolvidos e que podem apoiar no desenvolvimento de novos processos e produtos. O ciclo de Rigor interliga a Base de Conhecimento com a DSR e apoia o entendimento do contexto em que a arquitetura está inserida por meio de trabalhos relacionados e fundamentação teórica. Além disso, auxilia na seleção dos melhores métodos, estruturas e avaliações a serem utilizadas na composição do artefato. A partir do ciclo de rigor, foi possível identificar as soluções tecnológicas que tratam questões alimentares e, assim, desenvolver artefatos para preencher as lacunas existentes identificadas na literatura. O Ciclo de Design inclui o processo de desenvolvimento da pesquisa e solução, sua construção e avaliação. As atividades que interagem entre si no ciclo de Design são as principais para a geração de componentes que fazem parte do artefato, assim como a avaliação dos mesmos.

Dessa maneira, é possível identificar os pontos positivos e críticos do artefato em desenvolvimento, de maneira a evoluí-lo em ciclos de desenvolvimento posteriores.

Figura 4.1 – Ciclos DSR



Fonte: Adaptado de Hevner (2007).

Para isso, algumas diretrizes devem ser seguidas, de modo a obedecer aos ciclos de desenvolvimento e os elementos que devem ser explorados. Entre essas diretrizes está a identificação da relevância do problema a ser tratado na pesquisa, de modo a reconhecer a necessidade da questão a ser desenvolvida e considerar todos os atores envolvidos no contexto a fim do entendimento da motivação e justificativa para solucionar o problema. A partir do entendimento do problema, entre as diretrizes a serem seguidas, se deve descrever o artefato e o processo de busca dessa solução, de forma a abordar todo processo teórico e prático para alcançar o objetivo definido. Outra diretriz a ser seguida é o Rigor da Pesquisa, de maneira que sejam considerados métodos e processos já avaliados e reconhecidos pela comunidade científica.

Além disso, a solução desenvolvida deve ser avaliada para validar se o artefato atende aos objetivos e critérios estabelecidos para resolução do problema em questão. Na metodologia DSR, cada evolução é considerada um ciclo de

desenvolvimento, em que o artefato deve ser avaliado para verificar se o objetivo foi atingido. Assim como a busca pela solução, o processo de avaliação deve ser rigorosamente realizado, a fim de elucidar os acertos e falhas encontrados a cada ciclo de desenvolvimento. Realizada a avaliação, conclui-se quais são as contribuições da pesquisa para o tema e para a comunidade científica. Como parte das diretrizes do DSR, a busca da solução do problema, o artefato, análise e resultados devem ser comunicados à comunidade científica e aos interessados em resolver esse tipo de problema na sociedade.

A definição da aplicação dessas diretrizes permite, portanto, aprofundar as questões a serem tratadas e suas relevâncias, assim como, a identificação dos requisitos funcionais e não funcionais. Esses requisitos devem ser discutidos a fim de possibilitarem a construção dos componentes que compõem o artefato, como também a avaliação dos mesmos.

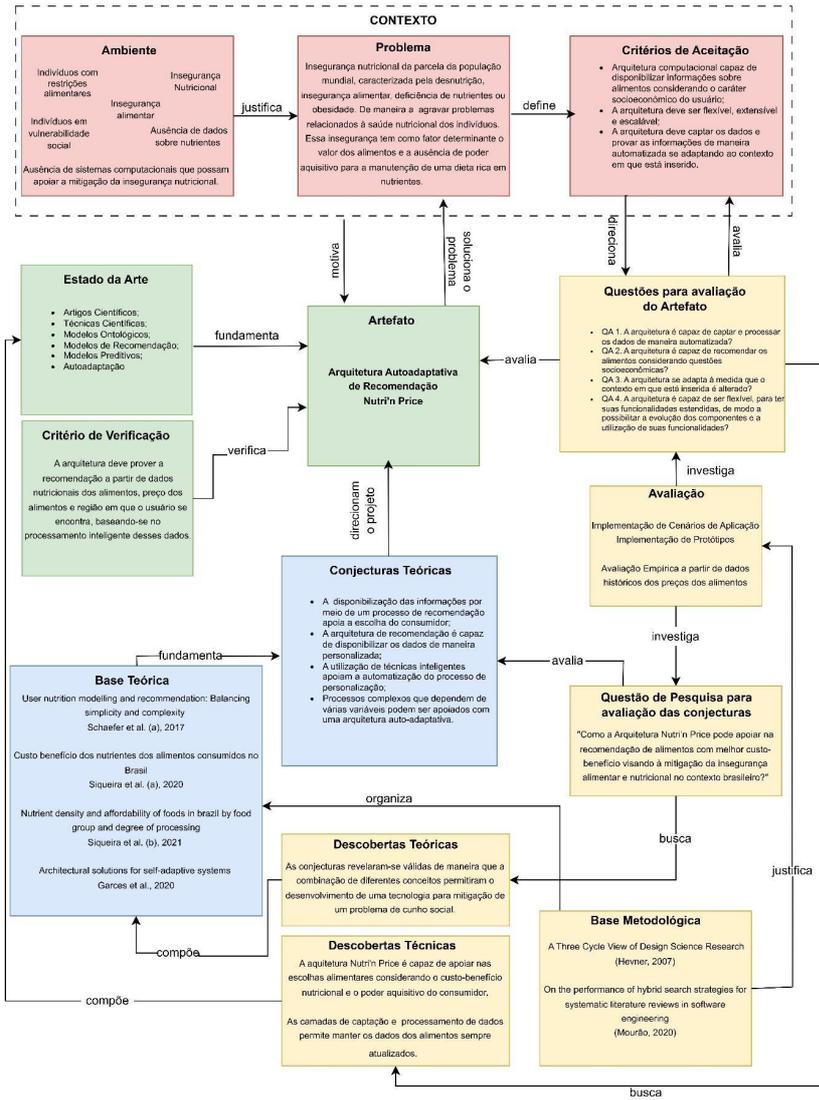
Baseado em Pimentel et al. (2020), foi desenvolvido um Mapa de Elementos que sintetiza os principais elementos esperados em uma abordagem de pesquisa DSR. O mapa é um instrumento para apoiar aos pesquisadores no reconhecimento e planejamento de uma pesquisa na abordagem DSR, de modo que um artefato é desenvolvido para tentar resolver um problema em um contexto, sendo o artefato concebido a partir de conjecturas teóricas baseadas no corpo de conhecimento científico de determinada área (Pimentel et al., 2020). Desenhado para organização de desenvolvimento da arquitetura Nutri'n Price, o mapa da Figura 4.2: I) organiza a abordagem teórica, que fundamenta e direciona o projeto (elementos em azul); II) contextualiza o pesquisador com descrições do ambiente, problema a ser solucionado e critérios de aceitação (elementos em vermelho); III) define o artefato a ser desenvolvido, com seus fundamentos (elementos em verde); e IV) organiza elementos para avaliação do artefato nas conjecturas práticas e teóricas. Todos esses elementos são discutidos nas seções seguintes de maneira a apresentar a arquitetura Nutri'n Price.

A contextualização e identificação do problema desta pesquisa se deu a partir de estudos técnicos e teóricos desenvolvidos no Projeto Nutrileite, da Embrapa Gado de Leite - Juiz de Fora, referentes a aquisição e consumo de alimentos para consumidores brasileiros. Esses trabalhos definiram métodos para busca dos preços e cálculo dos nutrientes e dos alimentos. Contudo, a pesquisa ficou limitada aos pesquisadores, e seus pares da comunidade científica, uma vez que não possuía

meios para comunicar os resultados encontrados para o restante da população, que poderia usufruir das informações e adquirir conhecimentos referentes à economia e consumo alimentar. A partir dessa lacuna encontrada foi proposta a arquitetura computacional Nutri'n Price, que tem o objetivo de levar as informações ao consumidor, de maneira atualizada e personalizada. O desenvolvimento do artefato Nutri'n Price é motivado a partir da identificação da oportunidade em desenvolver soluções tecnológicas capazes de apoiar a resolução de problemas relacionados à nutrição, considerando o contexto socioeconômico do consumidor brasileiro. O desenvolvimento desse artefato é fundamentado a partir de tecnologias e experiências previamente registradas (Estado da Arte), e direcionado a partir das conjecturas teóricas fundamentadas em estudos avaliados pela comunidade científica (Base Teórica). A Base teórica desenvolvida nos estudos anteriores do Projeto Nutri'Price não são suficientes para a construção da Nutri'n Price, pois para projetar a arquitetura são necessários diversos outros conceitos e técnicas relacionados à ciência da computação. Para tanto, conforme apresentado no Capítulo 3, foi desenvolvida uma busca sistematizada para formação do arcabouço teórico-prático para esta pesquisa. Portanto, a partir do MSL, que identificou estudos que utilizam tecnologias computacionais para criação de soluções relacionadas às escolhas alimentares e diminuição de insegurança nutricional, foi possível fundamentar as conjecturas teóricas que direcionam o projeto de pesquisa em conjunto com as soluções computacionais relacionadas.

O processo de pesquisa para construção do artefato deve ser regido por uma estrutura metodológica (Base Metodológica) que organiza o arcabouço teórico, documenta o processo de desenvolvimento e justifica a avaliação do artefato, de forma seguir os métodos estabelecidos e evitar que a pesquisa e o pesquisador adotem algum viés pessoal e equivocado. A avaliação do Artefato investiga questões teórico-práticas com o objetivo de verificar se o artefato atende aos critérios estabelecidos (Questões para avaliação do Artefato/ Critérios de Avaliação) e alcança o objetivo estabelecido a partir da questão de pesquisa definida (Questão de pesquisa para avaliação das conjecturas). As respostas obtidas nessas questões elucidam descobertas de caráter técnico (Descobertas Técnicas) e teórico (Descobertas teóricas), de maneira que o artefato se torna, após validação, parte das estruturas básicas relacionadas ao estado da arte das soluções técnicas e teóricas.

Figura 4.2 – Mapa de Elementos DSR



Fonte: Adaptado de Pimentel et al. (2020) pelo autor.

Os elementos explicitados na Figura 4.2 são organizados e desenvolvidos por meio de ciclos, de maneira a serem incrementados para que o artefato evolua. Os ciclos de desenvolvimento consideram todos os componentes implementados e as avaliações desses componentes, de forma que seus resultados podem ser considerados descobertas teóricas ou técnicas que passam a compor suas respectivas bases de conhecimento para novos ciclos ou projetos de pesquisa futuros. A evolução do Nutri'n Price descrita neste trabalho é dividida em três ciclos, apresentados na seção 4.1 e considera todo o processo de desenvolvimento da arquitetura. As avaliações de cada ciclo são descritas no capítulo 4, e discutidas, de maneira a apresentar os resultados e requisitos alcançados. A realização da avaliação ao findar de cada ciclo é importante para apoiar a decisão dos pesquisadores na definição de novos objetivos, requisitos e desenvolvimento de novos componentes para preenchimento das lacunas encontradas.

4.1 NUTRI'N PRICE: DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA

Nesta seção, a arquitetura Nutri'n Price é detalhada. Uma visão geral da solução é apresentada na subseção 4.1.1. Na seção 4.1.2 são discutidos os requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento da proposta. Na seção 4.1.3, a arquitetura é apresentada a partir dos ciclos de desenvolvimento, detalhando seus componentes e evoluções. Sendo assim, nas subseções seguintes, os módulos de captação de preços, recomendação e a estruturação autoadaptativa são discutidos de maneira detalhada.

4.1.1 VISÃO GERAL DA SOLUÇÃO

Esta seção tem o objetivo de contextualizar a solução computacional proposta. A idealização desta solução se deu a partir da pesquisa desenvolvida pelo Projeto Nutrileite, parceria composta pela Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora e a UFJF. A primeira etapa do Nutrileite consistiu na escolha de uma metodologia capaz de calcular o custo-benefício (cálculo para obtenção do custo de determinado nutriente para cada 100g de determinado alimento) e densidade (cálculo que utiliza dos valores nutricionais para definir se o alimento é saudável) nutricional de alimentos que compõem a dieta do brasileiro. Para isso, foi necessário realizar o levantamento dos

dados dos alimentos que faziam parte da dieta brasileira. Os alimentos foram escolhidos a partir da tabela POF⁴ desenvolvida pelo IBGE e foram selecionados 377 itens alimentícios para estudo. Entre os dados utilizados para caracterização dos alimentos estão a descrição, e os valores energéticos e nutricionais de 10 nutrientes para cada produto alimentício. Os nutrientes registrados se dividem entre requeridos: Proteína, Cálcio, Ferro, Fibra e Vitaminas A, C, D e E, além de nutrientes não saudáveis: Açúcares Adicionados e Sódio. Esses nutrientes foram escolhidos por serem parte de uma vasta quantidade de alimentos e serem considerados pelo FDA como mais importantes para saúde e nutrição.

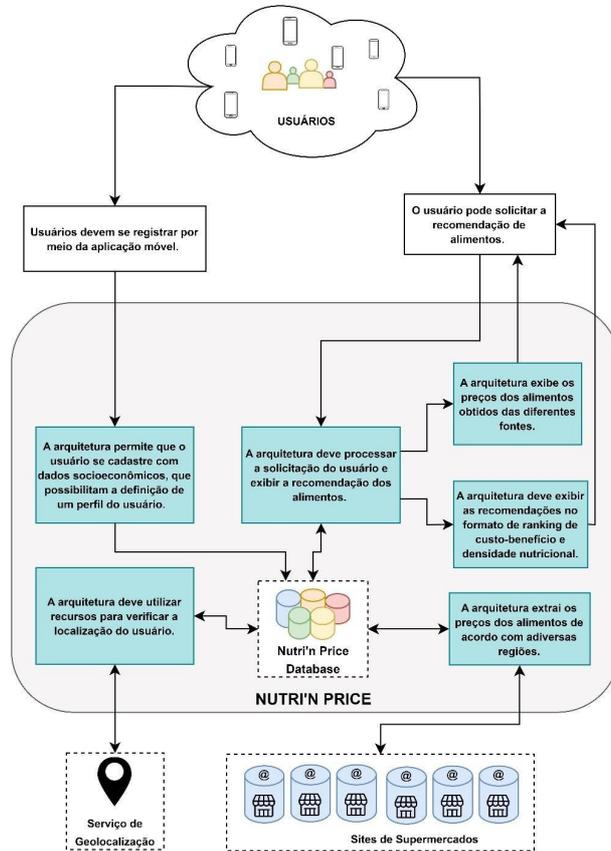
Escolhida a metodologia para calcular a densidade e o custo-benefício nutricionais, era necessário que fossem buscados os preços dos alimentos que fariam parte do estudo. Os pesquisadores realizaram buscas manuais em diversos supermercados, de diferentes regiões do Brasil, para selecionar e calcular uma média de preços dos alimentos para cada localidade e dessa maneira realizar os cálculos de densidade e custo-benefício dos produtos. Dessa maneira foi possível conferir e validar as diferentes cotações de preços dentro do país. Além disso, foi idealizado um ranking composto pelos alimentos a partir da densidade nutricional, ordenando os alimentos com maior índice de densidade de maneira a apresentar os considerados mais saudáveis. Foram criados também dez rankings a partir dos custos-benefícios nutricionais dos dez nutrientes supracitados, de maneira que as primeiras posições eram ocupadas pelos alimentos que possuíam melhor custo-benefício, ou seja, possuíam menor preço, com grande quantidade do nutriente para cada 100g do produto alimentício.

Contudo, manter os dados dos preços dos alimentos atualizados é uma tarefa dispendiosa para ser feita de forma manual. Além disso, realizar esses cálculos e exibir os resultados de maneira que a população tenha acesso, também demanda alto custo de recursos humanos. Sendo assim, para automatização dos processos de obtenção dos preços dos alimentos, assim como, para escalar a exibição dos resultados e alcançar diferentes indivíduos, em diferentes partes do país, é proposta a Arquitetura Nutri'n Price, com o objetivo de disponibilizar informações dos nutrientes e custos dos alimentos que fazem parte da dieta do consumidor brasileiro. A Figura 4.3 detalha, por meio de um diagrama de contexto, as responsabilidades, processos

⁴ <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html>

e interações da arquitetura Nutri'n Price com os elementos externos relacionados. Esse diagrama facilita a compreensão do funcionamento da solução proposta e apoia o levantamento de requisitos, assim como, a construção da arquitetura do software. Entre os atores envolvidos, além da solução, estão os usuários consumidores e as fontes externas utilizadas para obtenção dos preços dos produtos alimentícios.

Figura 4.3 – Diagrama de Contexto Nutri'n Price



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Fontes confiáveis devem ser definidas para a extração dos preços dos alimentos de maneira automatizada, de forma a realizar as buscas de forma periódica para manter os valores sempre atualizados na base de dados. Em conjunto, a arquitetura propõe que os usuários colaborem com os registros de preços dos produtos alimentícios. A partir disso, a arquitetura deve apresentar componentes para registrar os preços dos produtos e processar o objeto de colaboração do usuário, presente em uma multidão de usuários consumidores.

Para exibição das informações para os consumidores, é sugerida uma abordagem que utiliza de processos de recomendação. Essa abordagem é proposta, pois promove a personalização dos dados a serem visualizados pelo usuário, fazendo com que seu interesse aumente e atenda às necessidades do consumidor. Portanto, além das informações relacionadas aos produtos, é proposto que a arquitetura registre dados dos usuários para apoio ao processo de recomendação. Os dados são de cunho socioeconômico, de maneira a envolver dados pessoais (nome, idade e gênero, por exemplo), dados de saúde (alergias, intolerâncias alimentares, doenças) e econômicos (profissão e renda mensal). Esses dados devem ser processados de forma inteligente e os usuários agrupados de acordo com suas características, de maneira a possibilitar a recomendação de alimentos a partir desses agrupamentos. Assim, pessoas que possuem características semelhantes e necessitam de um alimento rico em Proteína, por exemplo, devem ter acesso à mesma recomendação de alimentos. Além disso, a Nutri'n Price ainda propõe ranquear os alimentos de acordo com seus custos-benefícios e densidade nutricionais. A visualização dessas informações recomendadas apoia o consumidor a escolher alimentos que possuam alto valor nutricional, atendam suas necessidades e possuam custos reduzidos, de maneira a possibilitar a mitigação de problemas relacionados à insuficiência nutricional.

