

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DAVID JUNIOR FALKOWSKI

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA EM PROTEÍNAS VEGETAIS

CAMPO MOURÃO

2023

DAVID JUNIOR FALKOWSKI

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA EM PROTEÍNAS VEGETAIS

**EVALUATION OF THE TEMPERATURE INFLUENCE ON VEGETABLE
PROTEINS**

Trabalho de dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Paulo Henrique Março.

Coorientadora: Prof^ª Dra. Patrícia Valderrama.

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



DAVID JUNIOR FALKOWSKI

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA EM PROTEÍNAS VEGETAIS

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 15 de Fevereiro de 2023

Adriana Aparecida Droval, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luciana Furlaneto Maia, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Marcela Boroski, Doutorado - Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 15/02/2023.

AGRADECIMENTOS

Começando por Deus, eu agradeço a oportunidade de prosseguir meus estudos, de ingressar no programa, e por ter concluído mais uma fase da minha vida com saúde.

Agradeço à minha esposa, Alessandra, por ter me ajudado a tomar a decisão de ingressar no programa, também pela paciência e colaboração ao longo de todo o percurso.

Também sou grato pelo apoio da minha família, que me deu suporte para alcançar este momento.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Henrique Março, pelo auxílio e dedicação, mesmo com todos os imprevistos e contratemplos.

Sou grato à disposição dos que foram meus colegas de laboratório, Gabriel Radael Bernaski e Juliane Cristina Ramos Goldoni, que me auxiliaram com equipamentos e amostras. Desejo a vocês o melhor sucesso possível.

A instituição de ensino UTFPR e todos os professores Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

Também à Central Analítica Multiusuário da UTFPR – Campo Mourão, onde pude realizar as atividades necessárias para execução deste trabalho e que me acolheu como um segundo lar.

Quero agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram indiretamente para a realização desta pesquisa. Cada um de vocês teve papel fundamental na minha formação e na conquista deste título.

Finalmente, quero agradecer à CAPES, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Embora a maior parte das proteínas presente na dieta humana seja obtida de fontes animais, existe um crescente interesse pelas proteínas de origem vegetal. Dentre as motivações para o aumento no consumo das proteínas vegetais, destacam-se as preocupações com o meio ambiente, tais como o uso de água, destinação de áreas para plantio de alimentos para nutrição e criação de animais, em conjunto com as mudanças climáticas e a preocupação com o bem-estar animal. As proteínas têm sido aplicadas em diferentes formulações alimentares, muitas das quais passam por processos de aquecimento, como no caso de pães, bolos e biscoitos. Este estudo teve por objetivo avaliar a influência do aquecimento em proteínas de origem vegetal em pó aplicando-se diferentes temperaturas e tempos de exposição. Os resultados foram obtidos utilizando-se espectroscopia de infravermelho próximo, e o método de resolução multivariada de curvas com mínimos quadrados alternantes (MCR-ALS) foi aplicado para a interpretação dos dados obtidos. Foram avaliadas proteínas de ervilha, semente de abóbora, arroz, soja e de cannabis, sendo cada uma delas medida em 9 réplicas. Foram obtidos os espectros imediatamente após abertura da embalagem das proteínas, e após aquecimento, a 35, 50, 100, 150, 160, 170 e 180 °C, utilizando-se estufa de circulação de ar para aquecimento homogêneo das amostras. As amostras foram expostas a cada uma dessas temperaturas nos tempos de exposição de 20, 40 e 60 minutos. Com as variações espectrais observadas após os diferentes aquecimentos, os resultados indicam diferentes transformações estruturais nas proteínas (diferentes enovelamentos) dependendo da fonte (tipo). Assim, a partir dos dados recuperados por MCR-ALS, as proteínas de arroz foram as mais resistentes ao aquecimento, enquanto as de ervilha as mais suscetíveis a alterações por influência da temperatura.

Palavras-chave: infravermelho próximo; aquecimento; cinética; quimiometria; MCR-ALS.

ABSTRACT

Although most of the proteins present in the human diet are obtained from animal sources, there is a growing interest in plant-based proteins. Among the motivations for increasing consumption of plant-based proteins are concerns about the environment, such as water usage, the allocation of land for growing animal feed, and the impacts of climate change, along with animal welfare concerns. Proteins have been applied in various food formulations, many of which involve heating processes, such as in the case of bread, cakes, and cookies. This study aimed to evaluate the influence of heating on plant-based proteins in powder form by applying different temperatures and exposure times. The results were obtained using near-infrared spectroscopy, and the multivariate curve resolution method with alternating least squares (MCR-ALS) was applied to interpret the data. Pea, pumpkin seed, rice, soy, and cannabis proteins were evaluated, each measured in 9 replicates. Spectra were obtained immediately after opening the protein packaging and after heating at 35, 50, 100, 150, 160, 170, and 180 °C using an air-circulating oven for homogeneous sample heating. The samples were exposed to each of these temperatures for exposure times of 20, 40, and 60 minutes. With the spectral variations observed after different heatings, the results indicate different structural transformations in the proteins (different folding) depending on the source (type). Thus, from the data recovered by MCR-ALS, rice proteins were the most resistant to heating, while pea proteins were the most susceptible to temperature-related changes.

Keywords: near-infrared; heating; kinetics; chemometrics; MCR-ALS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – (A) Estrutura geral básica de um aminoácido e (B) representação de ligação entre dois aminoácidos por meio da ligação peptídica, formando um polímero.	14
Figura 2 – Representação estrutural de proteínas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias.	15
Figura 3 – Fluxograma resumido do método utilizado.	25
Figura 4 – (A) Espectros brutos e (B) corrigidos (MSC) obtidos para amostra de proteína de ervilha.	28
Figura 5 – (A) Espectros corrigidos (MSC), (B) resolução multivariada (MCR) em segunda derivada e (C) concentração relativa. obtidos para amostra 1 de Ervilha.	29
Figura 6 – Espectros de proteínas de semente de abóbora (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.	31
Figura 7 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de semente de abóbora.	32
Figura 8 – Espectros de proteínas de arroz (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.	33
Figura 9 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de Arroz.	34
Figura 10 – Espectros de proteínas de soja (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.	35
Figura 11 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de Soja.	36
Figura 12 – Espectros de proteínas de cannabis (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.	37
Figura 13 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de cannabis.	38
Figura 14 – Espectros corrigidos com correção de espalhamento multiplicativo para as proteínas de (A) ervilha, (B) semente de abóbora, (C) Arroz, (D) soja e (E) cannabis e (F), (G), (H), (I) e (J) as respectivas 2 ^a -derivadas.	39
Figura 15 – Segunda-derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS para as proteínas de (A) ervilha, (B) semente de abóbora, (C) Arroz, (D) soja e (E) cannabis e (F), (G), (H), (I) e (J) as respectivas concentrações relativas.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aminoácidos essenciais, essenciais condicionados e não essenciais.	17
Tabela 2 – Informação contida nos rótulos das proteínas comerciais de origem vegetal.	24