4.1.2 REQUISITOS

A partir do entendimento do contexto em que a solução está inserida, foi possível elicitar os requisitos para seu desenvolvimento. Para especificação da arquitetura foram elencados requisitos funcionais e não-funcionais que definem as funcionalidades que o artefato deve apresentar e como esses componentes devem se relacionar e comportar. Os requisitos funcionais e não funcionais abrangem todo o

processo proposto, desde a busca dos preços dos alimentos, processamento dos dados e apresentação das informações. No Quadro 4.1 são descritos os Requisitos Funcionais prioritários para atender aos objetivos definidos.

Quadro 4.1 – Requisitos Funcionais

RF	Descrição do Requisito
RF 001	A arquitetura deve ser capaz de buscar os preços dos alimentos em sites de supermercados.
RF 002	A arquitetura deve ser capaz de prever melhores datas para buscar os preços de cada alimento.
RF 003	A arquitetura deve ser capaz de processar os dados buscados e sintetizar o custo dos alimentos e seus nutrientes de acordo com o estado brasileiro em que se encontra.
RF 004	A arquitetura deve ser capaz de exibir informações de geolocalização do usuário.
RF 005	A arquitetura deve ser capaz de identificar o contexto em que o consumidor usuário se encontra, como por exemplo, a localização espacial do mesmo.
RF 006	A arquitetura deve ser capaz de interpretar os dados por meio de processamento semântico, compreendendo o significado dos dados.
RF 007	A arquitetura deve ser capaz de armazenar os dados de cunho social do usuário com o objetivo de utilizar esses dados para realização da recomendação.
RF 008	A arquitetura deve ser capaz de processar os dados dos usuários e dos alimentos para recomendação dos produtos mais baratos e que atendam às necessidades nutricionais do usuário.
RF 009	A arquitetura deve disponibilizar os dados em formato de ranking para que os usuários possam consultar os produtos mais baratos que atendam às suas necessidades. A ordenação pode ser feita pelo custo-benefício nutricional ou pela densidade nutricional.
RF 010	A arquitetura deve ser desenvolvida de maneira que as informações encontradas possam ser exibidas em aplicações instaladas em dispositivos móveis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Além dos funcionais, foram também elencados os Requisitos Não-Funcionais para alcance da qualidade do artefato em desenvolvimento. Esses requisitos são descritos Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Requisitos Não Funcionais

RNF	Requisitos	Descrição do Requisito
RNF 001	Extensibilidade	A arquitetura deve ser capaz de ser extensível, de maneira que novas funcionalidades e atributos de qualidade possam ser adicionados à solução, de forma que não prejudiquem o funcionamento do restante dos componentes ou ecossistema.
RNF 002	Escalabilidade	A arquitetura deve ser capaz de suportar grande volume de dados e usuários, de modo a atender às necessidades dos consumidores.
RNF 003	Portabilidade	A arquitetura deve ser capaz de ser executada por meio de dispositivos móveis em diferentes sistemas operacionais.
RNF 004	Flexibilidade	A arquitetura deve ser flexível para ser adaptada de acordo com o ambiente em que está inserida.

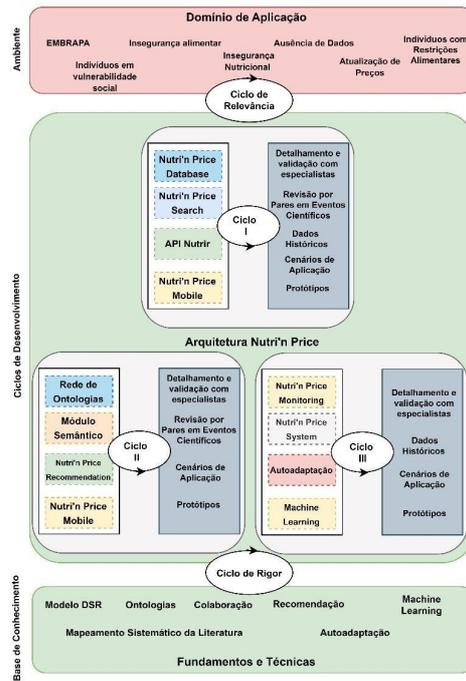
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Além dos requisitos apresentados no Quadro 4.2, existem outros RNF, como transparência, interoperabilidade, manutenibilidade, reúso e sustentabilidade que podem ser considerados para a construção de uma arquitetura de qualidade. No entanto, consideramos os 4 RNF elencados em destaque para desenvolvimento dos componentes da arquitetura Nutri'n Price. O alcance desses requisitos permitirá uma arquitetura capaz de ser flexível e extensível para comportar as necessidades de adaptação e adição de novos componentes, a fim de garantir as funcionalidades definidas. A arquitetura também deve garantir a possibilidade de diferentes usuários, por meio de diferentes dispositivos, acessarem os dados, sendo uma arquitetura portátil e escalável. Nesta seção todos os requisitos encontrados durante os ciclos de desenvolvimento das aplicações foram sintetizados. Contudo, alguns requisitos foram definidos inicialmente, logo no primeiro ciclo de desenvolvimento e outros foram definidos no decorrer do desenvolvimento dos outros ciclos. A pesquisa DSR possibilita a adição desses elementos, uma vez que ao finalizar cada ciclo, o artefato é avaliado e podem ser encontradas novas necessidades e atributos de qualidade que devem ser atendidos. A subseção a seguir descreve todos os ciclos de desenvolvimento realizados para a construção da arquitetura Nutri'n Price.

4.1.3 CICLOS DE DESENVOLVIMENTO

Para alcançar os objetivos previamente citados, foram especificados, combinados e evoluídos diversos componentes até especificação da versão do ciclo final. Para tanto, apoiados na metodologia DSR, o desenvolvimento foi organizado e realizado nestes ciclos de desenvolvimento. A Figura 4.4 resume todos os principais componentes desenvolvidos e avaliações realizadas nos ciclos, de maneira a demonstrar a interação com o ambiente, além de técnicas e fundamentos já validados.

Figura 4.4 – Ciclos de Desenvolvimento Nutri'n Price



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Cada elemento do artefato foi desenvolvido e avaliado de maneira que, a cada ciclo, novos requisitos possam ser adicionados com o objetivo de aperfeiçoar o artefato em desenvolvimento, para assim responder as questões de avaliação e de

pesquisa. A seguir são apresentados os quatro ciclos de desenvolvimento da arquitetura Nutri'n Price. Em cada ciclo são apresentados os componentes e objetivos a serem atingidos com eles.

4.1.3.1 CICLO I: VERSÃO INICIAL

4.1.3.1.1 DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA

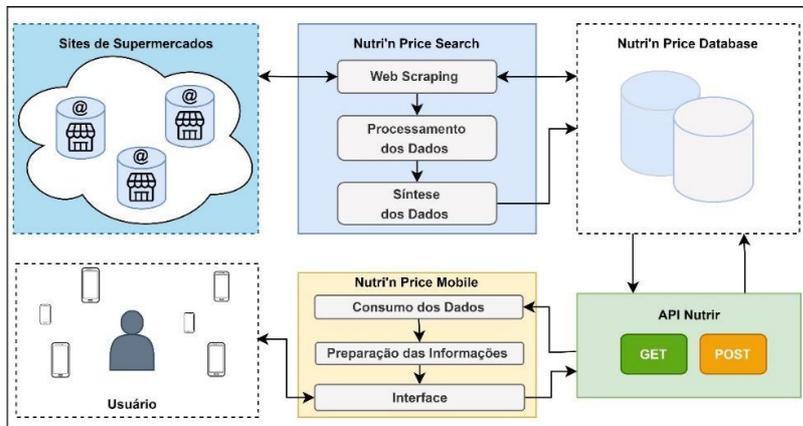
O primeiro ciclo de desenvolvimento se originou a partir da experiência vivida no Projeto Nutrileite, de modo que, por meio da exploração e compreensão do domínio, requisitos funcionais e não funcionais foram elicitados em parceria com especialistas nas áreas de nutrição e consumo alimentar. Este estudo exploratório, possibilitou a compreensão do contexto em que o problema estava inserido por meio da prática, e apoiou na definição dos conceitos que deveriam ser buscados para embasar a pesquisa em andamento e o desenvolvimento da ferramenta. Sendo assim, foi possível construir um MSL (Capítulo 3) para o encontro de lacunas existentes no domínio em questão. A partir da compreensão das conjecturas técnicas e teóricas que o problema e o processo de pesquisa se encontravam, foi idealizado o primeiro ciclo de desenvolvimento com uma versão inicial da arquitetura Nutri'n Price.

No primeiro ciclo de desenvolvimento, o foco se manteve na definição de como seria feita a busca dos preços dos alimentos. O desafio era encontrar fontes confiáveis que mantivessem os preços dos alimentos atualizados e fossem gratuitas. Além disso, seria importante que os preços fossem fidedignos aos disponibilizados para os consumidores e não representassem custos para vendas no atacado ou para organizações, por exemplo. No entanto, não foram encontrados repositórios ou serviços que disponibilizassem esses preços de maneira gratuita e com livre acesso. Sendo assim, a proposta foi buscar nos sites de supermercados os preços dos produtos alimentícios.

A Figura 4.5 ilustra a arquitetura desenvolvida no primeiro ciclo. A arquitetura segue o padrão de projeto em camadas, de maneira a proporcionar uma organização clara dos componentes propostos. Nesta primeira versão, o foco foi no desenvolvimento de mecanismos para a busca dos preços de forma automatizada e ranqueamento dos resultados de acordo com o custo-benefício e densidade nutricional. Estes rankings foram propostos originalmente no Projeto Nutrileite para

exibição dos produtos mais ricos nutricionalmente e com menor custo de aquisição pelo consumidor.

Figura 4.5 – Arquitetura Nutri'n Price: Primeiro Ciclo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As fontes de informações nesta primeira versão foram os sites de supermercados explorados pelo módulo Nutri'n Price Search (Figura 3.4). Este componente é responsável por extrair, processar e sintetizar os dados relacionados aos preços dos produtos alimentícios. Para coleta dos dados, é proposta a utilização de técnicas de raspagem de dados (Web scraping). Essas técnicas consistem em identificar elementos HTML de sites online, e extrair deles os dados desejados. Neste caso, devem ser selecionados sites de supermercados e neles identificadas as marcações referentes aos elementos que possuem os dados referentes aos preços dos alimentos. Após essa identificação, devem ser selecionadas as URLs pertinentes para cada alimento previamente definido, de cada supermercado, e assim registradas no banco de dados Nutri'n Price Database. Todos os atributos dos alimentos, assim como seus dados nutricionais, estão de acordo com os previamente identificados no Projeto Nutrileite e estão registrados no Nutri'n Price Database.

Apesar dos dados supracitados terem sido originados no Projeto Nutrileite, não havia uma estrutura computacional capaz de persisti-los. Dessa maneira, o banco

Nutri'n Price Database foi modelado neste ciclo inicial para comportar os dados referentes aos alimentos, aos supermercados, à localização dos supermercados e as URLs das páginas web para cada alimento registrado.

A partir das URLs definidas e armazenadas no banco, são realizadas as buscas dos preços pelo componente Web Scraping. O componente acessa os sites, extrai os preços, os processa e sintetiza para armazenamento no banco de dados. São persistidos os preços dos alimentos, de qual URL foi captado e a que estado pertence a URL. Além disso, já são calculados e registrados, no banco de dados, os índices de custo-benefício e densidade nutricionais.

Após os dados serem armazenados nas tabelas, esses são disponibilizados para a API Nutrir realizar as requisições de busca necessárias e apresentação no módulo Nutri'n Price Mobile. O módulo mobile é o responsável por preparar todas as informações recebidas pela API via JSON e exibi-las em formato de ranking para os usuários, de maneira a apresentar os dados em uma organização de fácil entendimento. Diante disso, os usuários são capazes de visualizar as informações nutricionais e de custo do alimento, de maneira a apoiar a escolha de alimentos mais saudáveis e baratos para compor a dieta.

Para desenvolvimento do Módulo Nutri'n Price Search foi proposta a linguagem Python, utilizando a biblioteca Beautiful Soup⁵ e o framework Selenium⁶. Beautiful Soup é uma biblioteca Python para extração de dados de documentos HTML e XML, de maneira a transformar esses documentos em uma árvore de objetos Python. O Selenium é um framework multiplataforma capaz de emular a interação com navegadores de maneira automatizada. Para o desenvolvimento da API Nutrir foi proposta a utilização de Node.js para a compilação de uma aplicação javascript. Para o desenvolvimento do Nutri'n Price Mobile, propõe-se a utilização do React Native, biblioteca Javascript para desenvolvimento de aplicativos móveis multiplataformas.

4.1.3.1.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CICLO I

No Capítulo 5 é apresentada a avaliação dos componentes gerados para arquitetura Nutri'n Price neste primeiro ciclo de desenvolvimento, bem como os

⁵ <https://beautiful-soup-4.readthedocs.io/en/latest/#>

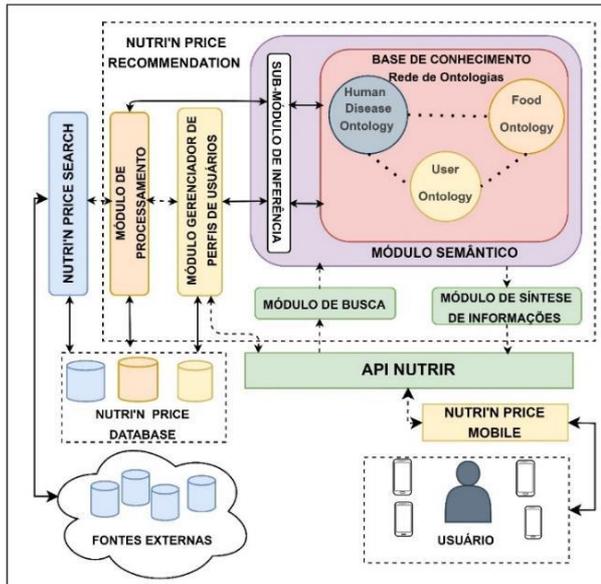
⁶ <https://www.selenium.dev/>

achados técnicos e teóricos que demandaram melhorias na arquitetura proposta. Foram desenvolvidos cenários para avaliação dos requisitos não funcionais da arquitetura de modo a identificar os pontos positivos e as vulnerabilidades encontradas. Além disso, foram desenvolvidos protótipos a fim de validar as funcionalidades propostas. A partir dos resultados encontrados, identificou-se a necessidade da personalização das informações exibidas ao usuário, de maneira a garantir o interesse e aproximar as informações ao contexto em que o consumidor está inserido. Assim, essas novas funcionalidades serão estudadas e desenvolvidas nos ciclos posteriores gerando novos componentes para aperfeiçoamento e correção do artefato em desenvolvimento.

4.1.3.2 CICLO II: RECOMENDAÇÃO DOS ALIMENTOS

No segundo ciclo de desenvolvimento da Nutri'n Price, o foco foi no desenvolvimento de componentes para a recomendação dos produtos alimentícios, de forma a considerar os cálculos de custo-benefício e densidade nutricionais propostos pelo Projeto Nutrileite e no ciclo anterior. A decisão em projetar uma arquitetura de recomendação considerou o grande volume de dados que poderia ser capturado pela arquitetura, o que permitiu o aprimoramento das técnicas de recomendação ao longo do tempo, de maneira a aproximar e fidelizar o usuário consumidor na utilização da aplicação desenvolvida a partir da arquitetura. Na Figura 4.6, é apresentada uma visão geral da arquitetura neste segundo ciclo com os componentes de captação dos preços dos alimentos e os componentes utilizados para o processamento semântico da recomendação. Neste segundo ciclo, o Nutri'n Price Mobile, apresentado no primeiro ciclo de desenvolvimento, é utilizado apenas como interface com o usuário consumidor e o restante dos processamentos são fragmentados em outros componentes.

Figura 4.6 – Arquitetura Nutri'n Price: Segundo Ciclo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para que a arquitetura promovesse a recomendação dos dados obtidos das fontes externas, foi desenvolvido um novo componente denominado Nutri'n Price Recommendation. Esse componente é formado por módulos de processamento dos dados dos alimentos (Módulo de Processamento), de gerenciamento dos dados dos usuários (Módulo Gerenciador de Perfis de Usuários), de pesquisa (Módulo de Busca), de organização e disponibilização dos resultados (Módulo de Síntese de Informações) e pelo Módulo Semântico, responsável pelo processamento e significação dos dados dos usuários e dos alimentos.

Os dados dos usuários cadastrados na arquitetura, e utilizados no Módulo Semântico, são processados e organizados (Módulo Gerenciador de Perfis de Usuários). Os dados dos preços dos alimentos são recuperados dos sites de supermercados (Nutri'n Price Search), organizados e armazenados no banco de dados para utilização no Módulo Semântico. Por meio da interface móvel pertencente ao Nutri'n Price Mobile que se comunica com o componente API Nutrir, o usuário

insere dados socioeconômicos, o tipo de nutriente e alimentos de interesse no Módulo de Busca. A solicitação de recomendação é processada no Módulo Semântico.

A abordagem de recomendação utilizada pela Nutri'n Price é híbrida, pois consiste no uso combinado de técnicas de recuperação de informação e filtragem colaborativa. A abordagem híbrida foi escolhida para fornecer uma recomendação mais precisa, evitando o problema conhecido como partida à frio. Para apoiar essa estratégia, foi desenvolvida a Rede de Ontologias Nutri'n Price, detalhada na subseção a seguir, que é formada por ontologias de alimentos (Food Ontology), de usuários (User Ontology) e de doenças humanas (Human Disease Ontology⁷), que se relacionam com um Submódulo de Inferência no Módulo Semântico. Assim, ocorre a recuperação direta das informações na rede ontológica e a filtragem colaborativa realizada por meio do processamento de algoritmos de inferência na rede ontológica.

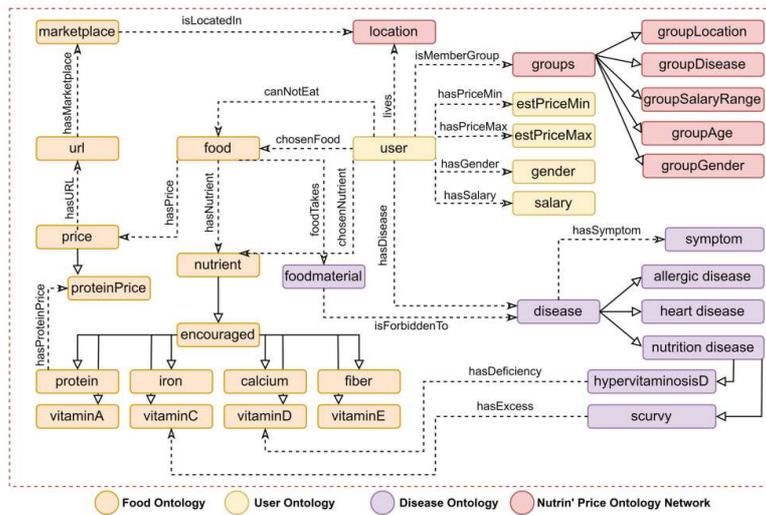
Além da recuperação direta, adiciona-se a estratégia de filtragem colaborativa e a base de conhecimento que utiliza dados prévios de outros usuários, além dos do próprio usuário, entre eles dados socioeconômicos, para processamento inteligente (inferências) da Rede de Ontologias, que sugere então os alimentos mais nutritivos e que atendam às especificidades do usuário consumidor. As informações de preços e nutrientes são organizadas (Módulo de Síntese de Informações) e exibidas por meio de uma interface mobile.

4.1.3.2.1 REDE DE ONTOLOGIAS NUTRI'N PRICE

Utilizada como modelo semântico, o principal objetivo da rede de ontologias é processar as informações (instâncias) a partir de um conjunto de regras lógicas e algoritmos de inferência para encontrar novos relacionamentos e classificações, para assim recomendar alimentos adequados a uma população ou usuário específico, considerando o custo dos alimentos. A rede é dinâmica à medida que instâncias que representam diferentes contextos são processadas e as informações são inferidas para a recomendação dos produtos alimentares mais acessíveis. Essa rede é formada por classes e relacionamentos que abrangem a **Food Ontology**, **User Ontology** e **Human Disease Ontology**. A Figura 4.7 ilustra algumas das principais classes que estão interligadas e os relacionamentos que compõem a rede.

⁷ Human Disease Ontology, <https://disease-ontology.org/>

Figura 4.7 – Rede de Ontologias Nutri'n Price



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A **Food Ontology** define os conceitos relacionados com os produtos alimentícios (**:food**), nutrientes (**:nutrient**), nutrientes específicos (e.g. **:protein e :vitaminA**), preço de cada produto para cada 100g (**:price**), preço de cada nutriente (e.g. **:proteinPrice e :vitaminAPrice**), URL dos sites onde o produto foi pesquisado (**:url**), o supermercado onde o produto foi encontrado (**:marketplace**) e onde este supermercado está localizado (**:location**). Além das classes, a rede especifica relacionamentos, por meio de propriedades de objetos, como o relacionamento entre a classe **:food** e as subclasses **:nutrient**, que indicam as quantidades de nutrientes presentes para cada alimento. A **Food Ontology** também tem as relações entre alimentação, preço, url e supermercado, para identificar em qual endereço web os preços foram pesquisados (**:hasURL**), em qual estabelecimento (**:hasMarketplace**), e de qual localização (**:isLocatedIn**).

A **Food Ontology** define os conceitos relacionados com os produtos alimentícios (**:food**), nutrientes (**:nutrient**), nutrientes específicos (e.g. **:protein e**

:**vitaminA**), preço de cada produto para cada 100g (:**price**), preço de cada nutriente (e.g. :**proteinPrice** e :**vitaminAPrice**), URL dos sites onde o produto foi pesquisado (:**url**), o supermercado onde o produto foi encontrado (:**marketplace**) e onde este supermercado está localizado (:**location**). Além das classes, a rede especifica relacionamentos, por meio de propriedades de objetos, como o relacionamento entre a classe :**food** e as subclasses :**nutrient**, que indicam as quantidades de nutrientes presentes para cada alimento. A **Food Ontology** também tem as relações entre alimentação, preço, url e supermercado, para identificar em qual endereço web os preços foram pesquisados (:**hasURL**), em qual estabelecimento (:**hasMarketplace**), e de qual localização (:**isLocatedIn**).

A **User Ontology** foi criada para representar conceitos relacionados aos usuários. Existe a classe que representa o usuário (:**User**), localização do usuário (:**location**), restrições alimentares (:**foodRestriction**) e doenças (:**disease**). Além das classes, as propriedades dos objetos relacionam esses conceitos ao usuário.

A **Disease Ontology** engloba a definição de conceitos que se referem a doenças que estão relacionadas à nutrição e à alimentação. As classes são diretamente relacionadas a doenças nutricionais (:**nutrition disease**) e deficiência de nutrientes (:**nutritional deficiency disease**). Podem ser destacadas também as alergias alimentares que existem e são representados por classes como :**food allergy** e suas subclasses. Algumas classes relacionam essas alergias aos materiais que as causam (:**foodmaterial**). Destaca-se também a classe que define os sintomas de cada doença (:**symptom**). Existem poucas propriedades de objetos usadas neste conjunto de classes da ontologia de doenças. O uso de classes da **Disease Ontology** é crucial para a recomendação de alimentos, pois apoia a descoberta de nutrientes e alimentos restritos de acordo com a doença do usuário.

A escolha em propor uma rede de ontologias foi considerada pois ontologias menores são mais extensíveis e fáceis de manter e reutilizar, com conceitos e relacionamentos claros. Além disso, a conexão entre essas ontologias permite a descoberta de novos conhecimentos relacionados à recomendação. A rede é atribuída à criação de novas classes, propriedades de objetos, cadeias de propriedades e regras para auxiliar o processamento e fornece novos conhecimentos à aplicação. Classes semanticamente equivalentes foram mescladas em apenas uma, como é o caso de :**location**. Foram criadas novas classes para definir grupos de acordo com as características do usuário, sendo representados pela classe :**groups** e suas

subclasses. Adicionalmente, para conectar as ontologias e enriquecer a rede semântica, foram criadas object properties, em que **:chosenNutrient** (define os nutrientes escolhidos pelo usuário), **:chosenFood** (define os alimentos escolhidos pelo usuário) e **:hasDisease** (define as doenças que o usuário pode ter). Destaca-se também a criação de property chains, como **:canNotEat**, que através de diversas relações pode inferir, através do reasoner, que um usuário não deve consumir alimentos contra suas restrições alimentares.

Todas as classes, relacionamentos e regras desenvolvidas ou reutilizadas na rede visam construir uma estrutura que apoie técnicas de recuperação de informação ou filtragem colaborativa para a recomendação. Property chains, como **:canNotEat**, auxilia na recuperação direta de informações e na devolução de alimentos que não devem ser consumidos pelos usuários. Também foram desenvolvidas regras SWRL (Semantic Web Reasoner Language) (Mishra e Kumar, 2011) para apoiar no processamento de novas relações ontológicas. Essas regras SWRL definem grupos que identificam usuários com preferências ou características semelhantes. Uma das vantagens desta abordagem é que os sistemas de recomendação baseados em ontologia mitigam problemas de inicialização a frio devido à possibilidade de recuperar informações relacionadas a um determinado usuário com a ajuda de um reasoner e regras de inferência.

Para a especificação das ontologias, utilizamos da ferramenta Protegé⁸. Essa ferramenta é um editor para estruturação de ontologias para construção de sistemas semânticos. A partir da especificação, a rede de ontologias foi processada utilizando a biblioteca Owl2Ready⁹ conjuntamente com a linguagem Python para uso no Módulo Semântico Nutri'n Price.

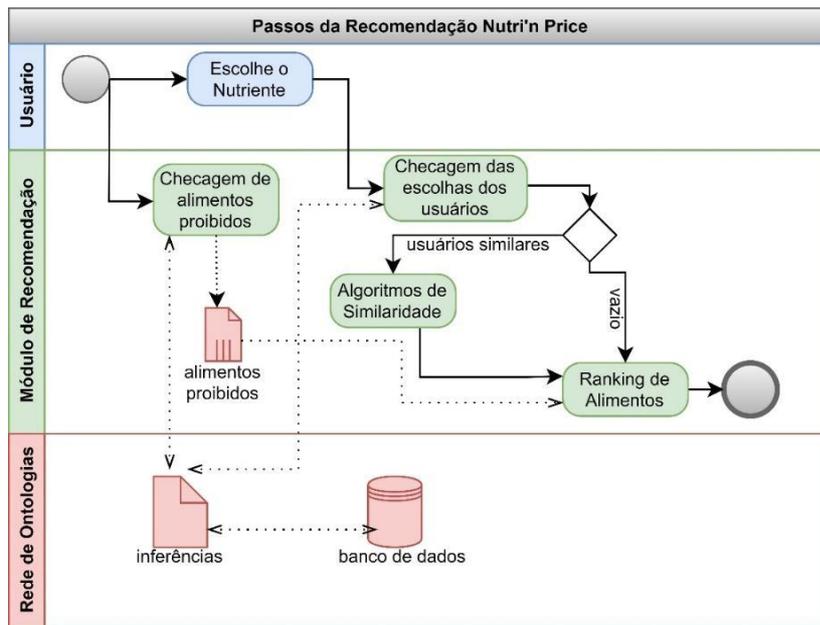
4.1.3.2.2 PROCESSO DE RECOMENDAÇÃO

Para compreensão da utilização dos elementos que fazem parte dos componentes de recomendação, a Figura 4.8, por meio de um diagrama de processos, detalha o fluxo adotado.

⁸ <https://protege.stanford.edu/>

⁹ <https://owlready2.readthedocs.io/en/latest/>

Figura 4.8 – Fluxo Processual da Recomendação Nutri'n Price



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O processo de recomendação começa com a verificação de alimentos restritos para um usuário ou grupos de usuários e a escolha do nutriente alvo. Então, o Nutri'n Price Recommendation verifica as restrições obrigatórias recuperando informações na rede de ontologias, considerando os alimentos que o usuário não pode consumir. Para a execução dessas restrições, o reasoner é executado na rede e todas as inferências da relação **:canNotEat (:user - :canNotEat - :food)** para um ou mais indivíduos devem ser armazenados em uma lista com alimentos restritos.

Associado à verificação de restrições, um ou mais nutrientes alvo também deve ser enviado à Nutri'n Price, possibilitando a recomendação de alimentos ricos no(s) nutriente(s) selecionado(s). Em seguida, a Nutri'n Price deve verificar se há usuários semelhantes, isto é, usuários que escolheram anteriormente os mesmos nutrientes. Para isso, a Rede de Ontologias Nutri'n Price é consultada através da propriedade do

objeto `:nutrientChosen`, o inverso de `:chosenNutrient` (`:user :chooseNutrient :nutrient`), para que todos os usuários semelhantes sejam devolvidos. Então, a rede ontológica é processada para definir grupos de acordo com a comparação entre o(s) usuário(s) solicitante(s) e usuários similares. Um conjunto com subconjuntos de grupos de cada usuário semelhante são definidos. Os grupos de cada usuário semelhante são comparados com os grupos de usuários solicitantes através da abordagem chamada similaridade de Jaccard, para apoiar a precisão e exatidão das recomendações.

4.1.3.2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CICLO II

É importante salientar que o *Nutri'n Price Recommendation* não realiza recomendações médicas. O componente de recomendação se baseia em dados do usuário solicitante e de uma multidão de usuários semelhantes para sugerir alimentos de acordo com os dados socioeconômicos e de preferência do usuário. Dessa forma, recomendações que envolvam a saúde do usuário consumidor devem ser realizadas por profissionais de saúde especializados, um nutricionista, por exemplo.

A evolução do artefato apresentada no ciclo II foi organizada e apresentada para comunidade científica, por meio da geração de um artigo científico (Alves et al., 2022). A avaliação por pares possibilita a descoberta de achados técnicos e teóricos e a publicação do estudo faz com que ele passe a compor a base teórica para o domínio que está sendo pesquisado. Adicionalmente à avaliação por especialistas, os componentes apresentados neste ciclo foram avaliados por meio da criação de cenários de recomendação e implementação das ontologias. Além disso, foram realizadas discussões multidisciplinares entre especialistas de nutrição, consumo e tecnologia, de maneira a expandir o conhecimento acerca do domínio de aplicação e possibilitar o desenvolvimento de novos componentes e ajustes nos já existentes. A avaliação realizada é descrita no Capítulo 5.

Após os desenvolvimentos e avaliações dos ciclos I e II, os pesquisadores levantaram o questionamento sobre o aumento no volume de dados dos usuários e dos produtos alimentícios e suas consequências para escalabilidade. O aumento desse volume pode causar problemas relacionados à performance da aplicação, pois dificulta o processamento dos dados, de modo a dificultar a utilização dos usuários e a aquisição de novos consumidores. Dessa forma, os pesquisadores buscaram novas

maneiras de busca e armazenamento desses dados de maneira inteligente, não utilizando espaço de armazenamento desnecessário.

Além disso, é necessário que a arquitetura apresente uma maior flexibilidade para entendimento do contexto ao qual está inserida, de maneira a personalizar as informações para recomendação dos alimentos para os consumidores. Dessa forma, novos componentes podem ser criados para monitoramento do ambiente em que a arquitetura está inserida, para assim promover informações de diferentes partes do país para economia nutricional.

4.1.3.3 CICLO III: ABORDAGEM AUTOADAPTATIVA APLICADA À NUTRI'N PRICE

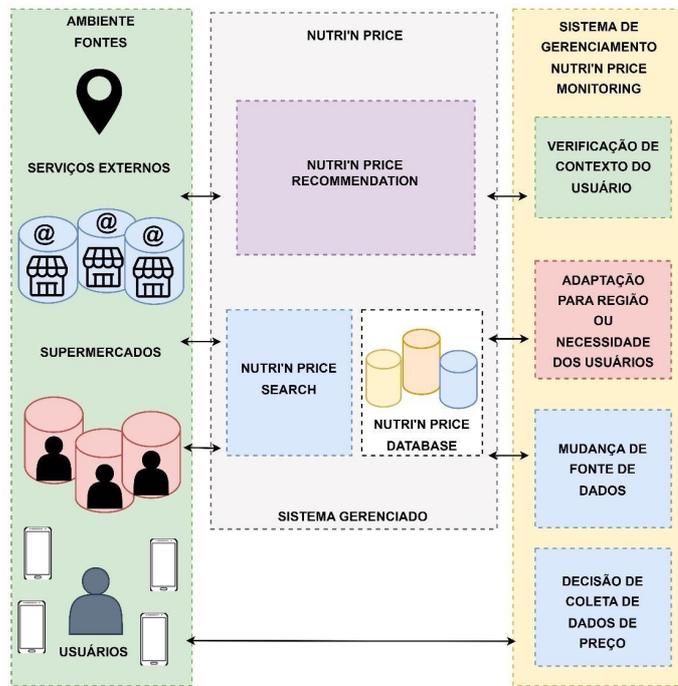
4.1.3.3.1 DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA

No terceiro ciclo proposto neste trabalho, o desenho arquitetural autoadaptativo foi desenvolvido com o objetivo de atender às funcionalidades do Nutrin Price, assim como os seus requisitos funcionais e não funcionais. Devido à diversidade e possíveis mudanças de contexto em que a arquitetura Nutri'n Price pode estar submetida, a abordagem autoadaptativa foi escolhida. Essa evolução da arquitetura visa atender as demandas dos consumidores, de forma adequada, com qualidade e custos reduzidos. E assim, sustentar o funcionamento da ferramenta e desempenhar, a partir de sua utilização, o papel social proposto, para que dessa forma, o acesso a essas informações seja escalável e consumidores dos mais diferentes perfis, principalmente os mais vulneráveis economicamente, sejam beneficiados com o conhecimento econômico e nutricional acerca de sua dieta alimentícia. Sendo assim, organiza-se a arquitetura e seus elementos relacionados em três partes, que constituem uma arquitetura autoadaptativa, como pode ser verificado na Figura 4.9.

O sistema gerenciado, denominado **Nutrin Price – System**, é a camada da arquitetura que provê as funcionalidades aos usuários. Essa camada é composta pelos módulos de recomendação (**Nutri'n Price Recommendation**), colaboração (**Nutri'n Price Collab User**) e busca e gerenciamento dos preços (**Nutri'n Price Search**). Todos esses módulos são alimentados pela base de dados do sistema (**Nutri'n Price Database**). Nessa base estão armazenados todos os dados referentes aos preços dos alimentos, usuários e supermercados envolvidos. A partir desses

dados, o sistema exibe as recomendações pertinentes a cada usuário. No entanto, esses resultados são diretamente influenciados e adaptados de acordo com os fatores externos relacionados ao contexto em que o sistema gerenciado está inserido. E essa adaptação é gerenciada pelo sistema de gerenciamento denominado **Nutrin Price – Monitoring**.

Figura 4.9 – Arquitetura Nutri'n Price: Terceiro Ciclo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O **Nutrin Price – Monitoring** é a camada capaz de observar o ambiente que o sistema autoadaptativo está inserido e emitir comandos e alertas para adaptar as funcionalidades do **Nutrin Price – System**. Neste caso, essas adaptações têm o objetivo de oferecer as funcionalidades do sistema com alta personalização para o usuário, obedecendo os requisitos de qualidade do sistema. Desse modo, esse

sistema de gerenciamento monitora e alerta sobre alterações de preços dos alimentos para adaptar a funcionalidade de captação dos preços no sistema gerenciado. Além disso, verifica a localização em que o usuário está inserido para adaptar a fonte de dados dos preços, assim como o texto apresentado em tela, considerando os regionalismos.

A camada ambiente é constituída pelas diferentes fontes de dados e serviços que são utilizados no sistema de recomendação. O serviço de geolocalização é utilizado para que o sistema seja adaptado de acordo com a região em que o usuário está inserido. Dessa forma, o **Nutrin Price – Monitoring** utiliza dos dados oriundos da geolocalização para verificar o contexto do usuário e utiliza os módulos necessários de gerenciamento para adaptar o sistema aos regionalismos linguísticos, escolher as fontes para as variáveis de recomendação e selecionar as fontes de captação dos preços.