LISTA DE ABREVIATURAS

ALS	.....	Mínimos Quadrados Alternantes
DCNT	.....	Doenças crônicas não transmissíveis
MCR	.....	Resolução de curvas multivariada
MCR-ALS	.....	Resolução de curvas multivariada com Mínimos Quadrados Alternantes
MSC	.....	Correção de espalhamento multiplicativo
NIR	.....	Near-Infrared
NIRS	.....	Near-Infrared Spectroscopy

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Hábitos alimentares, excesso de peso e obesidade.	13
2.2	O que são proteínas e seu papel na dieta humana.	14
2.2.1	Aminoácidos essenciais e não essenciais	16
2.2.2	Proteínas na dieta humana	17
2.3	Adesão a dietas mais saudáveis e atividades físicas.	18
2.4	Suplementos alimentares	18
2.5	Proteínas animais e vegetais	20
2.6	Análise de proteínas	21
3	OBJETIVOS	23
3.1	Objetivo Geral	23
3.2	Objetivos Específicos	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Amostras	24
4.2	Limpeza de materiais	24
4.3	Preparo e aquecimento das amostras	24
4.4	Aquisição dos Espectros de Infravermelho Próximo (NIR)	26
4.5	Análises Quimiométricas	26
4.5.1	<i>Software</i>	26
4.5.2	Pré-processamento dos dados	26
4.5.3	Resolução Multivariada de Curvas com Mínimos Quadrados Alternantes.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1.1	Proteínas de ervilha	28
5.1.2	Proteínas de Semente de abóbora	30
5.1.3	Proteínas de Arroz	32
5.1.4	Proteínas de Soja	34
5.1.5	Proteínas de Cannabis.....	36
6	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

A busca por uma alimentação saudável capaz de gerar melhor qualidade de vida tem provocado mudanças nas escolhas de produtos alimentícios. Alimentos vistos como funcionais vem sendo mais procurados, e aqueles associados ao agravamento de algumas comorbidades e problemas de saúde estão sendo evitados (MARTINELLI; CAVALLI, 2019; QUESADA D; GOMEZ G, 2019; SOUZA et al., 2018).

De acordo com MALTA et al., 2017, o problema da má alimentação no Brasil afeta grande parte da população e tem consequências para a saúde pública. Os fatores que contribuem para essa situação incluem a falta de acesso a alimentos saudáveis, nutritivos e a disponibilidade de alimentos de baixo valor nutricional. Além disso, preocupações com os efeitos da alimentação sobre os benefícios estéticos são cada vez mais comuns, principalmente em relação a gordura corporal e a manutenção da massa magra (BAYÃO; DAMOUS, 2020; PEDROSA; JUNIOR; TIRAPGUI, 2009; ROCHA et al., 2022; WITT; SCHNIDER, 2011).

Para ajudar auxiliar na dieta e suprir eventuais defasagens na alimentação, surgiram como opção os suplementos alimentares, que são produtos comercializados na forma de pó ou capsulas com diferentes composições (PASSOS et al., 2020; PINTO; COSTA, 2021). O mais popular é a proteína em pó, principalmente a extraída do soro do leite de vaca, conhecida como *whey protein* e utilizada regularmente por praticantes de atividades físicas (MEDEIROS; DARONCO; BALSAN, 2019; SANTOS, 2018; SILVA et al., 2018).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o texto que trata sobre os alimentos proteicos para praticantes de atividades físicas é a portaria n. 222, de 24 de março de 1998, que diz:

São produtos com predominância de proteína(s), hidrolisada(s) ou não, em sua composição, formulados com o intuito de aumentar a ingestão deste(s) nutriente(s) ou complementar a dieta de atletas, cujas necessidades protéicas não estejam sendo satisfatoriamente supridas pelas fontes alimentares habituais. (ANVISA, 1998).

O uso de suplementos alimentares vem sendo cada vez maior entre os praticantes de atividades físicas, desportistas, pessoas em busca de uma vida mais saudável ou até aqueles em busca de melhorias estéticas, promovendo dietas baseadas no maior consumo de proteínas (DOS SANTOS et al., 2021). Isso acabou gerando maior busca e divulgação das chamadas receitas fitness em páginas e redes sociais na internet. Tais receitas utilizam da facilidade dos suplementos proteicos em pó para aumentar a quantidade de proteínas da mistura. Basta uma rápida busca para encontrar diversas receitas proteicas de alimentos comuns, sejam doces ou

salgados (OLIVEIRA, 2021; PASSOS; VASCONCELLOS-SILVA; SANTOS, 2020; SABBAGH et al., 2020; SANTOS, 2007; VILELA et al., 2021)

É evidente que a maioria dessas receitas precisam ser aquecidas, seguindo as recomendações de métodos de cozimento que garantam a qualidade nutricional. Assim como a maioria dos alimentos, cada caso exige um tempo e temperatura de preparo diferente (BRASIL, 2014). Não há informações detalhadas sobre como as proteínas suplementares se comportam ao ser expostas a altas temperaturas, como as de cocção por exemplo. Essas informações foram poucos estudadas e a literatura ainda é escassa nesse assunto. Considerando a ampla diversidade de suplementos alimentares proteicos disponíveis no mercado, e o fato de muitos deles poderem ser utilizados em diversas receitas, é crucial realizar estudos para analisar o comportamento dessas proteínas durante o aquecimento. Dessa forma, será possível investigar se ocorrem alterações estruturais nas proteínas durante esse processo (ALMEIDA et al., 2018; FERREIRA et al., 2016).

Uma das técnicas analíticas que tem se destacado como alternativa para a caracterização química é a espectroscopia de infravermelho próximo (NIR – do inglês *Near-Infrared Spectroscopy*), sendo uma opção para avaliar amostras sólidas, tais como alimentos e suplementos alimentares. Dentre as vantagens do infravermelho destacam-se o baixo custo, a rapidez para aquisição de dados, a não necessidade do uso de reagentes e de preparo e/ou destruição de amostras (DE OLIVEIRA; LEITE; MANDARINO, 2018). Essa técnica foi empregada em estudos de degradação de óleo de arroz (ROSA et al., 2019) e óleo de soja (ROSA et al., 2020) e poderiam ser reproduzidos para o estudo de aquecimento de proteínas.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da temperatura no comportamento de proteínas em pó, empregando a técnica espectroscopia NIR junto a ferramenta de resolução multivariada de curvas com mínimos quadrados alternantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Hábitos alimentares, excesso de peso e obesidade.

Existem doenças que se desenvolvem lentamente e silenciosamente no decorrer da vida sem apresentar sintomas. Muitas dessas doenças são chamadas de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), e as mais preocupantes são: doenças cardiovasculares, respiratórias, hipertensão, câncer e as relacionadas ao metabolismo (diabetes, obesidade e dislipidemia). Elas acabam gerando debates por pesquisadores e órgãos públicos de saúde no mundo todo, pois são associadas à vários fatores de riscos, sendo a obesidade uma das mais preocupantes pela capacidade de desencadear as outras (BRASIL, 2021).

A Organização Mundial de saúde define obesidade como acúmulo excessivo de gordura corporal, resultante do consumo de alimentos com alta densidade energética (WHO, 2021). O consumo de alimentos ricos em alguns nutrientes como gorduras, açúcares e sódio são descritos como um dos hábitos prejudiciais para a saúde no Brasil e no mundo (POPKIN; ADAIR; NG, 2012; MONTEIRO et al., 2013). Tais condições são características da alimentação não saudável que aliada ao sedentarismo, configura o estilo de vida associado a obesidade (FERREIRA; SZWARCOWALD; DAMACENA, 2019).