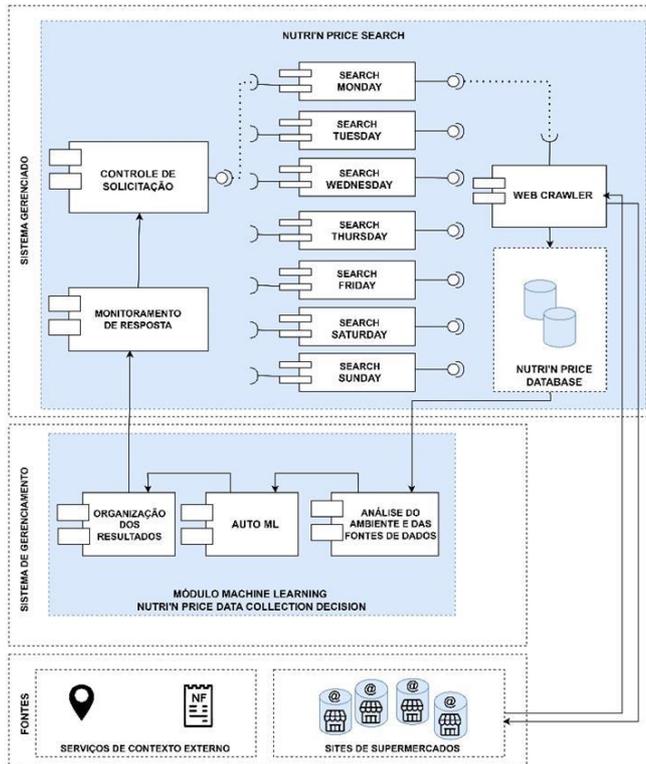
O ambiente conta ainda com os sites dos supermercados. Esses sites são utilizados para realização do processo de webscraping, de maneira que o sistema seja capaz de capturar os dados e disponibilizar para o cálculo do custo benefício nutricional, assim como explicitado no primeiro ciclo. No entanto, com a abordagem auto adaptativa é proposta uma maneira, que será detalhada na subseção 4.1.9.2, para captar apenas os preços necessários para cada alimento, não causando problemas relacionados ao custo de armazenamento e de performance do sistema pela grande quantidade de dados.

Nas subseções a seguir são apresentados os componentes que fazem parte da configuração atual da arquitetura Nutri'n Price. Esses componentes desenvolvidos e evoluídos ao longo dos ciclos de desenvolvimento são explorados de maneira a possibilitar o entendimento dos processos aos quais fazem parte, como também as tecnologias propostas para desenvolvimento dos mesmos.

4.1.3.3.2 EXTRAÇÃO DOS DADOS VIA WEBSCRAPING

O processo de captação de preços dos supermercados tem suas funcionalidades concentradas nos módulos **Nutri'n Price Search**, do **Sistema Gerenciado** e no módulo **Nutri'n Price Data Collection Decision**, no **Sistema de Gerenciamento**. Esses módulos são detalhados no seguimento da arquitetura Nutri'n Price ilustrada na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Nutri'n Price Search em uma abordagem auto adaptativa



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As fontes de dados dos preços dos alimentos são duas: sites de supermercados, em que os preços são captados via webscraping, e por meio da colaboração dos usuários, em que os preços são captados por meio da leitura de QR Codes dos cupons fiscais. Nesta seção, o fluxo de auto adaptação apresentado considera apenas os sites de supermercados como fontes de dados presentes no ambiente em que processo de captação dos preços ocorre. Esse ambiente é monitorado pelo Sistema de Gerenciamento e interage com o Sistema Gerenciado por

meio dos componentes **Monitoramento de Resposta**, **Web Crawler** e da **Nutri'n Price Database**.

Neste fluxo, o Sistema de Gerenciamento é o responsável por identificar os melhores dias da semana para captar os preços de cada alimento. Para tanto, o sistema é constituído por três componentes. O componente que verifica as alterações dos dados de preços dos alimentos e os organiza para processamento (**Análise do Ambiente e das Fontes de Dados**). Após a organização dos dados, esses são encaminhados para o componente de Machine Learning (**Auto ML**), que é o responsável pela definição do dia da semana para captação dos preços dos alimentos. O componente **Auto ML** tem como entrada os dados históricos de captação dos preços dos alimentos. Entre esses dados estão o preço, a data e o dia da semana que esses preços foram extraídos dos sites dos supermercados. A partir dessas entradas, o componente deve ser capaz de retornar informações de que dia da semana é melhor para captação dos preços de um alimento para determinado estado.

Após o processamento realizado no módulo de ML, são enviados comandos para o sistema gerenciado, de modo a acionar os componentes para captar os preços conforme os resultados processados de maneira inteligente. A auto adaptação ocorre a partir dos comandos enviados do módulo **Nutri'n Price Data Collection Decision** para os componentes do **Nutri'n Price Search**. Há no sistema gerenciado um componente que recebe a informação e envia para o componente **Controle de Solicitação**, que controla qual módulo de busca deve ser acionado para determinado alimento. Sendo assim, o preço do alimento só será buscado nos sites de supermercados a partir da definição do módulo de inteligência, que irá definir qual módulo de dia da semana deve ser acionado para determinado alimento. Todo esse processo deve ser realizado de maneira automatizada, com o mínimo de intervenção humana. Dessa maneira, diminuem-se as chances da existência de um viés para definição dos dias de captação dos preços. Além disso, a definição e busca automatizada faz com que não sejam armazenados dados desnecessários na base Nutri'n Price.

4.1.3.3.3 RECOMENDAÇÃO DOS ALIMENTOS

O módulo de recomendação **Nutri'n Price Recommendation** é explorado nesta nova organização arquitetural a partir da apresentação das entradas e saídas

esperadas e o processamento por meio da **Rede de Ontologias**. A proposição desses componentes foi realizada no segundo ciclo de desenvolvimento e fazem parte da configuração atual da arquitetura. O módulo de recomendação é parte da camada da arquitetura que representa o sistema gerenciado, e se relaciona com os outros componentes por meio da interoperabilidade de dados necessários para realização da recomendação.

4.1.3.3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CICLO III

Com a abordagem autoadaptativa, o artefato é capaz de se adequar melhor aos contextos em que estará inserido, de maneira a se organizar e prover informações de acordo com os dados monitorados no ambiente. Essa proposta autoadaptativa, além de um melhor funcionamento da arquitetura, pois os recursos computacionais poderão ser reutilizados e tendem a ser processados com maior rapidez, possibilita ao consumidor uma riqueza maior de informações e personalização. Isso se deve à flexibilização dos componentes, que podem apresentar diferentes configurações de maneira a prover os melhores resultados para o usuário. A avaliação do ciclo será desenvolvida no Capítulo 5 por meio da apresentação de cenários afim da validação dos requisitos funcionais e não funcionais, assim como da identificação das contribuições técnicas e teóricas do ciclo III.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O Capítulo 4 apresentou todo o processo de desenvolvimento da arquitetura Nutri'n Price. Desde a definição da metodologia de pesquisa, levantamento de requisitos, até apresentação dos componentes. Foi possível assim, discutir todos os componentes desenvolvidos e conhecimentos adquiridos no processo de pesquisa. Foram realizadas contribuições técnicas e teóricas, de maneira a adicionar novos conhecimentos e artefatos ao domínio em estudo. O Capítulo 5 irá discutir o processo avaliativo realizado em cada ciclo, detalhando assim, o porquê da proposição de novos componentes. Ainda serão discutidas as contribuições técnicas e teóricas de cada etapa.

5 AVALIAÇÃO

Este capítulo descreve as avaliações realizadas para cada ciclo de desenvolvimento da Arquitetura Nutri'n Price. Os processos avaliativos investigam o produto para responder às questões de avaliação definidas no Mapa de Elementos DSR (Figura 3.2. Mapa de Elementos – Capítulo 3), e conseqüentemente, a Questão de Pesquisa principal. A avaliação possibilita, por meio da análise dos resultados, descobertas técnicas e teóricas, que irão compor as bases teóricas e práticas do tema em estudo. Para realização da avaliação são considerados métodos previamente validados, a fim de evitar que o processo avaliativo seja enviesado de acordo com as premissas dos pesquisadores. Sendo assim, o artefato Nutri'n Price foi avaliado a partir da criação de cenários de avaliação em contextos reais por meio de estudos de caso (Runeson and Host, 2009) e com a implementação de componentes da arquitetura Nutri'n Price. Além disso, utilizou também da pesquisa histórica (Horta et al. 2018), desenvolvida a partir dos dados captados e informações geradas a partir da execução das aplicações que representam a arquitetura. E ainda, se baseou na metodologia CRISP-DM (CRoss-Industry Standard Process for Data Mining) (Ribeiro et al., 2020) (Sousa et al., 2022), exclusivamente utilizada no ciclo III, com as devidas adaptações ao domínio. Os métodos combinados, avaliam as ideias propostas para cada ciclo de desenvolvimento no desenvolvimento do artefato.

Neste capítulo, são desenvolvidos estudos de caso para os ciclos I e II. Nesses estudos são definidos os cenários de avaliação, com a inserção de observações diretas e a realização de questionários informais aos participantes. Esses estudos ainda contam com um conjunto de dados e a implementação de aplicações para avaliação da arquitetura, de modo a avaliar se as funcionalidades estão sendo atendidas, assim como os atributos de qualidade. No ciclo III, são consideradas as análises do segundo ciclo para a evolução da arquitetura, de modo que, os novos componentes e desenho arquitetural, serão avaliados por meio da implementação de uma aplicação de ML para monitoramento da alteração dos preços dos alimentos.

Essas metodologias aplicadas ao desenvolvimento de uma pesquisa que utiliza a metodologia DSR, permite avaliar o artefato ao final de cada ciclo de desenvolvimento. Essas avaliações possibilitam identificar se os requisitos funcionais e não funcionais elicitados estão sendo atendidos pela arquitetura, de maneira a corrigir ou aprimorar os seus componentes nos próximos ciclos. Quanto mais cedo os pontos críticos e

limitações forem identificados e resolvidos, menor o custo do processo de desenvolvimento e maior a qualidade do artefato. Nos estudos de caso I e II, a observação, questionamentos e análise foram feitas a partir dos cenários de avaliação. Os resultados da análise podem ser caracterizados como achados técnicos ou teóricos. Além disso, por meio dos resultados, considerando os pontos positivos e os pontos sensíveis, foi possível evoluir o artefato Nutri'n Price.

As avaliações realizadas nos ciclos foram direcionadas pelas questões definidas no projeto para responder à Questão de Pesquisa: **Como a Arquitetura Nutri'n Price pode apoiar na mitigação da insegurança alimentar e nutricional no contexto brasileiro?**

Os processos de avaliação de cada ciclo foram direcionados por meio das Questões de Avaliação (QA) previamente definidas:

- QA 1. Como a arquitetura é capaz de captar e processar os dados de maneira automatizada?
- QA 2. Como a arquitetura recomenda alimentos considerando questões socioeconômicas?
- QA 3. Como a arquitetura apoia a mudança de contexto em que ela está inserida?

5.1 AVALIAÇÃO DO CICLO I

Neste estudo, um cenário foi desenvolvido para avaliar todo o processo de extração dos dados e de exibição das informações pertinentes aos preços dos alimentos. Para compor este cenário, foram escolhidos dois participantes. Esses participantes são indivíduos que cuidam das compras de alimentos de suas residências. Ambos participantes vivem no estado do Rio de Janeiro, o participante I apresenta idade próxima a 30 anos, e o II apresenta idade próxima a 50 anos. Considerando que a arquitetura Nutri'n Price proposta, deve abarcar um maior número de usuários, de diferentes classes sociais, com diferentes tipos de dispositivos móveis, foram escolhidas pessoas que possuíssem aparelhos com sistemas operacionais distintos. Sendo um participante usuário de IOS e o outro, usuário de Android, ambos com acesso à internet.

5.1.1 Estudo de Caso I

Como apresentado no Capítulo 4, a arquitetura, desenvolvida no primeiro ciclo, foca na proposição de componentes capazes de se conectar com sites de supermercados para extração dos preços dos alimentos. Além disso, são propostos elementos para organização desses dados e transformação deles para exibição aos usuários consumidores. O estudo de caso I apresenta as aplicações desenvolvidas para extração, processamento e exibição dos dados relacionados aos preços dos alimentos. Ainda são apresentados alguns dados extraídos das páginas web dos supermercados. Além disso, o estudo apresenta a observação direta da utilização da aplicação móvel por meio do cenário de avaliação definido. As implementações dos componentes têm o objetivo de avaliar a arquitetura proposta no ciclo I, considerando todo seu funcionamento.

Para avaliação deste primeiro ciclo são considerados os estudos encontrados no MSL, as discussões com especialistas do Projeto Nutrileite, as questões de pesquisa e avaliação e a arquitetura proposta. Com base nesses elementos, focamos nos requisitos funcionais RF 001, RF 003, RF 009 e RF 010. Adicionalmente aos requisitos funcionais, por meio da proposição do cenário e da abordagem arquitetural, definimos a priorização dos requisitos não funcionais, de forma a proporcionar qualidade à arquitetura, minimizando a necessidade de manutenções futuras.

5.1.2 Condução Estudo de Caso I

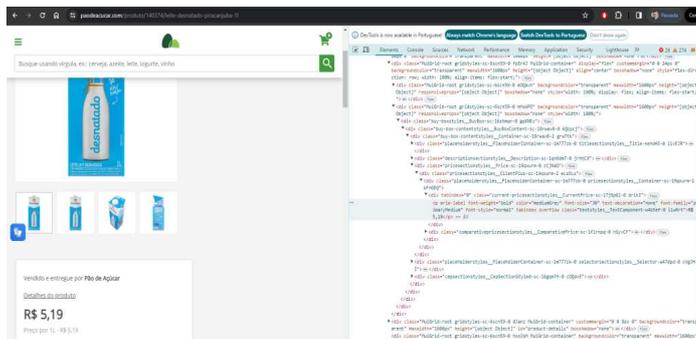
Para avaliação do primeiro ciclo foi desenvolvida uma aplicação com módulos para busca, processamento e exibição dos preços dos produtos alimentícios. Esses módulos desenvolvidos são referentes aos componentes que podem ser visualizados na arquitetura do ciclo I.

Baseado no componente Nutri'n Price Search, foi construída uma aplicação, com o objetivo de verificar as funcionalidades para busca dos dados do alimento e evoluir a solução proposta. Dessa maneira, utilizando a linguagem Python, a biblioteca BeautifulSoup e o framework Selenium, foi construída uma ferramenta com módulos capazes de identificar o estado da federação, buscar uma lista com as URLs registradas para cada estado e para cada alimento, realizar a raspagem dos dados dessas URLs e processá-los para gravação dos preços mínimos, médio e máximos

de cada item. Além disso, o Nutri'n Price Search é capaz de calcular os custos-benefícios e densidades nutricionais de todos os alimentos considerando os nutrientes supracitados. Para gravação das informações, o Nutri'n Price Database foi preparado e disponibilizado para registrar os alimentos, nutrientes, as URLs, os preços dos alimentos, índices de cada nutriente e os cálculos realizados e alterados a cada atualização dos preços. Com o desenvolvimento dessas aplicações, são cumpridos os requisitos RF 001 e RF 003, possibilitando a avaliação de parte da arquitetura Nutri'n Price.

Para extração do preço, cada site teve que ser inspecionado para identificação de elementos HTML que possuíam as informações de preço. Na Figura 5.1, pode ser visto o exemplo da busca de um supermercado do estado do Rio de Janeiro. Este supermercado foi escolhido para avaliação devido ao cenário apresentado. Neste caso, o preço foi encontrado em uma tag do tipo p, com a classe 'textstyles__TextComponent-w4b5ef-0 ilwRrt'. Todos os outros caracteres que não são importantes para gravação do preço são retirados, de maneira a resultar apenas no valor real do produto.

Figura 5.1 – Site de Supermercado localizado no estado do Rio de Janeiro



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 5.2 exibe alguns registros de URLs escolhidas para compor a extração de dados de alimentos do estado do Rio de Janeiro. A tabela URL, ilustrada na figura,

tem como função armazenar as URLs, relacionando os alimentos, a massa de cada produto e o estado brasileiro, para assim identificar a qual alimento está relacionada, qual massa deve ser considerada no cálculo e qual estado de origem do estabelecimento comercial. A consulta exibida realiza a junção das tabelas URL e alimento, a fim de facilitar o entendimento da relação entre elas.

Figura 5.2 – Consulta na Tabela URL junção com Tabela Alimento – Nutri'n Price Database

```
43 • select u.*, a.nome from nutrinprice2024.url u inner join nutrinprice2024.alimento a on a.id = u.alimento_id
```

id	url	estabelecimento_id	alimento_id	data_registro	massa	nome
2	https://www.paodeacucar.com/produto/2853/repolho-verde-900g	2	1	2023-03-08	1000	Repolho
3	https://www.paodeacucar.com/produto/445694/bife-de-figado-swift-600g	2	7	2023-03-08	800	Fígado Bovino
4	https://www.paodeacucar.com/produto/65429/cenoura-500g	2	4	2023-03-08	500	Cenoura
5	https://www.paodeacucar.com/produto/79321/abobora-japonesa-500g	2	2	2023-03-08	500	Abóbora
6	https://www.paodeacucar.com/produto/729356/limao-tahiti-qualita-1kg	2	9	2023-03-08	1000	Limão
7	https://www.paodeacucar.com/busca?terms=goiaba&p=2	2	6	2023-03-08	250	Goiaba
11	https://www.paodeacucar.com/produto/221132/suco-do-bem-laranja-caixa-1l	2	19	2023-03-08	1000	Suco de Laranja
12	https://www.paodeacucar.com/produto/182076/espinafre-em-folha-congelado-d%C2%B4hau...	2	5	2023-03-08	200	Espinafre
13	https://www.zonasul.com.br/jlo-cenorta-300g-98760j	2	21	2023-03-08	300	365
15	https://www.paodeacucar.com/produto/101546/lima-da-persia-200g	2	13	2023-03-08	200	Lima
16	https://www.paodeacucar.com/produto/85652/tomate-longa-vida-maduro-qualita-600g-	2	18	2023-03-08	600	Tomate
17	https://www.paodeacucar.com/produto/72725/abobrinha-italiana-qualita-bandeja-400g	2	8	2023-03-08	400	Abobrinha
18	https://www.paodeacucar.com/produto/398471/kivi-importado-350g	2	24	2023-03-08	350	Kivi
19	https://www.paodeacucar.com/produto/50857/chuchu-600g	2	17	2023-03-08	600	Chuchu
20	https://www.paodeacucar.com/produto/140374/leite-desnatado-piracanjuba-1l	2	25	2023-03-08	1000	Leite Desnatado
21	https://www.paodeacucar.com/produto/176149/leite-longa-vida-semidesnatado-italac-1-litro	2	28	2023-03-08	1000	Leite Semidesnatado
22	https://www.paodeacucar.com/produto/52000/irhame-bandeja-250g	2	23	2023-03-08	250	Irhame
23	https://www.paodeacucar.com/produto/101504/laranja-pera-1kg	2	10	2023-03-08	1000	Laranja
24	https://www.paodeacucar.com/produto/56399/alface-crespa-naturalmente-fresca-qualita	2	11	2023-03-08	200	Alface
25	https://www.paodeacucar.com/produto/124561/mamoa-papaya-pedaco-1kg	2	14	2023-03-08	1000	Mamão Papaya
26	https://www.paodeacucar.com/produto/100776/leite-qualita-bonitas-250g	2	27	2023-03-08	250	Leite

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

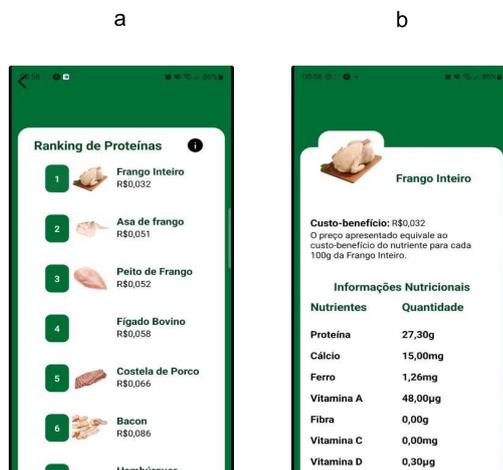
A partir dessas URLs são registrados os preços máximos e mínimos encontrados, e a partir deles definida uma média. Esse valor médio é o utilizado para cálculo do custo-benefício nutricional e do custo da densidade nutricional.