De acordo com dados do IBGE (2019), dentre as pessoas com dezoito anos ou mais 60,3% possuíam sobrepeso, e a partir dos vinte anos 26,8% da população eram considerados obesos. Ainda de acordo com a pesquisa, 19,4% dos adolescentes entre quinze e dezessete anos estavam com excesso de peso, dos quais 6,7 se apresentavam em quadros de obesidade (IBGE, 2019).

Alimentos fáceis de serem preparados e de consumo imediato geralmente possuem maior densidade energética, levando a uma maior ingestão calórica, contendo teores elevados de açúcares e gorduras saturadas e/ou trans em sua composição, além de, geralmente, apresentarem baixo teor de proteínas, fibras, vitaminas e minerais (ELIZABETH et al., 2020). Por conta disso se faz necessário promover a alimentação saudável junto a estratégias de combate ao sedentarismo para enfrentar simultaneamente os problemas relacionados com a alimentação (DIAS et al., 2017).

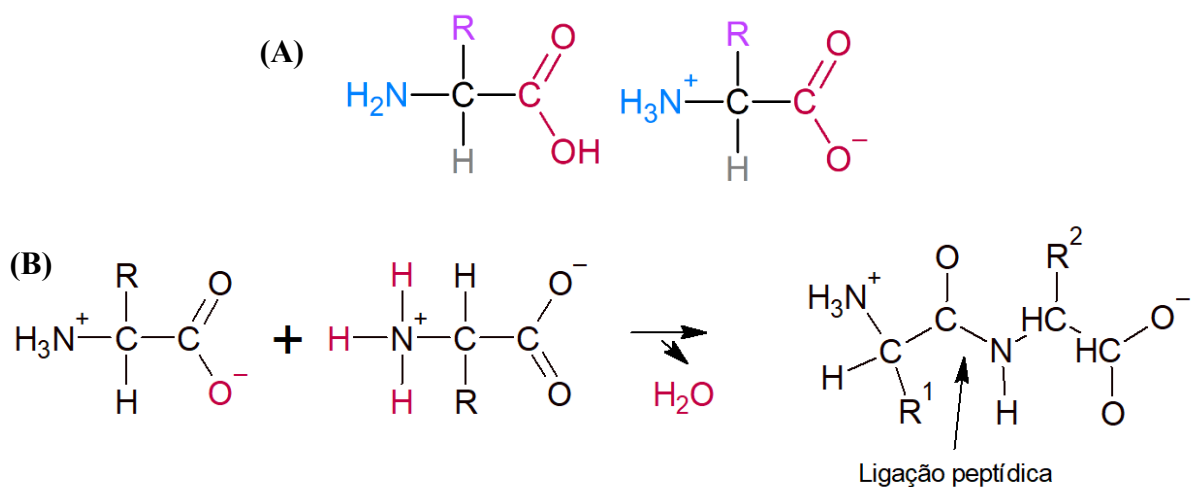
Nesse mesmo contexto se debate sobre os meios de comunicação, que podem influenciar a alimentação e o comportamento alimentar dos consumidores, em relação aos padrões estéticos e estereótipos de beleza, estimulando a busca pelos corpos perfeitos. Influências da mídia podem gerar buscas por dietas milagrosas, consumo excessivo de

determinados produtos e alimentos em comparação a outros e a adoção de hábitos alimentares prejudiciais. (MOTA et al., 2019; ROUNSEFELL et al., 2020; SIDANI et al., 2016; WITT; SCHNIDER, 2011).

2.2 O que são proteínas e seu papel na dieta humana.

As proteínas são classificadas como polímeros formadas quando ocorrem ligações peptídicas entre vários aminoácidos, geralmente ligados em sequência, que por sua vez definem sua unidade estrutural. Os aminoácidos são a base da estrutura das proteínas, e cada aminoácido pode se ligar ao vizinho por um tipo de ligação covalente, formando uma ou mais cadeias peptídicas, gerando diversidade no formato e nas funções da proteína. A composição dos aminoácidos também pode ser variável (Figura 1A), compartilhando as mesmas características estruturais, onde cada aminoácido possui um grupo amina (NH_2), um ácido carboxílico (COOH) e a cadeia lateral (Grupo R) ligados a um carbono central (C). Aminoácidos se ligam através da ligação peptídica entre os carbonos carboxílicos de um ao nitrogênio de outro conforme mostra a Figura 1B. O composto resultante pode continuar se ligando a outros aminoácidos em qualquer extremidade para formar proteínas com características e funções diferentes, resultando em uma cadeia linear de aminoácidos, chamada de polipeptídeo, que pode ter dezenas ou centenas de aminoácidos.

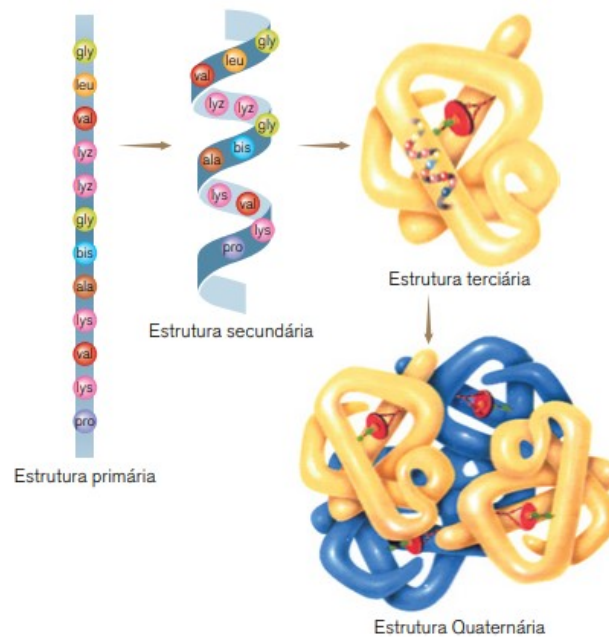
Figura 1 – (A) Estrutura geral básica de um aminoácido e (B) representação de ligação entre dois aminoácidos por meio da ligação peptídica, formando um polímero.



Fonte: Adaptado de (MARZZOCO; TORRES, 1999).

As proteínas são classificadas de acordo com o nível de organização estrutural, conforme observado na Figura 2. As estruturas primárias são aquelas de sequência linear contendo até trezentas unidades de aminoácidos, sendo as mais importantes do ponto de vista nutricional para os seres humanos, pois são a partir delas que as demais são formadas. As estruturas secundárias levam em consideração os arranjos espaciais dos polipeptídios, que permitem que ocorram fracas ligações de hidrogênio entre seus aminoácidos, e conseqüentemente um dobramento e uma forma tridimensional, apresentando estruturas, como hélices e folhas beta, que são formadas pela repetição de padrões de ligações entre os aminoácidos. Na estrutura terciária, determinada pela interação entre os resíduos de aminoácidos ao longo da cadeia polipeptídica, a proteína está enrolada sobre si mesma, sendo resultado da interação que acontecem na estrutura secundária, formando a estrutura tridimensional. As principais formas de estrutura terciária de proteínas incluem: estrutura em hélice, em folha pregueada, globular ou fibrosa. Por fim, a estrutura quaternária ocorre quando a proteína possui duas ou mais subunidades polipeptídicas, sendo formadas pela associação de várias dessas cadeias polipeptídicas (CORSINO, 2009; HORI, 2015; LIBERATO; OLIVEIRA, 2019; MARZZOCO; TORRES, 1999).

Figura 2 – Representação estrutural de proteínas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias.



Fonte: (HORI, 2015).

No meio biológico a maioria das proteínas tridimensionais apresentam uma certa flexibilidade que é essencial para que elas possam exercer suas funções, devido às ligações que ocorrem entre elas, geralmente ligações de hidrogênio. Entretanto, fatores como agitação mecânica, alterações de temperatura e pH podem provocar alterações na estrutura dessas proteínas, afetando sua estabilidade e capacidade de exercer suas funções.

Esse processo é chamado de desnaturação e, no caso do aquecimento, estima-se que acima de 50 °C a maioria das proteínas sejam desnaturadas, com resultados geralmente imprevisíveis, podendo acontecer até mesmo nas proteínas de cadeias lineares menos complexas (HORI, 2015). A desnaturação de uma molécula de proteína ocorre quando as interações, como as hidrofóbicas, e ligações dissulfeto e de hidrogênio, que mantêm sua estrutura tridimensional são rompidas, causando o desdobramento da proteína. Isso resulta em alterações em suas propriedades, como forma física, solubilidade em água e reatividade com outras proteínas, uma vez que sua estrutura tridimensional foi perdida. (CORSINO, 2009; HORI, 2015; LEHNINGUER; COX, 2014; LIBERATO; OLIVEIRA, 2019; MARZZOCO; TORRES, 1999).

A sequência em que os aminoácidos são distribuídos definem as propriedades das proteínas e suas específicas funções. Embora exista uma grande variedade de aminoácidos, os mais comuns presentes na constituição das proteínas importantes para os seres humanos são vinte em quantidade. Eles são divididos em duas classes: (1) aqueles sintetizados pelo próprio organismo chamados de não essenciais e (2) os que não são naturalmente sintetizados, devendo ser ingeridos através da dieta sendo chamados de essenciais (LEHNINGUER; COX, 2014; WU, 2021).

2.2.1 Aminoácidos essenciais e não essenciais

Uma boa dieta deve levar em consideração o consumo de proteínas de boa qualidade e em quantidade satisfatórias, contendo principalmente aminoácidos essenciais. A Tabela 1 mostra a classe dos aminoácidos, divididos entre essenciais e não essenciais. A classe dos não essenciais é subdividida em essenciais condicionados, sendo aqueles que diminuem em algumas condições de maior demanda pelo organismo, ou seja, quando a demanda ultrapassa a capacidade de produção, passam a ser obtidos pela alimentação (LEHNINGUER; COX, 2014).

Tabela 1 - Aminoácidos essenciais, essenciais condicionados e não essenciais.

Essenciais	Essenciais condicionados	Não essenciais
Histidina	Arginina	Alanina
Isoleucina	Cisteína	Asparagina
Leucina	Glutamina	Aspartato
Lisina	Glicina	Glutamato
Metionina	Prolina	Serina
Fenilalanina	Tirosina	
Treonina		
Triptofano		
Valina		

Fonte: Adaptado de (LEHNINGUER; COX, 2014).

2.2.2 Proteínas na dieta humana

Na dieta humana as proteínas são macronutrientes necessários para uma série de funções, desde construção e manutenção de ossos, músculos e tecidos, até a regulação e produção de hormônios, anticorpos e enzimas. Elas participam de interações metabólicas primordiais para o corpo humano, são encontradas em todas as células e tecidos e por isso são o segundo composto químico mais abundante do organismo humano, correspondendo a cerca de 16% do peso corporal de um indivíduo. Elas são encontradas principalmente na composição muscular (43%), no sangue (16%) e pele (15%) (MANN; TRUSWELL, 2011).

A construção e manutenção da massa muscular estão diretamente ligadas à ingestão de proteínas, e, por essa razão, têm sido objeto de estudo em pesquisas relacionadas à saúde, nutrição e perda de peso. Quando se trata de saúde, alguns estudos têm destacado os benefícios de aumentar a ingestão de proteínas na dieta (BILSBOROUGH; MANN, 2006; WITARD et al., 2016; FARACO; MENDES; RIEGER, 2021).

De acordo com Souza e colaboradores (2018), o consumo de proteínas é benéfico principalmente pelo aumento da saciedade, gerando uma dieta com menor ingestão calórica, contribuindo para a perda de peso. Isso se deve por conta da densidade energética dos alimentos, medida pela relação entre a energia presente no alimento (kcal) e o peso da sua porção (g), sendo expressa em kcal/g. A medida é baseada de acordo com as quantidades de gorduras (9 kcal/g), carboidratos (4 kcal/g) e proteínas (4 kcal/g) presentes na composição ou formulação do alimento (ROBINSON et al., 2022).

Estudos como os de Moon & Koh (2020), argumentam como as proteínas são metabolizadas mais lentamente e inibem a sensação de fome por mais tempo, o que ajuda na adesão a dietas de baixa caloria. Existe ainda o chamado efeito termogênico, descrito nos trabalhos de Drummen et al., (2020) e Westerterp (2008), devido ao metabolismo de proteínas consumir mais energia do que a digestão e metabolismo de carboidratos e gorduras, aumentando o gasto calórico e contribuindo para a sensação de saciedade. Além disso, como descrito pelos autores Landeiro & Quarantini (2011), e Blom et al., (2006), existe o efeito da liberação de hormônios associados à saciedade com dietas com maior consumo de proteínas, sinalizando ao cérebro que a fome foi saciada, além de controlar a secreção do hormônio grelina, responsável por estimular o apetite.

2.3 Adesão a dietas mais saudáveis e atividades físicas.

Alimentos de consumo rápido facilmente substituíram os naturais e que necessitam de preparo, em decorrência de fatores como facilidade de acesso, praticidade, rapidez, alta palatabilidade, fácil armazenamento e baixo custo (PASSOS et al., 2020). O grande consumo desses produtos, acabou gerando preocupações na sociedade que passou a se interessar pelos alimentos como uma forma de prevenção de alterações indesejadas no estado de saúde física e mental (BARRETO JUNIOR; FRANÇA; DIAS, 2015; LIMA et al., 2020).

Esta compreensão tem gerado maior conscientização e mudanças no comportamento dos consumidores, que passaram a relacionar dieta e atividades físicas em busca de longevidade (PONTES et al., 2019), levando ao aumento na prática de atividades físicas, a busca por centros de treinamento e academias. Uma das atividades físicas mais praticadas tem sido a musculação, justificada pelos vários benéficos, em especial a saúde e composição corporal (CARVALHO et al., 2018).

Nesse contexto, surgem demandas para melhorar o desempenho esportivo e demais estratégias nutricionais para complementar o aporte de nutrientes. Uma prática crescente entre os frequentadores de academias praticantes de musculação é o uso de suplementos alimentares, principalmente contendo proteínas e aminoácidos (SILVA; LÜDORF, 2021).