Além do Nutri'n Price Search, foi desenvolvido a aplicação Nutri'n Price Mobile para apresentação dos *rankings* de custo-benefício nutricional e da densidade nutricional. O módulo foi desenvolvido com o framework React Native e exibe as informações do ranking de alimentos a partir de determinado nutriente e índice. Ainda, para que a comunicação entre os componentes Nutri'n Price Search e Nutri'n Price Mobile fosse efetivada, foi desenvolvida também a API Nutrir. O protótipo da API Rest foi capaz de realizar a comunicação por meio de um arquivo estruturado em JSON. Para desenvolvimento, foi utilizada a linguagem Javascript por meio do ambiente de execução Node.JS.

Considerando o cenário de avaliação, os participantes I e II realizaram uma solicitação e a aplicação retornou os rankings de alimentos de acordo com a solicitação realizada por cada um deles. Para execução da aplicação, as participantes foram instruídas. Na instrução foram discutidos os objetivos do artefato, em que cenários poderiam utilizar e quais as metodologias adotadas para cálculo dos custos e ranqueamento dos alimentos. Dadas as instruções, o aplicativo móvel foi utilizado.

Através da observação direta na utilização da aplicação, não identificamos dificuldades dos participantes na utilização. Eles escolheram o ranqueamento a partir da escolha da proteína e do cálcio, nutrientes que têm dificuldades em consumir devido às suas preferências. A participante I, usuária de Android, escolheu a Proteína, como pode ser visto na Figura 5.3(a). Em primeiro lugar no ranking retornou o frango inteiro, com o custo-benefício da proteína a R\$ 0,03 a cada 100 gramas do produto. Ao clicar no produto, o aplicativo exibe nesta primeira versão os dados referentes ao produto, neste caso, o frango, conforme pode ser visto na Figura 5.3(b).

Figura 5.3 – Nutri'n Price Mobile Android



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após utilização pelos participantes, foram realizadas entrevistas informais isoladamente a fim de entender o que cada um achou da experiência em utilizar a aplicação. A conversa foi conduzida com o objetivo de saber se o artefato teria atendido os objetivos do estudo, as funcionalidades e se seria útil. As opiniões foram unânimes no que se referia ao alcance dos objetivos. Ambos participantes expressaram que a aplicação foi capaz de exibir os resultados, pela experiência deles, dentro do que seria mais barato, e de maneira a suprir as necessidades nutricionais. Destacaram também a preocupação com o usuário consumidor, e o caráter social da solução em desenvolvimento. Contudo, o participante I levantou questões relacionadas às suas preferências na escolha dos alimentos. Disse, por exemplo, preferir comer ovo ao invés de Frango, por exemplo. E não foi retornado o produto Ovo em nenhuma das posições relacionadas. Ainda comentou sobre consumidores veganos, considerando que no ranking de proteínas só havia voltado alimentos de origem animal. Considerando esses pontos, chegou-se à conclusão de que a implementação de um componente que pudesse personalizar o ranqueamento de acordo com as preferências, ou restrições, do usuário seria importante para que o consumidor continuasse utilizando o aplicativo baseado na Arquitetura Nutri'n Price.

5.1.3 Análise do Estudo de Caso I

O desenvolvimento apresentado considera todo o processo de extração dos dados dos produtos alimentícios, processamento desses dados e exibição das informações. Sendo assim, para avaliação das funcionalidades propostas no Ciclo I, a implementação realizada permitiu validar os requisitos funcionais no primeiro ciclo. Dessa maneira, foi possível identificar que os requisitos RF01, RF03, RF09 e RF10 foram atendidos.

Por meio da modelagem do banco de dados Nutri'n Price Database a base de dados, em MySQL, foi criada para armazenar as informações acerca das características dos alimentos. Assim, por meio do levantamento disponibilizado pelos pesquisadores do Nutrileite, armazenamos os dados de valor nutricional dos alimentos de dez nutrientes estabelecidos e citados na seção 4.1 da Visão Geral da Arquitetura. Além disso, realizamos a busca de URLs de sites de supermercados para realização da avaliação. Foram buscadas páginas de alguns alimentos de um supermercado localizado no estado do Rio de Janeiro. O critério para escolha das páginas considerou

a marca de preço mais baixo e com a proporção de massa comumente adquirida pelas famílias brasileiras. O módulo Nutri'n Price Search foi capaz de realizar a leitura das URLs selecionadas, buscar o elemento HTML que apresentava o preço do alimento e processar os dados para gravação das informações referentes ao custo-benefício de cada nutriente e a densidade nutricional do alimento. Dessa maneira, os requisitos RF01 e RF03 foram atendidos.

Avaliado o funcionamento da extração dos preços dos alimentos, a API Nutrir e o módulo Nutri'n Price Mobile, atenderam os requisitos RF09 e RF010. Dessa forma, a API Nutrir foi responsável pela comunicação entre a base Nutri'n Price Database e o Nutri'n Price Mobile. As informações disponibilizadas pelo componente API Nutrir são apresentadas de forma estruturada e o Nutri'n Price Mobile traduz o JSON recebido para exibição das informações em dispositivos móveis.

Adicionalmente, é importante salientar que os requisitos funcionais e não funcionais se relacionam de forma direta, possibilitando que um modifique, ou complemente, o outro. Sendo assim, a partir da observação da utilização das aplicações no cenário, e análise do comportamento dos componentes na arquitetura, foi possível avaliar os requisitos não funcionais, de maneira a considerar a forma como eles se relacionam com as funcionalidades e decisões de projeto.

A arquitetura Nutri'n Price é resultado da priorização dos requisitos não funcionais de Extensibilidade (RNF 001) e Flexibilidade (RNF 004). Ambos requisitos foram priorizados neste primeiro ciclo de desenvolvimento devido às possibilidades identificadas quando definidas as funcionalidades do artefato. Por exemplo, a necessidade de a busca dos dados ser realizada em diferentes fontes externas, que não estão sob controle dos desenvolvedores da arquitetura, fez com que fosse identificado um ponto de sensibilidade para o artefato. Essa sensibilidade é devida à possibilidade de alteração das fontes, de modo a não permitir a extração dos dados, sendo um risco para o artefato em desenvolvimento. Dessa forma, a construção de uma arquitetura com potencial de ser extensível e flexível tornou-se necessária, pois possibilita a alteração das fontes de dados, assim como a adição de novos componentes à arquitetura para extração dos preços dos alimentos de outra origem.

A implementação do componente Nutri'n Price Search e sua execução, foram ferramentas determinantes para a verificação dos RNF 001 e RNF 004, pois, conforme pode ser analisado no Apêndice I, viabilizou verificar a preocupação dos pesquisadores de que as estruturas dos sites dos supermercados fossem alteradas,

ou a página Web deixasse de existir. Se os sites dos supermercados tivessem suas marcações HTML constantemente alteradas, isso ocasionaria um custo alto de manutenção das URLs relacionadas às páginas dos produtos. Conforme descrito no Apêndice I, a partir de dados históricos analisados, foi possível verificar a ameaça relacionada às URLs selecionadas. No entanto, foram poucas as URLs que não persistiram para o fluxo processual relatado. Mesmo assim, parte desse cenário a necessidade de uma arquitetura capaz de ser flexível a ponto de ser alterada, caso necessário.

Outro ponto a ser destacado na avaliação deste primeiro ciclo é a implementação da API Nutri'r para comunicação dos componentes. Por meio de fragmentos JSON, a API REST, devido ao padrão utilizado, garante a interoperabilidade dos dados entre diferentes componentes, de maneira a atribuir qualidade ao artefato em desenvolvimento a partir da possibilidade de estender (RNF 001) a arquitetura por meio do provimento da troca de dados em um padrão mundialmente conhecido. As características universais da API ainda garantem a possibilidade de interoperar em diferentes plataformas operacionais que são capazes de aceitar aplicações que traduzem mensagens em JSON, atribuindo também elementos de portabilidade (RNF 004), além de extensibilidade e flexibilidade.

Outro elemento que procura tratar a portabilidade neste ciclo é a construção do módulo Nutri'n Price Mobile em React Native. A utilização do framework promove o funcionamento da aplicação nos sistemas operacionais móveis Android e IOS-

O Nutri'n Price Database é uma base de dados que tem por objetivo armazenar os dados de todos os alimentos. Esses dados são extraídos dos sites de supermercados todos os dias, fazendo que, com o tempo, essa base esteja com um grande volume de dados, sendo muitos deles, desnecessários para o ambiente em produção. Essa quantidade de dados pode afetar a escalabilidade da arquitetura, pois pode afetar o desempenho, e conseqüentemente, o tempo de resposta para os usuários. A escalabilidade não foi requisito prioritário neste ciclo, sendo um ponto de sensibilidade, que deve ser tratado futuramente para que não comprometa a arquitetura.

5.1.4 Resultados

A análise do estudo de caso foi feita a partir das implementações realizadas e da observação da utilização da aplicação, de modo a avaliar a arquitetura proposta. Para alcançar os resultados, foram desenvolvidos módulos responsáveis por diferentes processos que devem ser conectados para alcançar os resultados esperados para o artefato gerado neste ciclo. Sendo assim, por meio da aplicação desenvolvida, foi possível avaliar se a arquitetura Nutri'n Price neste primeiro ciclo, foi capaz de atender os requisitos funcionais, de modo a oferecer informações para o usuário e apoiar a escolha alimentar.

O processo de avaliação do ciclo I foi direcionado pelas QA previamente definidas. Essas questões estão diretamente relacionadas aos critérios de aceitação, definidos pelo problema, e aos objetivos da pesquisa, desenvolvidos para serem alcançados e resolverem o problema. A primeira questão de avaliação, QA 1, é responsável pelo direcionamento do desenvolvimento e avaliação da obtenção dos dados dos preços dos alimentos. A QA 1 questiona a capacidade de uma arquitetura computacional ser capaz de extrair e processar dados relacionados a preços de alimentos da dieta brasileira de forma automatizada, com mínimo de intervenção humana. A partir do desenvolvimento e resultados do componente Nutri'n Price Search foi possível identificar que a arquitetura Nutri' Price, por meio do cumprimento dos requisitos funcionais RF 001, RF 002 e RF 003, apoia a extração do preço dos alimentos de sites de supermercados, resultando em um cenário positivo para a obtenção dos preços de maneira automatizada.

Com a arquitetura proposta no ciclo I não é possível responder a QA 2. Podemos considerar a arquitetura Nutri'n Price até aqui como uma arquitetura que apoia a tomada de decisão do usuário. No entanto, não há elementos que possam caracterizar um processo de recomendação a partir da arquitetura. Sendo assim, a implementação de componentes de recomendação na arquitetura será de responsabilidade de um ciclo futuro de desenvolvimento.

A questão QA 3 pode ser parcialmente respondida com a arquitetura deste primeiro ciclo. Isso se dá, pois a arquitetura Nutri'n Price até aqui está preparada para a extração de dados em supermercados de diferentes regiões do Brasil. Dessa maneira, o usuário pode verificar, por exemplo, quais são as proteínas com melhor custo-benefício para o estado de São Paulo, mesmo estando em Minas Gerais.

Contudo, o monitoramento do contexto não acontece em tempo real, de maneira que a arquitetura não se adapta ao local em que está sendo utilizada. Além disso, somente a localização da origem do preço do produto, pode não garantir riqueza de contexto para o cenário de utilização e o usuário consumidor. Dessa maneira, em um ciclo posterior, mais dados podem ser utilizados para enriquecimento do contexto em que a arquitetura está inserida.

Sendo assim, considerando a construção do estudo de caso, a avaliação do ciclo I foi importante para a pesquisa em questão, porque, a partir desta, foi possível melhor compreender o domínio proposto pelo Projeto Nutrileite, gerando materiais teóricos para a comunidade científica por meio da exploração de trabalhos da área e também do desenvolvimento de artigos (de Leite et al., 2024). Já no campo técnico, o desenvolvimento do ciclo e sua avaliação permitiram a construção de aplicações para a Nutri'n Price que viabilizam a promoção de conhecimento sobre os nutrientes para a população brasileira. Por meio da avaliação do Ciclo I, foi possível avaliar funcionalidades e verificar se a arquitetura atende os atributos de qualidade definidos. Contudo, puderam ser encontrados também pontos sensíveis e riscos que ameaçam a validade da solução. Entre esses, foi levantada a questão relacionada à personalização dos resultados para cada usuário consumidor e a ausência de medidas que possam promover a escalabilidade da ferramenta. Tais pontos encontrados são impeditivos para que o desenvolvimento realizado no ciclo I possa ser avaliado totalmente de forma positiva quando consideradas as questões avaliativas supracitadas. Dessa forma, a arquitetura deve ser evoluída em ciclos futuros, a fim de mitigar os riscos encontrados e alcançar resultados que promovam uma arquitetura capaz de atender aos requisitos funcionais e não funcionais estabelecidos.

5.2 AVALIAÇÃO DO CICLO II

O cenário de avaliação para o ciclo II utiliza os mesmos participantes, nas mesmas condições do cenário de avaliação do ciclo I. Essa decisão foi tomada com o objetivo de não gerar viés, uma vez que, no ciclo II são implementadas outras funcionalidades, além das já desenvolvidas e avaliadas no ciclo I. Para complementar o cenário e possibilitar a avaliação do ciclo II, destaca-se outros dados dos participantes utilizados

no processo de recomendação. Entre eles estão alergias que os participantes possuem e gostos pessoais acerca da alimentação.

5.2.1 Estudo de Caso II

Para avaliação do processo de recomendação proposto no ciclo II, foi desenvolvida parte da rede de ontologias. A Rede de Ontologias Nutri'n Price é composta por conceitos relacionados aos alimentos, usuários e doenças. Como explicado no Capítulo 4, a rede é uma união de ontologias já existentes e novas ontologias criadas de acordo com os objetivos da pesquisa e requisitos levantados.

O desenvolvimento da rede de ontologias foi realizado na ferramenta Protegé. Para este estudo de caso foi considerada uma abordagem de partida à frio. Esse fluxo processual de recomendação foi realizado devido a ausência de dados de outros usuários inicialmente. Dessa maneira, o objetivo é avaliar a arquitetura, e se o fluxo implementado será capaz de identificar os alimentos que são restritos de acordo com os dados do participante, não dependendo assim dos dados de outros usuários da arquitetura.

Sendo assim, o objetivo deste estudo de caso é verificar se a arquitetura consegue suprir os requisitos funcionais RF 006, RF 007 e RF 008, não cumpridos no ciclo I e estabelecidos após a avaliação e conclusão dele. Além disso, são avaliados os atributos de qualidade a partir da proposição de melhorias na arquitetura Nutri'n Price.

5.2.2 Condução do Estudo de Caso II

Para avaliação do ciclo II foi desenvolvida parte da rede de ontologias para verificar se os dados estruturados por meio das ontologias seriam capazes de servir como base de conhecimento para o fluxo de recomendação. Dessa maneira, foram solicitados aos participantes I e II algumas informações relacionadas ao consumo de alimentos. O participante I, por exemplo, relatou que era alérgico à lactose, enquanto o participante II relatou que era alérgico à camarão e amendoim. Além disso, o participante I relatou não gostar de carne de aves, preferindo outras maneiras de consumir proteína. Sendo assim, baseando-se nos gostos e restrições dos usuários consumidores, conduzimos nosso estudo de caso.

Diante de um cenário em que não há utilização intensiva da arquitetura, é considerado o fluxo de recomendação que adota uma abordagem de partida a frio. Dessa forma, a multidão não é considerada para recomendação dos alimentos, são consideradas apenas as restrições e gostos individuais de cada participante. No Quadro 5.1, por exemplo, estão as restrições de cada um dos participantes do cenário de avaliação.

Quadro 5.1 – Alimentos restritos aos pacientes

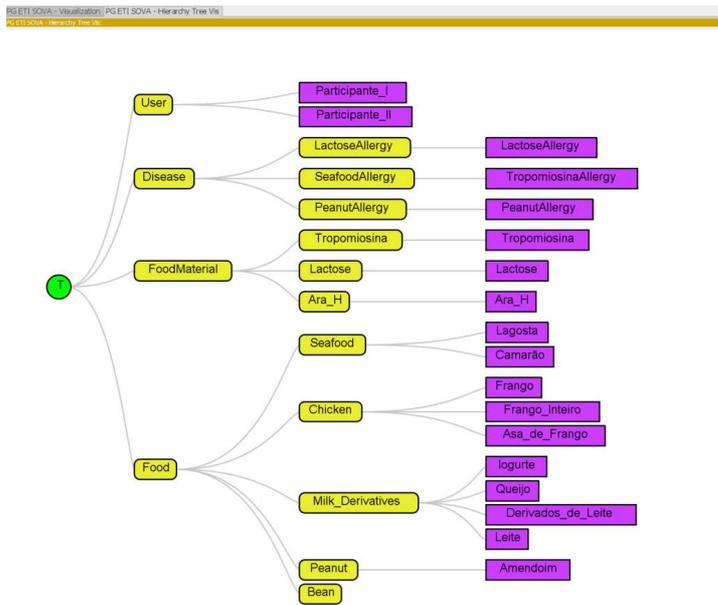
Participantes	Restrições	Preferências
I	Alimentos com Lactose	Não consumo de carne de aves
II	Alimentos com Amendoim e Camarão	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 5.4 apresenta-se uma visualização das classes e indivíduos em formato de árvore a fim de mostrar a relação que esses elementos têm entre si. Para geração da imagem foi utilizado o plugin SOVA¹⁰, adicionado ao Protegé. Como pode ser visualizado, devido ao grande volume de conceitos da Rede de Ontologias Nutri'n Price, foi utilizada apenas uma parcela das classes para descrição desta avaliação. A classe User representa os usuários da arquitetura de recomendação. Essa classe está sendo instanciada pelos participantes I e II deste estudo de caso. A classe Disease engloba as doenças diretamente relacionadas com alimentação. Todas as instanciadas nesta avaliação são relacionadas às alergias. A ontologia ainda é composta pelas classes Food e FoodMaterial. A classe Food tem como subclasses categorias de alimentos, definidas de acordo com características semelhantes em termos de composição que têm, entre elas Seafood, Chicken, Milk_Derivatives, Bean e Peanut. Essas categorias tem como indivíduos os alimentos instanciados, sendo a relação entre eles gerada por meio das regras construídas. A classe FoodMaterial abarca os componentes nutricionais de um alimento, ou categoria de alimento.

¹⁰ Simple Ontology Visualization API - <https://protegewiki.stanford.edu/wiki/SOVA>

Figura 5.4. Classes e Indivíduos – Rede de Ontologias Nutri'n Price



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Para que a ontologia seja capaz de inferir conhecimento acerca do domínio ao qual ela representa, foram desenvolvidas regras SWRL. No Quadro 5.2, podem ser verificadas regras desenvolvidas e o objetivo de cada uma delas. As regras apresentadas são referentes a laticínios e frutos do mar. As regras referentes a amendoim não foram apresentadas devido a semelhança entre elas.

Essas regras possibilitaram inferir que se um usuário é alérgico a determinado componente de um alimento, este alimento não pode ser consumido. Além disso, foi implementada a regra para que o alimento não seja recomendado também quando não é do gosto do usuário. Por exemplo, o Participante I deste estudo de caso, é alérgico a lactose, de modo que há restrições para o consumo dessa proteína. Diante disso, a partir da execução do Reasoner da rede de ontologias, foi raciocinado que o participante I não poderia ingerir Leite, nem Queijo e nem Iogurte. A ontologia gerou

essa resposta devido às propriedades do objeto e a relação das classes e indivíduos por meio delas.

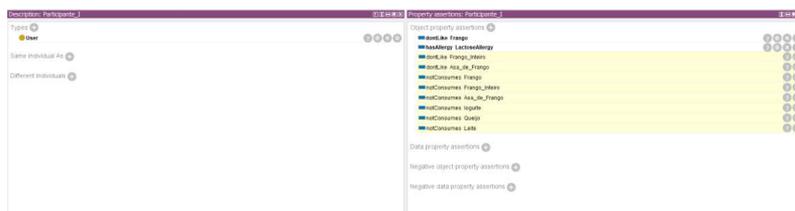
Quadro 5.2. Regras SWRL

SWRL	Objetivo
Milk_Derivatives(?l)^hasMaterial(?l,Lactose)^causesAllergy(?l,LactoseAllergy) -> hasMaterial(?l, Lactose) ^causesAllergy(?l,LactoseAllergy)	Regra criada para garantir que derivados do leite tenham lactose e causam alergia à lactose.
Seafood(?l) ^hasMaterial(?l, Tropomiosina) ^causesAllergy(?l, TropomiosinaAllergy) -> hasMaterial(?l, Tropomiosina) ^causesAllergy(?l, TropomiosinaAllergy)	Regra criada para garantir que frutos do mar tenham tropomiosina e causam alergia.
User(?u) ^hasAllergy(?u,LactoseAllergy) ^Food(?f) ^hasMaterial(?f,Lactose) -> notConsumes(?u, ?f)	Inferir que usuário que tem alergia a lactose não pode consumir derivados do leite.
User(?u) ^hasAllergy(?u, TropomiosinaAllergy) ^ Food(?f) ^hasMaterial(?f, Tropomiosina) -> notConsumes(?u, ?f)	Inferir que usuário que tem alergia a tropomiosina não pode consumir frutos do mar.

Fonte: Elaborada pelo Autor (2024)

A propriedade notConsumes foi a definida para ser utilizada na arquitetura para apoiar a recomendação, considerando um cenário de partida a frio. O resultado inferido se dá de maneira que um usuário (User) não pode consumir (notConsumes) determinado alimento (Food). A Figura 5.5 exibe o resultado das inferências para o participante I. Neste cenário, o participante I é alérgico a lactose e não gosta de carne de frango, logo, a ontologia não recomenda nenhum dos alimentos restritos a essas categorias.

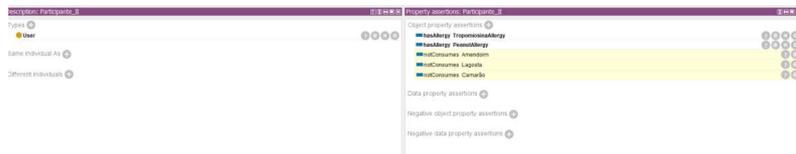
Figura 5.5. Inferências Participante I



Fonte: Elaborada pelo Autor (2024)

No caso do participante II, as restrições alimentares são referentes a alergias que o indivíduo tem. As alergias dele são relacionadas a componentes que se apresentam no amendoim e em frutos do mar. Como pode ser visto na Figura 5.6, os alimentos relacionados a esses casos não são para consumo.

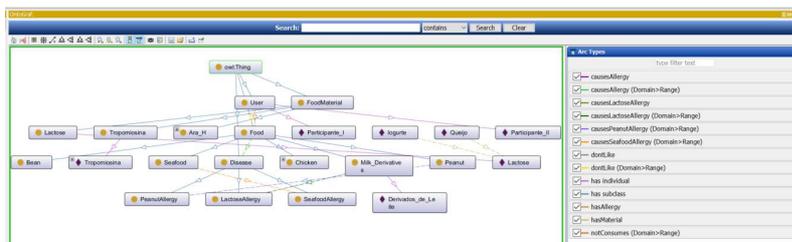
Figura 5.6. Inferências Participante II



Fonte: Elaborada pelo Autor (2024)

A ontologia implementada pode ser visualizada na Figura 5.7. A imagem foi gerada a partir do plugin Ontograf¹¹ e traz as classes, propriedades e inferências a partir dos dados dos participantes.

Figura 5.7. Ontologia Nutri'n Price



Fonte: Elaborada pelo Autor (2024)

A implementação dessas ontologias permitiram avaliar, por meio dos dados dos participantes, a implementação de um processo de recomendação utilizando elementos semânticos.

¹¹ <https://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoGraf>

5.2.3 Análise do Estudo de Caso II

A condução do estudo de caso deste segundo ciclo ilustra o funcionamento da arquitetura Nutri'n Price a partir da abordagem de recomendação proposta. A partir dos dados de cunho social dos participantes são utilizados como entrada no processo de recomendação dos alimentos. Foram avaliados o atendimento do requisito RF007, de maneira a possibilitar que o fluxo de recomendação seja processado, bem como o RF009, exibindo assim os alimentos que mais se adequam ao perfil do usuário consumidor, considerando neste caso as restrições e gostos alimentares.

Além dos requisitos funcionais atendidos, analisa-se também os requisitos não funcionais de extensibilidade (RFN 001) e flexibilidade (RFN 004). A proposta em estruturar a ontologia como uma rede para que os dados sejam processados, parte da ideia de que ontologias menores são mais flexíveis, mais facilmente extensíveis e menos custosas para manutenção. Além disso, essas ontologias menores, para um domínio de aplicação mais restrito, podem ser reutilizadas em diferentes soluções. A exemplo, a ontologia Human Disease Ontology é uma ontologia desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Maryland, e foi reutilizada e adaptada à Rede de Ontologias Nutri'n Price, diminuindo os custos para a implementação de uma nova ontologia. Essa diminuição dos custos ocorre devido à ontologia ter sido previamente utilizada e validada por especialistas, de forma a carregar conhecimentos prévios acerca do domínio em questão, enriquecendo o artefato em desenvolvimento. O poder de extensibilidade da Rede Ontológica permite essa potencialização de conhecimento, pois mais recursos semânticos podem ser adicionados e utilizados no processamento da recomendação.

A partir dessa avaliação foi possível observar que a arquitetura Nutri'n Price de Recomendação proporciona ao usuário consumidor o acesso às informações dos alimentos e adequação de sua dieta de acordo com suas características pessoais e socioeconômicas, de forma a buscar uma vida mais saudável a partir de sua realidade. A escolha da abordagem semântica enriquece a arquitetura e possibilita que novos conceitos sejam acrescentados a base de conhecimento de maneira ágil e fácil, de maneira a apoiar a adequação da arquitetura a diferentes conceitos de diversos contextos.

5.2.4 Resultados

O desenvolvimento e avaliação da arquitetura neste ciclo II, possibilitou responder à questão de avaliação QA 2. Essa questão se relaciona à avaliação do artefato diretamente sob o ponto de vista da recomendação. Com o estudo de caso analisado, foi possível observar que a solução proposta alcança o objetivo da questão de avaliação, de modo que o artefato gerado apoia a recomendação de alimentos de maneira personalizada. Com a investigação da arquitetura e seu modelo semântico, foi possível identificar que os dados de cunho social apoiaram o encontro de alimentos com custo-benefício reduzido.

A proposição de uma arquitetura que abordasse a recomendação dos alimentos, que pode ser verificada no Ciclo II descrito no Capítulo 4, e a implementação da solução para avaliação, considerando um estudo de caso, possibilitaram gerar conhecimentos técnicos e teóricos para o domínio em questão. Entre as contribuições geradas, o artefato construído no ciclo II foi organizado e apresentado para comunidade científica, por meio da geração de um artigo científico (Alves et al., 2022). A avaliação por pares foi importante para promover o conhecimento para a comunidade e identificar pontos de melhoria e possíveis evoluções para a arquitetura. Adicionalmente à avaliação por especialistas, os componentes apresentados neste ciclo foram avaliados por meio da criação de um cenário de recomendação para avaliar a implementação da Rede de Ontologias Nutri'n Price.

A construção de uma rede de ontologias, neste domínio, contribuiu para a composição de uma base de conhecimento técnico onde se concentram diversos contextos, conceitos e a relação entre eles. Além disso, foram realizadas discussões multidisciplinares entre especialistas de nutrição, consumo e tecnologia, a fim de expandir o conhecimento acerca do domínio de aplicação e possibilitar o desenvolvimento de novos componentes e ajustes naqueles já existentes. Essas discussões possibilitaram aumentar a quantidade de conceitos abordados nas ontologias, contribuindo assim para o arcabouço teórico do estudo em desenvolvimento.

Apesar do cumprimento dos requisitos supracitados e das contribuições teóricas e técnicas, os componentes criados e a avaliação do Ciclo II não exploraram soluções que pudessem mitigar problemas que possam estar relacionados à escalabilidade. Além disso, é necessário que a arquitetura apresente uma maior flexibilidade para

entendimento do contexto ao qual está inserida, de maneira a personalizar as informações para recomendação dos alimentos para os consumidores. Sendo assim, foi proposto o desenvolvimento do ciclo III, que foi apresentado no capítulo anterior e será avaliado a seguir.

5.3 IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO: VERSÃO FINAL

A avaliação da arquitetura será a partir de sua implementação por meio de uma abordagem autoadaptativa. Conforme descrito no capítulo 4, a adoção dessa abordagem tem como objetivo diminuir o volume de dados para minimizar os custos da arquitetura, promover performance e escalabilidade. Assim, foi proposto um fluxo de extração dos preços dos alimentos somente quando houvesse atualização do valor, para tanto foi proposto na arquitetura a utilização de ML para monitoramento do ambiente, de modo que a arquitetura é alterada de acordo com o cenário de mutabilidade dos preços de cada um dos alimentos.

5.3.1 Implementação

No ciclo III é proposta a inclusão de características de autoadaptação à arquitetura Nutri'n Price. Entre os objetivos do uso dessa abordagem, está a necessidade de diminuição do volume de dados referente aos preços dos alimentos. Com a autoadaptação é possível que, por meio dos componentes que compõem o sistema de gerenciamento, haja um monitoramento dos preços dos alimentos e só sejam armazenados no Nutri'n Price Database, quando houver alteração deles. Para alcançar esse objetivo, foi especificada uma solução de Machine Learning (ML). A solução de ML foi escolhida, pois a base Nutri'n Price Database conta com uma grande quantidade de dados relacionados aos alimentos, seus nutrientes e o preço deles. À medida que essa base fosse aumentando seria difícil manipular os dados necessários para realização de análises necessárias para definir o melhor dia de extração dos preços dos produtos alimentícios.

Para verificar a viabilidade da solução, os pesquisadores focaram no desenvolvimento de aplicação baseada nos componentes do sistema de gerenciamento, com o objetivo de prever o melhor dia da semana para busca dos preços de determinado alimento, conforme descrito no Capítulo 4, na seção sobre o

ciclo III. A aplicação foi desenvolvida na linguagem Python, combinada a diferentes bibliotecas para processamento dos dados. A linguagem foi escolhida por ser uma das mais utilizadas no que se refere ao processamento de dados em volume. Essa característica decorre devido à facilidade de implementação e diversidade de bibliotecas e ferramentas para manipulação de dados que fazem parte de seu ecossistema.

Para desenvolvimento e avaliação da arquitetura e da aplicação que se refere ao sistema de gerenciamento, a metodologia CRISP-DM (CRoss-Industry Standard Process for Data Mining) foi adotada, com devidas adaptações. Esta metodologia é utilizada em projetos de mineração de dados e é dividida em seis etapas: Compreensão do Negócio, Compreensão dos Dados, Preparação dos Dados, Modelagem, Avaliação e Implementação (Ribeiro et al., 2020) (Sousa et al., 2022). Apesar de ser dividida em etapas, a metodologia é cíclica, de modo que, a partir das interações, novos elementos podem ser identificados e incrementados à solução. A etapa de Modelação costuma ser a mais custosa e a que requer maior conhecimento dos desenvolvedores em técnicas e algoritmos de ML. Para diminuir os custos desta etapa, a AutoML é considerada a ferramenta ideal. Sendo assim, pela necessidade da agilidade de desenvolvimento, assim como, identificação da melhor possibilidade de algoritmo ML para prever os dados, foi utilizada uma abordagem Auto Machine Learning (Auto ML) no desenvolvimento da aplicação. O Auto ML fornece uma experiência low-code, de forma a facilitar para os desenvolvedores a geração de modelos, realização de previsões e testes de cenários de negócios. Portanto, para aplicação dessa abordagem foi escolhida a biblioteca H2O, devido à sua importância no mercado, por ser OpenSource, por apresentar uma vasta quantidade de documentação e possuir muitos modelos de ML para processamento.

A Compreensão do Negócio é parte importante do processo de desenvolvimento, pois permite a identificação das variáveis, de que maneira selecionar os dados e o apoio à definição do objetivo, para que assim os pesquisadores comecem a trabalhar. No contexto da autoadaptação, foi compreendida a necessidade de intervalo na busca dos preços para que não houvesse armazenamento desnecessário das informações. No processo de preparação dos dados, os preços extraídos foram organizados e separados por alimento. Esses conjuntos de preços por alimento foram utilizados como entrada no componente de ML, para formar os conjuntos de treino e testes. Após separação dos

dados, utilizamos de recursos do MySQL para que nos informassem o dia da semana correspondente à data em questão, organizando os dados de maneira a formar uma série temporal. Após isso, definimos uma coluna “altera” composta por 0 ou 1, de maneira que, quando o preço do alimento fosse alterado, o registro seria 1 e quando não, se manteria como 0. Essa estruturação do dataset, serviu como entrada para os modelos preditivos. O dataset utilizado para avaliação é referente à extração de dados do produto alimentício arroz, de um supermercado do estado do Rio de Janeiro, durante um ano. O Quadro 5.3 apresenta um exemplo como esses dados foram organizados e preparados para processamento. A coluna 1 é composta pelos dias da semana e coluna 2 pelo status altera, que apresenta o dado se o preço foi alterado ou não.

Quadro 5.3 – Fragmento do dataset composto pelo dia da semana em que o preço do arroz é alterado

dia_semana	altera
Quinta	0
Sexta	1
Sabado	0
Domingo	0
Segunda	0
Terca	0
Quarta	0
Quinta	1
Sexta	0
Sabado	0
Domingo	0
Segunda	0
Terca	0
Quarta	0
Quinta	1
Sexta	0
Sabado	0
Domingo	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A abordagem AutoML é capaz de realizar as etapas de modelação e apoiar na avaliação. Utilizando a biblioteca H2O, disponibilizamos o dataset preparado nas

etapas anteriores como entrada para a realização da previsão. O método de desenvolvimento consiste na definição de conjuntos de treino e teste. O subconjunto de treino (training split) tem cerca de 70% dos dados do dataset, enquanto o conjunto de teste (test split) possui 30% do volume de dados. Essa divisão possibilita o processamento dos dados e a realização da previsão do target e a avaliação do melhor modelo. Todo o processo é feito por meio da execução do Auto ML. Esse foi parametrizado para execução por 10 minutos, a fim de encontrar o melhor modelo para previsão dos dias da semana que os preços do arroz tendem a ser alterados. A Figura 5.8 traz os 10 modelos mais bem avaliados para prever o melhor dia da semana. Esses modelos foram avaliados a partir dos dados de entrada e ordenados de acordo com as métricas que podem ser visualizadas na Figura 5.8. Um modelo de DeepLearning foi escolhido por possuir melhores métricas. Entre essas métricas estão a RMSE (Root Mean Squared Error) e a MSE (Mean Squared Error). Como pode ser analisado, quanto melhor o desempenho, menores são os valores dessas métricas.