2.4 Suplementos alimentares

O aumento da popularidade dos suplementos alimentares acabou se disseminando para população em geral, além dos atletas e praticantes de musculação, desportistas recreativos que

buscam saúde e melhor qualidade de vida e até mesmo os não praticantes de atividades físicas, sob influência dos meios de comunicação (MEDEIROS; DARONCO; BALSAN, 2019; PRESTES; GORDIANO, 2021). Os suplementos são os mais diversos, de acordo com a (ANVISA, 2020), são produtos para o consumo oral, em formas farmacêuticas, com finalidade de suplementar a alimentação com nutrientes, substâncias bioativas, enzima ou probióticos, isolados ou combinados, podendo ainda compor parte da estratégia de alimentação. Em meio as opções, destaca-se o uso de aminoácidos e proteínas em pó (ABENUTRI, 2021; BRASNUTRI, 2021), especialmente por se tratar de um recurso capaz de garantir a ingestão elevada desse nutriente (PRESTES; GORDIANO, 2021).

A busca pelos suplementos alimentares é motivada por diversos fatores, além do ganho de massa muscular, como a perda de peso, prevenção da fraqueza, ganho de força, melhora do desempenho e facilidade de reposição de nutrientes. Os suplementos proteicos são vistos como uma opção viável para aumentar o consumo diário de proteínas em praticantes de atividades físicas, despertando interesse na população em geral (LOURDES et al., 2020). De acordo com uma pesquisa da (ABIAD, 2020), entre os consumidores de suplementos alimentares, cerca de 85% procuram por benefícios à saúde à medida que 69% incorporam a prática de exercícios físicos. Esse dado acaba mostrando o interesse por esse tipo de produto mesmo em indivíduos não treinados, evidenciando o interesse por parte da população de modo geral.

O crescimento do uso de suplementos também conta com a adesão dos adeptos de estilos de vida como o vegetarianismo e o veganismo, tornando as proteínas isoladas de plantas uma alternativa para satisfazer as necessidades desses consumidores. Diferentes partes de plantas como folhas, raízes e/ou sementes podem ser utilizadas para produção de proteína isolada em pó, capazes de oferecer doses similares de aminoácidos quando comparadas com o *whey protein* do soro do leite. Essas proteínas acabam sendo uma opção utilizada por indivíduos que buscam aumentar o consumo de proteínas através da dieta, sem ter a necessidade de consumir produtos de origem animal (ALVES et al., 2020; SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA, 2022; SOCIETY, 2020).

Um dos casos mais recentes do uso constante de suplementos alimentares do tipo proteico, que tem alcançado atletas, praticantes de atividades físicas e até amadores é a chamada dieta hiperproteica. Essa dieta consiste na substituição dos alimentos contendo carboidratos por aqueles com altos níveis de proteínas, e vem sendo recomendada por promover efeitos de maior saciedade (CARE et al., 2018; TIPTON, 2011). Outras evidências indicam que indivíduos submetidos a dietas com baixo teor de proteínas tendiam a manifestar mecanismos de compensação para selecionar alimentos (GRIFFIOEN-ROOSE et al., 2012). Portanto, maior

ingestão de proteínas é uma facilitadora para a adesão a novos hábitos alimentares auxiliando na redução da gordura corporal, do peso e na manutenção da massa magra. A recomendação de ingestão proteica pode variar entre 1,2 e 2,0 g/kg de peso corporal (CAVA; YEAT; MITTENDORFER, 2017; HANSEN; ASTRUP; SJÖDIN, 2021; LEIDY et al., 2015; MAGKOS, 2020; MURPHY; HECTOR; PHILLIPS, 2015; PHILLIPS, 2014; SOUZA et al., 2018).

Esse tipo de dieta, por sua vez, exige uma demanda por alimentos ou preparos alimentares ricos em proteínas (BEELEN; DE ROOS; DE GROOT, 2017). Considerando esse contexto, houve aumentos de utilização de suplementos alimentares tais como as proteínas em pó extraídas do soro do leite (whey protein) e dos vegetais como estratégia nutricional para enriquecer alimentos consumidos cotidianamente.

2.5 Proteínas animais e vegetais

A carne ainda hoje é a mais importante fonte de proteína animal na dieta humana, favorecida pelo seu sabor e características nutricionais, sendo uma excelente fonte de aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas e minerais. Porém, seu consumo provoca pertinentes debates e contestações sobre o impacto ambiental e segurança alimentar no âmbito de produção e suprimento de alimentos, sobretudo no que diz respeito a sustentabilidade (AUESTAD; FULGONI, 2015). O consumo e a produção de proteínas de origem animal acabam gerando discussões acerca do uso dos recursos naturais, especialmente em relação ao consumo de proteína de carne bovina. A produção de gado acaba levantando questionamentos com base na taxa de conversão entre o que os animais consomem na alimentação para produzir carne, sendo necessário em média 7 kg de alimentos vegetais para produção de 1 kg de carne. Outro comparativo frequentemente utilizado é o gasto de água, que pode ser de 15 mil litros para produzir 1 kg de carne (GNF, 2021; STUBBS; SCOTT; DUARTE, 2018). Como alternativa de substitutos da carne animal seriam os produtos com características nutritivas e palatáveis similares em aparência, textura e sabor (TZIVA et al., 2020).

Normalmente, dietas baseadas no consumo de plantas (DBP – do inglês Plant-Based Diet), devem conter maior variedade de produtos combinados para balancear as quantidades adequadas de aminoácidos, fornecendo proteínas em qualidade e quantidade suficiente (WEINDL et al., 2020). Por conta disso tem se defendido a adequada combinação entre produtos de origem vegetal e animal de modo a reduzir o consumo sem excluir esses alimentos da dieta (WILLIAMS; PATEL, 2017).

Além das características já mencionadas, as proteínas vegetais frequentemente são identificadas como funcionais, capazes de proporcionar não só os nutrientes provenientes de cada espécie, mas outros benefícios considerados adicionais. Muitos vegetais podem ser transformados em farinhas contendo propriedades similares aquelas encontradas na própria planta, e com isso apresentam potencial de serem explorados como ingredientes funcionais em produtos alimentícios processados. Nessa perspectiva, surgiram possibilidades sobre a utilização da fração proteica isolada a partir das fontes vegetais, dando início a uma tendência na escolha de alimentos favoráveis à saúde, bem estar e consciência ambiental (BETORET et al., 2011; LIMBERG et al., 2021; VASCONCELOS, A . C.; PONTES, D.F.; GARRUTI, D.S.; SILVA, 2006).

2.6 Análise de proteínas

Na literatura, análises de proteínas alimentares geralmente são baseadas na determinação do perfil de aminoácidos, teor de proteínas, digestibilidade e valor biológico. Existem diferentes processos qualitativos e quantitativos que podem ser empregados para analisar proteínas alimentares, sendo utilizados isoladamente ou em combinação. Dentre as técnicas quantitativas mais utilizadas está a espectroscopia de absorção UV-Vis, que permite a determinação da concentração de proteínas a partir da absorção de luz em um comprimento de onda específico. Já as técnicas qualitativas, como a cromatografia líquida de alta eficiência e a espectrometria de massa, são considerados métodos mais robustos, tendo a capacidade de identificar aminoácidos específicos (e grupos funcionais), e determinar a posição em que se encontram em uma cadeia peptídica, caracterizando até mesmo proteínas desconhecidas. Cada uma dessas técnicas tem suas vantagens e limitações, e a escolha da melhor abordagem depende das características da amostra e dos objetivos da análise (CHANG, 2017).