Figura 5.8 – Ranking dos algoritmos de ML de melhor desempenho.

index	model_id	auc	logloss	aucpr	n_per_class	rmse	mse
0	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_2	0.634851	0.101729	0.036313	0.413043	0.144111	0.020768
1	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_1	0.612262	0.108481	0.0386259	0.452446	0.144253	0.020809
2	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_5	0.582288	0.12766	0.0405735	0.368207	0.145111	0.0210573
3	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_11	0.536345	0.140836	0.0246808	0.425272	0.148675	0.0221042
4	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_16	0.533967	0.209935	0.0340924	0.440728	0.145776	0.022506
5	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_6	0.531929	0.111432	0.0310044	0.451007	0.144914	0.0210001
6	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_3	0.529891	0.113416	0.0226674	0.455163	0.144987	0.0210212
7	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_7	0.518682	0.151949	0.0372713	0.403533	0.145067	0.0210444
8	DeepLearning_grid_1_AutoML_6_20240511_185855_model_9	0.513757	0.111106	0.0227012	0.433424	0.144779	0.0209509
9	StackedEnsemble_BestOffFamily_5_AutoML_6_20240511_185855	0.513757	0.170853	0.0216438	0.423913	0.154022	0.0237229
10	StackedEnsemble_BestOffFamily_4_AutoML_6_20240511_185855	0.506454	0.106019	0.0254962	0.452446	0.144466	0.0208704

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Sendo assim, a partir do modelo de Deep Learning definido, são retornados os resultados que preveem o comportamento do evento em questão. A Figura 5.10 exibe a saída do nosso protótipo Auto ML Nutri'n Price. Para isso, foram previstas as

chances de acontecer a alteração do preço para cada dia da semana em que, na Figura 5.9, Domingo corresponde ao índice 0 e sábado ao índice 6. Dessa maneira, segundo o modelo de Deep Learning definido como melhor modelo para processamento dos dados, o melhor dia para buscar os preços foi a quinta-feira. Dessa maneira, o Sistema Gerenciado, por meio do componente Nutri'n Price Search, irá ser acionado para armazenamento dos dados do arroz somente às quintas-feiras.

Figura 5.9 – Resultado da previsão do Algoritmo de Deep Learning selecionado pelo AutoML H2O

Index	predict	p0	p1
0	0	0.99999	9.58893e-06
1	0	0.999916	8.37112e-05
2	0	0.999993	6.5894e-06
3	0	0.999999	7.36581e-07
4	1	0.977347	0.0226531
5	0	0.999982	1.77853e-05
6	0	0.999967	1.26398e-05

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A ideia é que o sistema de gerenciamento armazene essas informações em outra base, de modo a realizar a alteração na Nutri'n Price Database somente nos dias propícios. Os resultados encontrados por meio desde permitiram que os pesquisadores aprovassem a escolha de uma abordagem auto adaptada, de maneira a desenvolver uma solução flexível e automatizada, sendo alterada de acordo com as mudanças de contexto.

5.3.2 Análise dos Resultados

A aplicação de uma abordagem arquitetural autoadaptativa permitiu que a solução pudesse considerar diferentes possibilidades quanto a forma de lidar com o ambiente ao qual a arquitetura está inserida. Dessa maneira, é possível proporcionar ao usuário consumidor uma experiência mais personalizada, com bom desempenho e confiável. Ambos os casos apresentados nas seções anteriores, ressaltam a importância dos requisitos funcionais já abordados em outros ciclos, como, por exemplo, a busca e processamento dos preços dos alimentos (RF 001 e RF 003). No entanto, neste ciclo, os requisitos funcionais que foram implementados pela primeira vez são o RF 002, RF 004 e RF 005.

A funcionalidade descrita na RF 002 foi viabilizada por meio do desenvolvimento do protótipo apresentado na subseção anterior. A partir desse protótipo, foi possível assim avaliar a viabilidade da proposta e verificar como aplicar as técnicas já existentes de ML para criação de conteúdos técnicos e científicos. Os resultados encontrados com o protótipo Nutri'n Price Auto ML mostrou-se capaz de identificar o melhor dia da semana para extração do preço de um alimento por meio de seus dados capturados historicamente. Além disso, o RF 002, enriquece o processo dos requisitos RF 001 e RF 003, de modo a serem executados de maneira inteligente, considerando e armazenando apenas os dados necessários.

Além do RF 002, a análise do cenário apresentado neste ciclo ilustra as funcionalidades descritas nos requisitos RF 004 e RF 005. Por meio da experiência de um usuário, é possível verificar a possibilidade de contextualização do ambiente que a abordagem auto adaptativa trouxe à arquitetura. Como pode ser visto na arquitetura do ciclo III, a utilização de serviços externos relacionados à geolocalização são parte da solução para que o usuário consiga obter as informações necessárias de maneira automatizada, sem que precise realizar alterações de configuração, pois o contexto é atualizado de maneira automática por meio do sistema de gerenciamento.

Identificados como prioritários para este ciclo devido à relação direta com os requisitos funcionais tratados neste ciclo, os requisitos não funcionais de extensibilidade (RNF 001), escalabilidade (RNF 002) e flexibilidade (RNF 004), são discutidos, de maneira a permitir a identificação de cada um deles nesta evolução da arquitetura. Por meio da proposição do Auto ML Nutri'n Price, mostrou-se que é possível separar os componentes para que sejam executados somente para um

estado de acordo com o dia da semana. A divisão dos componentes de software, apresentada no Sistema Gerenciado para receber os comandos do sistema de gerenciamento, permite que, caso haja necessidade de algum ajuste ou atualização, não seja necessária a interrupção de todos os processos e componentes da arquitetura. Essa divisão, além de promover a facilidade na manutenção da arquitetura, promove a extensibilidade da mesma, porque possibilita a adição de novas funcionalidades sem que seja necessária a alteração direta em componentes já desenvolvidos e em funcionamento na arquitetura. Por exemplo, a retirada do componente responsável por buscar os dados do preço em determinado dia da semana, não impacta o funcionamento dos componentes dos outros dias da semana. No entanto, alterações realizadas no sistema gerenciado devem se atentar para o funcionamento do sistema de gerenciamento, que garante o poder de extensibilidade da arquitetura e, se descaracterizado, pode não servir mais para monitoramento e envio de comandos para adaptação.

Além de promover a extensibilidade, com o protótipo e a verificação de seus resultados por meio do processamento dos dados históricos, avalia-se também a garantia da escalabilidade da arquitetura. Os resultados encontrados na avaliação deste ciclo viabilizam a escalabilidade, uma vez que, o volume de dados pode ser bem gerenciado, com a possibilidade de melhor alocação de recursos. Adicionalmente, um banco de dados com menor volume de dados tem maior facilidade em ser mantido, não sendo necessário muitos ajustes para performance, por exemplo.

Entre os requisitos não funcionais priorizados, se pode citar a flexibilidade (RNF 004). A flexibilidade da arquitetura deste ciclo III se deve ao monitoramento do ambiente em conjunto com a forma como os componentes são organizados. A configuração atual do ambiente possibilita que a arquitetura utilize apenas os componentes necessários para busca dos preços e apresentação dos resultados, por exemplo, sem processamentos desnecessários, de maneira a atender a demanda do usuário de recomendação dos produtos com qualidade.

A questão QA 3, apesar de considerada no processo de recomendação do ciclo II, e destacada para avaliação do ciclo III. Isso se dá, pois no ciclo III o foco do desenho arquitetural é a adaptação da arquitetura de maneira automatizada, com mínimo de intervenção humana, de maneira a atender as demandas do usuário e do ambiente em que está localizado. Por meio da solução arquitetural, seus resultados e do cenário descrito foi possível identificar elementos que conferem à arquitetura Nutri'n Price, o

caráter flexível, para assim ser adaptada de acordo com a mudança contextual do usuário e do artefato.

A partir dessa avaliação podemos identificar o potencial da arquitetura Nutri'n Price para promover as funcionalidades e os atributos de qualidade para um artefato que atenda as demandas sociais e tecnológicas, contribuindo nos campos teórico e prático. Entre os achados teóricos, podemos destacar a proposição de uma abordagem autoadaptativa, em um domínio pouco explorado sob a perspectiva da computação social, de maneira que as discussões e elementos criados gerem materiais teóricos com o relacionamento e aplicação dos conceitos utilizados para o domínio tratado. Entre os achados técnicos, destaca-se neste ciclo a aplicação de uma solução de ML para autoadaptação considerando dados oriundos de sites de supermercados por meio do webscraping. Todas essas diferentes técnicas são combinadas em um contexto de computação social.

5.4 AMEAÇAS À VALIDADE

Nesta seção, serão apresentadas algumas ameaças à validade da arquitetura Nutri'n Price.

A dependência de fontes externas para obtenção dos preços dos alimentos é um ponto de atenção que merece ser considerado na arquitetura Nutri'n Price, pois os sites dos super mercados têm diferentes administradores, não sendo gerenciados pela Nutri'n Price. Isso pode ocasionar riscos relacionados às mudanças nas páginas Web dos supermercados, como alterações na estrutura HTML ou a remoção de páginas, por exemplo, de maneira a comprometer a capacidade de extração de dados relacionados aos preços dos alimentos.

No entendimento dos pesquisadores, a dependência de fontes externas é o maior desafio para a manutenção da arquitetura. Contudo, há outros pontos que devem ser considerados, apesar de parcialmente tratados. Entre esses pontos, podemos considerar a flexibilidade da arquitetura para lidar com diferentes contextos que podem ser encontrados por todo o Brasil. A obtenção de dados relacionados ao contexto pode ser complexa, desse modo a arquitetura deve disponibilizar ferramentas para potencializar a leitura do contexto em que a aplicação e o usuários se encontram. A ausência desses dados pode comprometer alguns objetivos da

arquitetura e assim prejudicar a exibição dos resultados para os usuários consumidores.

Outro ponto que deve ser tratado para mitigar possíveis ameaças à validade da arquitetura é a transparência das informações. As quais podem reduzir a confiança dos usuários na precisão e utilidade dos dados fornecidos. Como resultado, pode afastar o consumidor do produto. É importante construir elementos de percepção para melhorar a clareza e a transparência das informações exibidas no aplicativo para garantir que os usuários possam facilmente entender os dados fornecidos.

Além disso, estudos de caso adicionais devem ser conduzidos no sentido de exercitar a aplicação em outros contextos e dados. Com isso, é possível enriquecer a base de conhecimento, de maneira a promover recomendações mais personalizadas de acordo com o contexto do usuário.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este Capítulo organizou e sintetizou todos os processos de avaliação que ocorreram nos três ciclos de desenvolvimento da Arquitetura Nutri'n Price. A avaliação do artefato na finalização de cada ciclo é importante, pois faz com que as evoluções ocorram em tempo hábil, diminuindo assim os custos e aumentando a qualidade do produto. As respostas encontradas por meio das questões de avaliação possibilitaram responder à Questão de Pesquisa, de maneira a considerar a Arquitetura Nutri'n Price uma solução tecnológica computacional capaz de apoiar na mitigação da insegurança alimentar e nutricional no contexto brasileiro. Todo o processo de desenvolvimento e avaliação da solução permitiu que a pesquisa contribuísse de maneira teórica e prática. Entre as contribuições teóricas, podemos relatar que as soluções computacionais podem ser determinantes para resolução de problemas sociais, de modo que, por meio de modelos já existentes e proposição de novos modelos, foi possível a construção de um produto de software capaz de mitigar problemas relacionados à insegurança alimentar. Destacamos ainda que todo o processo de escrita de artigos e avaliação de pares nesta pesquisa, também contribuíram para melhoria de processos e do produto, e ainda para a composição do arcabouço teórico da computação na sociedade, da recomendação como forma de promover informação, da mineração de dados para extração de informações, da autoadaptação como solução arquitetural e do uso de ML para garantir a sustentabilidade de

aplicações sociais. Já do ponto de vista prático, a Arquitetura Nutri'n Price destaca a possibilidade da combinação de diferentes tecnologias computacionais para garantir atributos de qualidade para uma solução tecnológica. De forma que são combinados elementos semânticos, aprendizado de máquina e extração de dados automatizada para garantir que as recomendações sejam realizadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Esta dissertação abordou o impacto significativo das tecnologias computacionais na solução de problemas sociais complexos, com foco particular na insegurança alimentar e nutricional no Brasil. A análise revelou como a integração de técnicas e tecnologias computacionais, pode oferecer soluções inovadoras e eficazes para questões críticas enfrentadas pela sociedade. O presente estudo demonstrou que as tecnologias computacionais podem ser utilizadas, de maneira assertiva, para a melhoria da saúde pública e do bem-estar social, oferecendo ferramentas para a coleta e processamento de dados que permitem um entendimento mais profundo das necessidades, desejos e comportamentos humanos e socioeconômicos.

No contexto específico da insegurança alimentar e nutricional, o Projeto NutriLeite emergiu como um exemplo notável de como a tecnologia pode ser aplicada para enfrentar desafios globais, combinando análise de dados com soluções práticas para promover dietas mais saudáveis a preços acessíveis. A proposta da Arquitetura Nutri'n Price, desenvolvida nesta pesquisa, representa um avanço ao buscar automatizar e otimizar o processo de extração, processamento e recomendação de informações nutricionais e de custo dos alimentos. Através de uma abordagem arquitetural adaptativa, a arquitetura não só lida com a diversidade de dados e contextos, mas também se ajusta dinamicamente às mudanças no ambiente, garantindo a relevância e a precisão das informações fornecidas aos usuários consumidores. Por meio da projeção dos componentes e do desenvolvimento dos protótipos e cenários de avaliação, os objetivos específicos da pesquisa foram alcançados com sucesso, incluindo a criação de um modelo arquitetural extensível, flexível, portátil, escalável e de fácil manutenção, o desenvolvimento de um protótipo autoadaptativo com suporte de Machine Learning, e a implementação de um mecanismo de recomendação baseado em uma rede semântica. A arquitetura proposta é capaz de atender muitos usuários com diferentes perfis socioeconômicos, proporcionando uma solução robusta e escalável para a insegurança alimentar no Brasil.

Por fim, o trabalho ressalta a importância contínua da pesquisa e desenvolvimento em tecnologias computacionais para enfrentar problemas sociais complexos. A Arquitetura Nutri'n Price não apenas contribui para a promoção de uma alimentação mais saudável e acessível, mas também abre portas para futuras investigações e inovações no campo da Computação Social, reforçando o papel vital

da tecnologia na construção de uma sociedade mais justa e sustentável. Entre os trabalhos futuros, está em desenvolvimento um componente que utilizará de técnicas de crowdsourcing para obtenção dos preços dos alimentos a partir da colaboração dos usuários por meio da leitura do QR Code dos Cupons fiscais dos estabelecimentos de venda de alimentos empacotados. A utilização de uma abordagem de multidões para a solução pode ser encontrada em um trabalho inicial idealizado pelo autor desta dissertação e equipe. Alves et al. (2022) apresentam elementos que devem ser utilizados, assim como técnicas e resultados encontrados para mitigar possíveis problemas relacionados à alteração das fontes externas, neste caso, sites de supermercados, por exemplo. Além disso, para trabalhos futuros, pode ser verificada a adequação de novos modelos à proposta da arquitetura, de maneira a reutilizar soluções existentes e interoperar os dados e conhecimentos adquiridos com mais usuários. Ainda é interessante a realização de outros estudos de caso, considerando também outros modelos de ML, para assim analisar outras possíveis soluções.

REFERÊNCIAS

- MACIEL, Cristiano; VITERBO, José. Computação e Sociedade: A Sociedade-Volume 2. 2020.
- GOMES, Jonas et al. A scientific software ecosystem architecture for the livestock domain. **Information and Software Technology**, v. 160, p. 107240, 2023.
- DO NASCIMENTO, Mateus Gonçalo et al. Covid-19: A digital transformation approach to a public primary healthcare environment. In: **2020 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)**. IEEE, 2020. p. 1-6.
- DA COSTA, Joao Pedro de SJ et al. Sistema de Apoio ao Diagnóstico Baseado em Sintomas da COVID-19 e Biometeorologia. In: **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos**. SBC, 2022. p. 17-24.
- WEBER, Ingmar et al. Computational social science for the world wide web (CSSW3). In: **Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web**. 2016. p. 1037-1038.
- SHADBOLT, Nigel et al. The theory and practice of social machines. New York: Springer International Publishing, 2019.
- DE SOUZA, Brunno Wagner Lemos; DA SILVA, Antônio Carlos. From social computing to digital transformation: the advent of the social machine. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 23023-23044, 2022.
- JEONG, Hyein; SYED, Romilla. Relationship between the Use of IT and Wellbeing: A Literature Review. 2024.
- SIQUEIRA, Kennya Beatriz et al. Custo benefício dos nutrientes dos alimentos consumidos no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 3, p. 1129-1135, 2020.
- SIQUEIRA, Kennya Beatriz et al. Nutrient density and affordability of foods in Brazil by food group and degree of processing. **Public Health Nutrition**, v. 24, n. 14, p. 4564-4571, 2021.
- Food and Agriculture Organization (FAO). The state of food and agriculture: food systems for better nutrition. Rome: FAO; 2013.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural-urban continuum**. Food & Agriculture Org., 2023.
- BRASIL, O. N. U.; MUNDO, Transformando Nosso. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, ONU, 2015. **PNUD-BRASIL. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento-PNUD Brasil**, 2016.

MACHADO, Albert Lima; FRANÇA, Alice Bartholazi; RANGEL, Tauã Lima Verdan. Carestia, mapa da fome e o agravamento da insegurança alimentar e nutricional em tempos de pandemia: o retrocesso brasileiro na política de combate à fome. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 8, n. 24, p. 87-101, 2021.

HARRINGTON, Richard Andrew et al. Nutrient composition databases in the age of big data: foodDB, a comprehensive, real-time database infrastructure. **BMJ open**, v. 9, n. 6, p. e026652, 2019.