A busca por metodologias capazes de implementar rapidez e eficiência para a determinação da qualidade de amostras vem sendo cada vez mais exploradas. Técnicas que utilizam ferramentas espectroscópicas são um destaque nesse contexto, podendo prover informações qualitativas, quantitativas e até mesmo estruturais contidas nas informações do comprimento de onda e frequência espectral de energia, seja ela emitida ou absorvida. Menor custo, maior rapidez e simplicidade são as principais vantagens dessa técnica (HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2016; MARÇO et al., 2014).

Métodos espectroscópicos abrangem o estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria, usando como base os níveis de energia e transições de espécies atômicas e moleculares para tirar informações das amostras. Neste método o espectro

eletromagnético é dividido com base nas interações baseadas nas estruturas da amostra, envolvendo diferentes regiões de interesse. No caso do infravermelho próximo (NIR), o intervalo correspondente ao comprimento de onda situa-se entre 780 e 2500 nm, sendo uma região de radiação infravermelha com menor energia, capaz de promover somente estados vibracionais e rotacionais nas estruturas moleculares de interesse (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

Resolução de curvas multivariada (MCR), pode ser descrita como uma ferramenta analítica capaz de facilitar a descrição, identificação e compreensão de espécies e processos químicos, acima de tudo em condições em que fatores intermediários desconhecidos possam atrapalhar o processo investigativo, servindo como um meio de modelagem e calibração. Em resumo, é um método quimiométrico de processamento de sinais, uma técnica matemática utilizada para analisar dados em que várias variáveis estão inter-relacionadas (AHMADI; TAULER; ABDOLLAHI, 2015).

Já o método de (MCR-ALS – ALS do inglês “Multivariate Curve Resolution with Alternating Least Squares”), foi definido depois que Romà Tauler junto a colaboradores implementaram o MCR com Mínimos Quadrados Alternantes (ALS). O método presume que os dados dos espectros são combinações e seu objetivo, resumidamente, é fazer o isolamento ou resolução dos sinais instrumentais, característicos de componentes de uma mistura, dispensando o uso de outros processos de separação (GONÇALVES; MARÇO; VALDERRAMA, 2015; MARÇO et al., 2014).

Maiores detalhes sobre o algoritmo estão apresentados na seção 4.5.3.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência espectral causada pelo aquecimento em diferentes temperaturas e diferentes tempos de exposição em amostras de proteínas comerciais em pó de diferentes vegetais.

3.2 Objetivos Específicos

- Submeter as amostras de proteína vegetal de ervilha, semente de abóbora, arroz, soja e Canabis (tabela 2), a diferentes temperaturas de aquecimento e avaliar a variação espectral na região de 900 a 1700 nm;
- Comparar entre as proteínas quais são mais resistentes e quais são mais suscetíveis a influência do aquecimento;
- Avaliar em quais comprimentos de onda ou em quais temperaturas ocorreram alterações;
- Verificar quais grupos funcionais responsáveis por possíveis alterações (se houver).
- Sugerir condições limite de uso relacionadas ao aquecimento para as proteínas avaliadas.;

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostras

Cinco amostras de suplementos comerciais proteicos de origem vegetal foram adquiridas. Elas foram obtidas de diferentes lotes e marcas, e em embalagens comerciais de quantidades variadas, de 200 a 900g, com preferência para sabores neutros. A Tabela 2 apresenta as informações de identificação das amostras, tais como numeração atribuída e as informações contidas nos rótulos, como flavorizante e a origem. Todas as amostras foram adquiridas através de seus fornecedores ou sites parceiros no ano de 2021 utilizando recursos de apoio a pesquisa disponibilizados pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão.

Tabela 2 – Informação contida nos rótulos das proteínas comerciais de origem vegetal.

AMOSTRA	Flavorizante	Tipo
1	Sem sabor	Proteína de ervilha
2	Sem sabor	Semente de abóbora tostada
3	Sem sabor	Proteína de arroz
4	Sem sabor	Proteína de soja
5	Sem sabor	Proteína de Cannabis

Fonte: Autoria própria, 2022.

4.2 Limpeza de materiais

Para evitar possíveis contaminações residuais indesejadas, todas as vidrarias e demais materiais utilizados para armazenamento ou preparo de amostras foram previamente limpos com sabão com enxágue em água destilada e armazenados em estufa de circulação de ar até a secagem. Em seguida, foram submetidos a um enxague com uma solução P.A de acetona, para remover resíduos de sabão e assegurar integridade à leitura dos espectros.

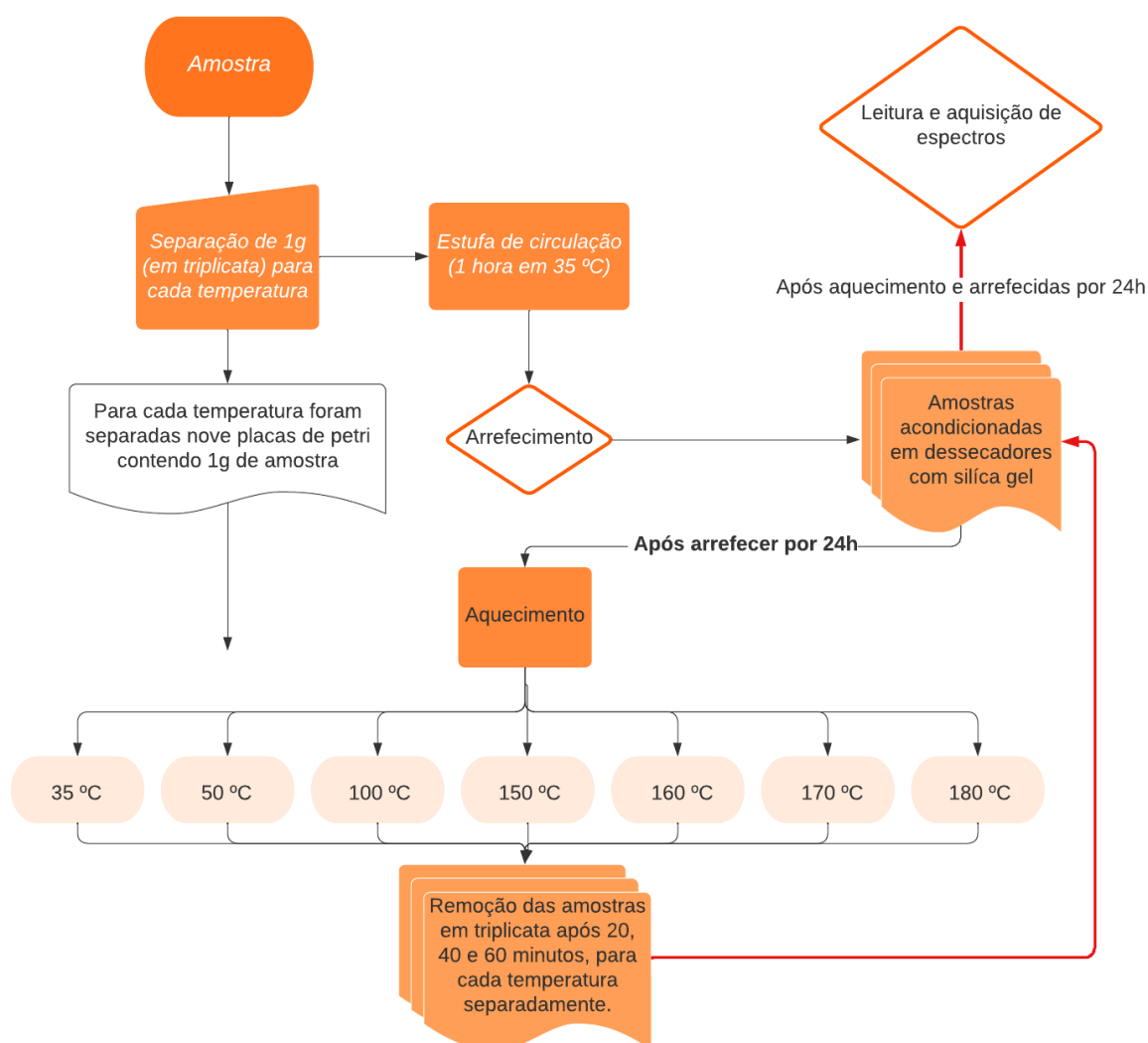
4.3 Preparo e aquecimento das amostras

Foi utilizada a massa de 1g de amostra, medida diretamente em placa de petri, totalizando nove placas com 1g de amostra para cada temperatura de análise.

Com intuito de promover uma condição inicial igual para todas as amostras, foi adotado um procedimento de secagem em estufa de circulação, onde as amostras permaneceram por uma hora em temperatura de 35° C, antes de serem submetidas às respectivas temperaturas desejadas. As amostras que não estavam em etapa de aquecimento foram acondicionadas em dessecadores contendo sílica gel, até posterior utilização.

A figura 3, mostra um fluxograma resumido da metodologia utilizada, para cada temperatura (35° C, 50° C, 100° C, 150° C, 160° C, 170° C e 180° C), todas as cinco amostras foram submetidas a três replicatas durante 20, 40 e 60 minutos. Após o aquecimento as amostras foram transferidas para frascos âmbar e armazenadas por 24 horas em dessecadores contendo sílica gel, para evitar interferências na aquisição dos dados espectrais.

Figura 3 – Fluxograma resumido do método utilizado.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Optou-se por coletar os dados de cada amostra nas temperaturas selecionadas ao longo de uma semana, realizando a leitura das temperaturas mais baixas para as mais altas, respectivamente. As leituras também foram realizadas em triplicata.

4.4 Aquisição dos Espectros de Infravermelho Próximo (NIR)

Os espectros foram obtidos utilizando-se um equipamento JDSU MicroNIR® para medidas na região de 900 a 1700 nm. As amostras foram transferidas para uma cubeta de vidro e cobertas com uma camada de aproximadamente 1 cm acima de sua base.

4.5 Análises Quimiométricas

4.5.1 Software

Os dados obtidos foram avaliados utilizando-se o software MATLAB R2021b. A resolução multivariada de curvas com mínimos quadrados alternantes foi aplicada utilizando-se o código disponível na internet localizado na página do link (Acessada em abril de 2022):

https://www.cid.csic.es/homes/rtaqam/tmp/WEB_MCR/down_alsGUI.html

4.5.2 Pré-processamento dos dados

Os espectros foram organizados na forma de matriz e processados para correção de espalhamento multiplicativo (MSC) e alisamento pelo algoritmo de Savitzki-Golay (SAVITZKY; GOLAY, 1964). Em seguida, a matriz resultante foi derivada (segunda derivada), utilizando o algoritmo de Savitzki-Golay, para verificação de possíveis bandas sobrepostas. Após o pré-processamento, as matrizes foram submetidas ao algoritmo de MCR-ALS para determinação do comportamento cinético.

4.5.3 Resolução Multivariada de Curvas com Mínimos Quadrados Alternantes

O método de MCR-ALS é uma ferramenta de resolução, ou seja, utilizado para encontrar sinais “puros” dentro de uma mistura. O algoritmo permite, portanto, a recuperação de sinais que possam estar misturados a outras fontes, recuperando ainda as respectivas concentrações relativas dos sinais obtidos. Esta ferramenta opera de modo a atribuir perfis de sinais que possam existir dentro de uma mistura partindo-se de uma estimativa inicial destes sinais de que se pretende encontrar ou das concentrações relativas das substâncias que produzem o sinal. A estimativa dos sinais pode ser realizada pelo algoritmo que funciona dentro

da interface do MCR-ALS, chamado de PURE, que se fundamenta em outro algoritmo, denominado de SIMPLISMA.

O algoritmo do MCR-ALS busca encontrar os perfis dos sinais e suas respectivas concentrações a partir da equação 1:

$$\mathbf{D} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{S}^T + \mathbf{E} \quad (1)$$

Onde \mathbf{D} é a matriz de dados contendo os sinais, \mathbf{C} é a matriz contendo os valores de concentração relativa e \mathbf{S}^T a matriz contendo os dados do perfil espectral puro e \mathbf{E} a matriz de erros. Portanto, ao se apresentar uma matriz de dados (\mathbf{D}) ao algoritmo e uma estimativa inicial de espectro (\mathbf{S}^T) ou de concentração (\mathbf{C}), o algoritmo será capaz de encontrar a incógnita faltante. Na interface disponível citada anteriormente, conta-se com restrições tais como a não-negatividade, unimodalidade, balanço de massa, dentre outras, para diminuir o problema de ambiguidade rotacional, que significa ter mais de uma possibilidade de resposta para a mesma incógnita.

O objetivo da MCR-ALS é encontrar uma solução única e consistente para os componentes subjacentes, que pode ser usada para interpretar os dados e identificar as espécies químicas presentes nas amostras. É uma técnica muito poderosa que pode ser implementada em uma variedade de plataformas de software, como o MATLAB.

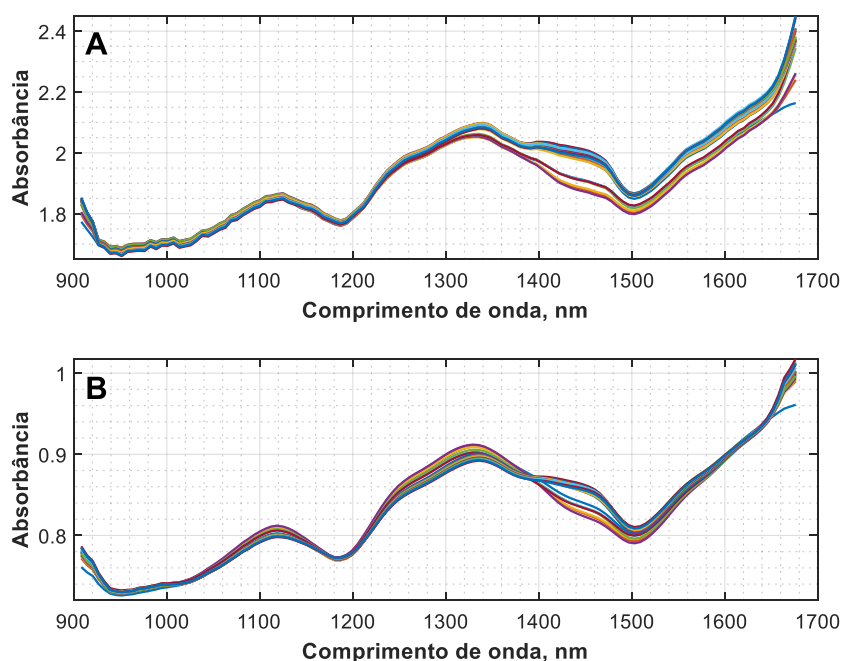
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para facilitar a discussão, o resultado da avaliação das proteínas será inicialmente discutido individualmente para cada proteína.