GUNAWARDENA, Dinushika; SARATHCHANDRA, Kumuduni. Bestdish: A digital menu and food item recommendation system for restaurants in the hotel sector. In: **2020 International Conference on Image Processing and Robotics (ICIP)**. IEEE, 2020. p. 1-7.

ADEWOPO, Julius B. et al. Using crowd-sourced data for real-time monitoring of food prices during the COVID-19 pandemic: Insights from a pilot project in northern Nigeria. **Global Food Security**, v. 29, p. 100523, 2021.

GARCES, Lina et al. Architectural solutions for self-adaptive systems. **Computer**, v. 53, n. 12, p. 47-59, 2020.

PADHIAR, Ishita et al. Semantic modeling for food recommendation explanations. In: **2021 IEEE 37th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW)**. IEEE, 2021. p. 13-19.

VIEIRA, Viviane Laudelino et al. Ações de alimentação e nutrição e sua interface com segurança alimentar e nutricional: uma comparação entre Brasil e Portugal. **Saúde e Sociedade**, v. 22, p. 603-607, 2013.

DUNFORD, Elizabeth et al. FoodSwitch: a mobile phone app to enable consumers to make healthier food choices and crowdsourcing of national food composition data. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 2, n. 3, p. e3230, 2014.

VARGIU, Eloisa; URRU, Mirko. Exploiting web scraping in a collaborative filtering-based approach to web advertising. **Artif. Intell. Res.**, v. 2, n. 1, p. 44-54, 2013.

SIRISURIYA, De S. et al. A comparative study on web scraping. 2015.

DIOUF, Rabiyaou et al. Web scraping: state-of-the-art and areas of application. In: **2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)**. IEEE, 2019. p. 6040-6042.

LINDEN, Greg; SMITH, Brent; YORK, Jeremy. Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. **IEEE Internet computing**, v. 7, n. 1, p. 76-80, 2003.

BRITTO, Larissa et al. Uma abordagem de análise de textos para a classificação de receitas culinárias baseadas em documentos em português brasileiro. In: **Anais do XVI Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional**. SBC, 2019. p. 436-447.

ANSARI, Asim; ESSEGAIER, Skander; KOHLI, Rajeev. Internet recommendation systems. 2000.

DA'U, Aminu; SALIM, Naomie. Recommendation system based on deep learning methods: a systematic review and new directions. **Artificial Intelligence Review**, v. 53, n. 4, p. 2709-2748, 2020.

EL-DOSUKY, M. A. et al. Food recommendation using ontology and heuristics. In: **Advanced Machine Learning Technologies and Applications: First International Conference, AMLTA 2012, Cairo, Egypt, December 8-10, 2012. Proceedings 1**. Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 423-429.

ISINKAYE, Folasade Olubusola; FOLAJIMI, Yetunde O.; OJOKOH, Bolande Adefowoke. Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. **Egyptian informatics journal**, v. 16, n. 3, p. 261-273, 2015.

SHISHEHCHI, Saman; BANIHASHEM, Seyed Yashar; ZIN, Nor Azan Mat. A proposed semantic recommendation system for e-learning: A rule and ontology based e-learning recommendation system. In: **2010 international symposium on information technology**. IEEE, 2010. p. 1-5.

NECHES, Robert et al. Enabling technology for knowledge sharing. *AI magazine*, v. 12, n. 3, p. 36-36, 1991.

GRUBER, Thomas R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.

BERNARAS, Amaia. Building and reusing ontologies for electrical network applications. *Proc. of ECAI 96*, 1996, p. 298-302, 1996.

SWARTOUT, Bill et al. Toward distributed use of large-scale ontologies. In: **Proc. of the Tenth Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems**. 1996. p. 25.

ESTEVES, Izaque et al. A Self-adaptative Architecture to Support Maintenance Decisions in Industry 4.0. In: **International Conference on Advanced Information Networking and Applications**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 274-285.

WEYNS, Danny. **An introduction to self-adaptive systems: A contemporary software engineering perspective**. John Wiley & Sons, 2020.

QUIN, Federico; WEYNS, Danny; GHEIBI, Omid. Reducing large adaptation spaces in self-adaptive systems using classical machine learning. **Journal of Systems and Software**, v. 190, p. 111341, 2022.

GHEIBI, Omid; WEYNS, Danny; QUIN, Federico. Applying machine learning in self-adaptive systems: A systematic literature review. **ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS)**, v. 15, n. 3, p. 1-37, 2021.

MÜLLER, Hausi A.; KIENLE, Holger M.; STEGE, Ulrike. Autonomic computing now you see it, now you don't: Design and evolution of autonomic software

systems. **Software Engineering: International Summer Schools, ISSSE 2006-2008, Salerno, Italy, Revised Tutorial Lectures**, p. 32-54, 2009.

SUNNY, Bobin K. et al. Implementation of a self-adaptive real time recommendation system using spark machine learning libraries. In: **2017 IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems (SPICES)**. IEEE, 2017. p. 1-7.

WONG, Terence; WAGNER, Markus; TREUDE, Christoph. Self-adaptive systems: A systematic literature review across categories and domains. **Information and Software Technology**, v. 148, p. 106934, 2022.

MOURÃO, Erica et al. Investigating the use of a hybrid search strategy for systematic reviews. In: **2017 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)**. IEEE, 2017. p. 193-198.

MOURÃO, Erica et al. On the performance of hybrid search strategies for systematic literature reviews in software engineering. **Information and software technology**, v. 123, p. 106294, 2020.

DAS DORES ALVES, Rian; MACIEL, Rita SP; DAVID, José Maria N. Interoperabilidade Social e Colaboração: um Mapeamento Sistemático da Literatura. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos**, p. 83-94, 2021.

PETTICREW, Mark; ROBERTS, Helen. **Systematic reviews in the social sciences: A practical guide**. John Wiley & Sons, 2008.

SCHÄFER, Hanna et al. User nutrition modelling and recommendation: Balancing simplicity and complexity. In: **Adjunct publication of the 25th conference on user modeling, adaptation and personalization**. 2017. p. 93-96.

ROSTAMI, Mehrdad; ALIANNEJADI, Mohammad; OUSSALAH, Mourad. Towards health-aware fairness in food recipe recommendation. In: **Proceedings of the 17th ACM Conference on Recommender Systems**. 2023. p. 1184-1189.

ELSWEILER, David; HARVEY, Morgan. Towards automatic meal plan recommendations for balanced nutrition. In: **Proceedings of the 9th ACM Conference on Recommender Systems**. 2015. p. 313-316.

JUNG, Hoill; CHUNG, Kyungyong. Knowledge-based dietary nutrition recommendation for obese management. **Information Technology and Management**, v. 17, p. 29-42, 2016.

CENIZA, Angie M. et al. Zywie: a mobile application on personal health and lifestyle improvement. **International Journal of Computer Theory and Engineering**, v. 12, n. 3, p. 63-68, 2020.

ZHANG, Jieyu et al. A unified approach to designing sequence-based personalized food recommendation systems: tackling dynamic user behaviors. **International Journal of Machine Learning and Cybernetics**, v. 14, n. 9, p. 2903-2912, 2023.

ZITOUNI, Hanane et al. Personalized Menu: a New Contextual Collaborative Recommender System. In: **2020 International Conference on Advanced Aspects of Software Engineering (ICAASE)**. IEEE, 2020. p. 1-6.

GE, Mouzhi; RICCI, Francesco; MASSIMO, David. Health-aware food recommender system. In: **Proceedings of the 9th ACM Conference on Recommender Systems**. 2015. p. 333-334.

JALALI, Aryan et al. Mobile Application for Personalized Food Recommendation. In: **2022 IEEE 7th International conference for Convergence in Technology (I2CT)**. IEEE, 2022. p. 1-6.

NOHRIA, Vibhu et al. Intelligent Food Recommendation System Based on Nutritional Information and Preferences of Customers. In: **2023 International Conference on Computational Intelligence, Communication Technology and Networking (CICTN)**. IEEE, 2023. p. 246-252.

ZHANG, Jieyu et al. Many-objective optimization meets recommendation systems: A food recommendation scenario. **Neurocomputing**, v. 503, p. 109-117, 2022.

SAFITRI, Safitri et al. Cooking and Food Information Chatbot System using GPT-3. In: **2023 IEEE 9th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED)**. IEEE, 2023. p. 1-6.

WANG, Wenjie et al. Market2Dish: health-aware food recommendation. **ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)**, v. 17, n. 1, p. 1-19, 2021.

ROSTAMI, Mehrdad et al. A novel healthy and time-aware food recommender system using attributed community detection. **Expert Systems with Applications**, v. 221, p. 119719, 2023.

REHMAN, Faisal et al. Diet-right: A smart food recommendation system. **KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)**, v. 11, n. 6, p. 2910-2925, 2017.

HEVNER, Alan R. A three cycle view of design science research. **Scandinavian journal of information systems**, v. 19, n. 2, p. 4, 2007.

PIMENTEL, Mariano; FILIPPO, Denise; DOS SANTOS, Thiago Marcondes. Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. **RE@ D-Revista de Educação a Distância e eLearning**, v. 3, n. 1, p. 37-61, 2020.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JUNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2020.

VAN DER MERWE, Alta; GERBER, AURONA; SMUTS, Hanlie. Guidelines for conducting design science research in information systems. In: **Annual Conference**

of the **Southern African Computer Lecturers' Association**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 163-178.

RIBEIRO, Luiz APA; CINALLI, Daniel; GARCIA, Ana Cristina Bicharra. Discovering adverse drug reactions from twitter: A sentiment analysis perspective. In: **2021 IEEE 24th international conference on computer supported cooperative work in design (CSCWD)**. IEEE, 2021. p. 1172-1177

LILLEY, Mariana; BARKER, Trevor; BRITTON, Carol. The development and evaluation of a software prototype for computer-adaptive testing. **Computers & Education**, v. 43, n. 1-2, p. 109-123, 2004.

RUNESON, Per; HÖST, Martin. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. **Empirical software engineering**, v. 14, p. 131-164, 2009.

HORTA, Vitor et al. Analyzing scientific context of researchers and communities by using complex network and semantic technologies. **Future Generation Computer Systems**, v. 89, p. 584-605, 2018.

DE LEITE, Pesquisadora Embrapa Gado. Nutri'n Price: uma plataforma de seleção de alimentos mais nutritivos e acessíveis economicamente. **Eventos Técnicos & Científicos**, p. 52, 2024.

ALVES, Rian das Dores et al. An Architecture for Food Product Recommendation Focusing on Nutrients and Price. In: **International Conference on Advanced Information Systems Engineering**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 1-9.

DAS DORES ALVES, Rian et al. NutrinPrice: uma plataforma colaborativa para apoiar a seleção de produtos alimentícios. In: **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos**. SBC, 2022. p. 9-16.

RIBEIRO, Rui et al. Predicting physical properties of woven fabrics via automated machine learning and textile design and finishing features. In: **Artificial Intelligence Applications and Innovations: 16th IFIP WG 12.5 International Conference, AIAI 2020, Neos Marmaras, Greece, June 5–7, 2020, Proceedings, Part II 16**. Springer International Publishing, 2020. p. 244-255.

SOUSA, Afonso et al. Production Time Prediction for Contract Manufacturing Industries Using Automated Machine Learning. In: **IFIP International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 262-273.

APÊNDICE – I

Entre os interessados no funcionamento da Nutri'n Price, estão os pesquisadores e desenvolvedores da ferramenta. Esses atores entendem que para que a aplicação retorne informações que ajudem ao consumidor na escolha de alimentos mais saudáveis, é necessário que sejam retornados os preços dos alimentos de maneira confiável. Dessa maneira, deve ser seguido um método a fim de que todos os envolvidos na definição das fontes tenham os mesmos critérios para escolhê-las.

Uma preocupação dos desenvolvedores ao iniciar o desenvolvimento da arquitetura estava nas possíveis alterações que as URLs poderiam apresentar. Para isso, foram escolhidos 30 produtos para que tivessem seus preços monitorados por cerca de um ano. A ideia era verificar se esses endereços tinham suas páginas alteradas e de que maneira essas fontes de dados poderiam não ser confiáveis e sustentáveis, de forma que depois de um ano elas ainda estivessem funcionais para a extração dos preços dos alimentos. É importante salientar que os dados aqui apresentados são reais e tratam de dados históricos coletados para verificação desse tipo de cenário. Foram escolhidos alimentos de diferentes grupos alimentares e vendidos em diferentes configurações. O Quadro 5.1 dispõe desses produtos e datas em que foram coletados a primeira vez e a última.

Quadro A – Dados dos primeiros e últimos registros de 30 alimentos selecionados

Alimento	Primeiro Registro	Último registro	Situação
Abacate	09/10/2023	03/03/2024	Ativo
Abacaxi	22/05/2023	03/03/2024	Ativo
Abóbora	12/03/2023	11/06/2023	Inativo
Abobrinha	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Alface	07/05/2023	03/03/2024	Ativo
Arroz	30/03/2023	03/03/2024	Ativo
Asa de frango	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Bacalhau	07/05/2023	03/03/2024	Ativo
Bacon	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Banana	12/03/2023	26/02/2024	Inativo
Batata	12/03/2023	22/05/2023	Inativo
Carne Moída	12/03/2023	07/05/2023	Inativo
Cream Cheese	07/05/2023	03/03/2024	Ativo
Farinha de Mandioca	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Farinha de Milho	12/03/2023	03/03/2024	Ativo

Filé de Frango	23/05/2023	03/03/2024	Ativo
Iogurte Natural	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Leite Condensado	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Leite Desnatado	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Leite em Pó Desnatado	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Leite em Pó Integral	30/03/2023	01/03/2024	Inativo
Leite Fermentado	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Leite Integral	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Leite Pasteurizado	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Leite Semidesnatado	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Macarrão	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Margarina	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Pão de Hambúrguer	12/03/2023	01/03/2024	Inativo
Queijo Coalho	12/03/2023	03/03/2024	Ativo
Queijo Minas	12/03/2023	03/03/2024	Ativo

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O período observado da extração dos dados dos alimentos foi, para maioria dos produtos, entre março de 2023 e março de 2024. Verificou-se que os produtos Abóbora, Banana, Batata, Carne Moída, Leite em Pó Integral e Pão de Hambúrguer não tiveram seus preços captados de suas páginas Web em todas as requisições realizadas. Vista essa questão, as URLs foram consultadas para verificação de sua existência ou alteração de estrutura. Dentre os 6 (seis) produtos que não tiveram seus preços captados em todas as requisições, foram observados 3 tipos de comportamento ao acessar as URLs: I) Produto não encontrado para a URL registrada; II) Não existência do produto em estoque; III) Alteração na estrutura para produtos em promoção. Apesar de ser uma taxa pequena de produtos que tiveram suas URLs alteradas, os pesquisadores consideraram o tema como um ponto de atenção, pois interfere diretamente na extração dos preços dos alimentos. Produtos alimentícios esses que podem ser determinantes para uma escolha nutricional saudável e com o custo solicitado. Além disso, ameaça requisitos não funcionais importantes para manter o funcionamento da arquitetura com qualidade, ocasionando maior necessidade de manutenção, por exemplo.

APÊNDICE – II

Para o ranqueamento dos produtos foram utilizados dois índices: custo-benefício nutricional e densidade nutricional. As metodologias utilizadas para calcular os índices foram exploradas nos trabalhos de Siqueira et al. (2020) e Siqueira et al. (2021). Ambos trabalhos foram desenvolvidos a partir das iniciativas do Projeto Nutrileite, de maneira a embasar todo o processo de pesquisa deste trabalho.

O custo-benefício nutricional avalia o custo dos nutrientes dos alimentos consumidos no Brasil em termos do atendimento de 30% das recomendações nutricionais diárias para adultos saudáveis. Sendo assim, a partir da metodologia adotada, o custo dos nutrientes pode ser calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$Pnp = (Nn \times Pp) / Qn$$

De modo que Pnp (Custo do nutriente n no alimento p, expresso em R\$) é o resultado de Nn (Quantia equivalente a 30% da recomendação nutricional diária do nutriente n, expressa em g, d ou mcg) multiplicado por Pp (Preço de 100 gramas do alimento p, em R\$) dividido por Qn (Quantidade do nutriente n em 100 gramas do alimento (g, d ou mcg)).

Os resultados deste cálculo para cada nutriente, de cada produto alimentício, permitem identificar os alimentos mais baratos e nutritivos em termos de cada nutriente de interesse. Proporcionando ao consumidor a oportunidade de escolher o alimento que atenda melhor suas necessidades nutricionais.

O índice de densidade nutricional, diferente do custo-benefício, considera quantidades de todos os nutrientes no mesmo cálculo. O objetivo deste cálculo é classificar os alimentos mais nutritivos, e relacionar sua riqueza nutricional com o custo de cada alimento. Neste trabalho, a densidade nutricional é representada como NRF8,2, conforme apresentado no Projeto Nutrileite. Sendo assim, para cálculo da densidade são considerados dez nutrientes, sendo oito deles nutrientes encorajados de serem consumidos, e dois considerados limitados. Os nutrientes encorajados são: proteína, fibra, vitamina A (RAE), vitamina C, vitamina D (μ g) e vitamina E (mg), Ca e Fe e dois nutrientes para limitar (LIM): açúcar adicionado e sódio (Na). O valor diário de referência (DV_i) foi fixado em: proteína (50 g); fibra (28 g), vitamina A (900 RAE), vitamina C (90 mg), vitamina D (20 μ g), vitamina E (15 mg), Ca (1300 mg) e Fe (18

mg). Os valores máximos recomendados para o componente LIM foram açúcar de adição (50 g) e Na (2300 mg). Os valores percentuais diários para cada nutriente foram limitados a 100%. No cálculo da NR, cada ingestão diária de nutriente i foi calculada para 418 kJ e expressa em porcentagem do VD. O NRF 8,2 é calculado da seguinte maneira:

$$\mathbf{NRF\ 8,2 = NR8 - LIM2}$$

$$\mathbf{NR8 = \sum_{i=1}^8 \frac{Nut_{inc_i}}{(8 \times DV_i)} \times (100 / dens_energ)}$$

$$\mathbf{LIM2 = \sum_{j=1}^2 \frac{Nut_lim_j}{(2 \times MRV_j)} \times (100 / dens_energ)}$$

A utilização desses cálculos e seus resultados possibilitam uma escolha alimentar mais consciente, de maneira a atender às necessidades nutricionais dos consumidores considerando custos mais baixos.