5.1.1 Proteínas de ervilha

Na Figura 4 estão apresentados os espectros obtidos para as amostras de proteína de ervilha aquecidas, sendo (A) os espectros brutos e (B) após processamento por correção de espalhamento multiplicativo e alisamento com janela de 7 pontos. O aquecimento desta proteína se pronuncia principalmente pela variação na região entre 1400 e 1500 nm e, para explorar este efeito, fez-se a aplicação da resolução multivariada de curvas.

Figura 4 – (A) Espectros brutos e (B) corrigidos (MSC) obtidos para amostra de proteína de ervilha.



Fonte: Autoria própria, 2022.

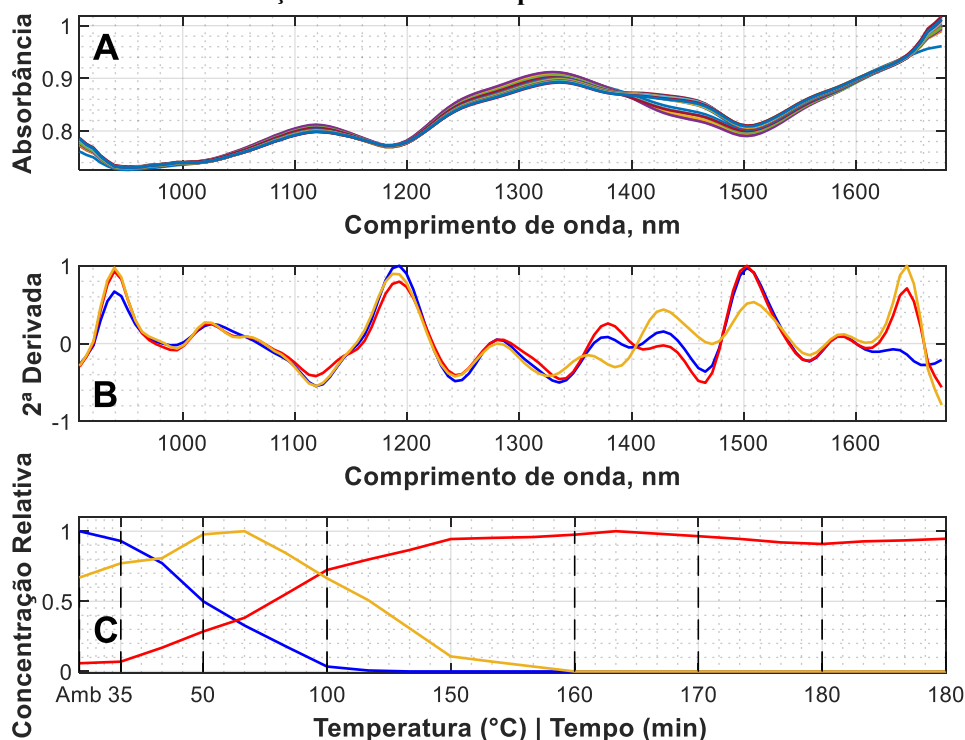
Com o objetivo de facilitar a comparação entre os espectros corrigidos frente aos demais, a figura mostrada em 4B foi transferida para a Figura 5 (A). Os espectros processados foram submetidos a análise por MCR-ALS, e os resultados estão apresentados na Figura 5 (B) para a segunda derivada dos espectros recuperados e (C) para as respectivas concentrações relativas. Na Figura 5 (C), o tempo de 60 minutos de aquecimento está contido dentro dos intervalos de temperatura separados pela linha tracejada em preto. Para interpretação das

respostas, deve-se observar que os sinais apresentados por linhas em diferentes cores na Figura 5 (B) se comportam conforme a respectiva cor na Figura 5 (C).

Os sinais em azul (—), laranja (—) e vermelho (—) que serão mostrados para todos os resultados a partir de agora, indicam que o MCR detectou três componentes distintos nas amostras analisadas. A detecção dos três sinais indica que o MCR foi capaz de extrair e distinguir quimicamente até esse limite a partir da mistura inicial de sinais. Esses sinais possuem concentrações que serão chamadas de relativas.

Por exemplo, o sinal que aparece em azul (—) na Figura 5 (B) tem decréscimo de concentração relativa, conforme a linha também em azul (—) na Figura 5 (C), onde observa-se o aumento simultâneo das concentrações dos sinais em cor laranja (—) e em cor vermelha (—). Assim, a partir de 100 °C de aquecimento o sinal em cor azul dá lugar aos sinais ilustrados pela coloração em laranja e em vermelho, sendo que o sinal em cor vermelha prevalece a partir desta temperatura.

Figura 5 – (A) Espectros corrigidos (MSC), (B) resolução multivariada (MCR) em segunda derivada e (C) concentração relativa. obtidos para amostra 1 de Ervilha.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Logo, devemos observar que o desaparecimento do sinal em cor azul na Figura 5 (C) representa, principalmente, a variação sofrida na banda situada em 1640 nm, que pode ser atribuída ao primeiro sobretom de vibração de estiramento de N-H de amidas primárias e

secundárias (WORKMAN JR.; WEYER, 2012). Observam-se ainda variações nas bandas situadas em 940, 1190, 1380 e 1430 nm. Estas bandas podem ser atribuídas, principalmente, ao 3º sobretom de estiramento de vibrações O-H (940 nm), 4º sobretom de vibrações N-H de amidas secundárias, 1º sobretom de estiramento de vibrações N-H de amins primárias (1380 nm) e secundárias (1430 nm). Sabendo que os grupos N-H também compõem as proteínas, sugere-se que o aquecimento esteja influenciando os aminoácidos que compõem as proteínas da ervilha, possivelmente por estarem sofrendo processo de desnaturação. O fenômeno interessante está relacionado à temperatura a partir da qual se inicia o processo, já que se trata de uma temperatura relativamente baixa (a partir de 100°C). Tal transformação sugere que estudos sobre a funcionalidade das proteínas de ervilha devem ser aprimorados, principalmente, para descrever os fenômenos ocorridos nesta temperatura/tempo. Embora a técnica utilizada não permita avaliar detalhadamente as mudanças nas propriedades funcionais da proteína, é possível afirmar que houve alterações vibracionais, e que alimentos processados por aquecimento desta proteína a partir de 100 °C podem apresentar alterações funcionais.

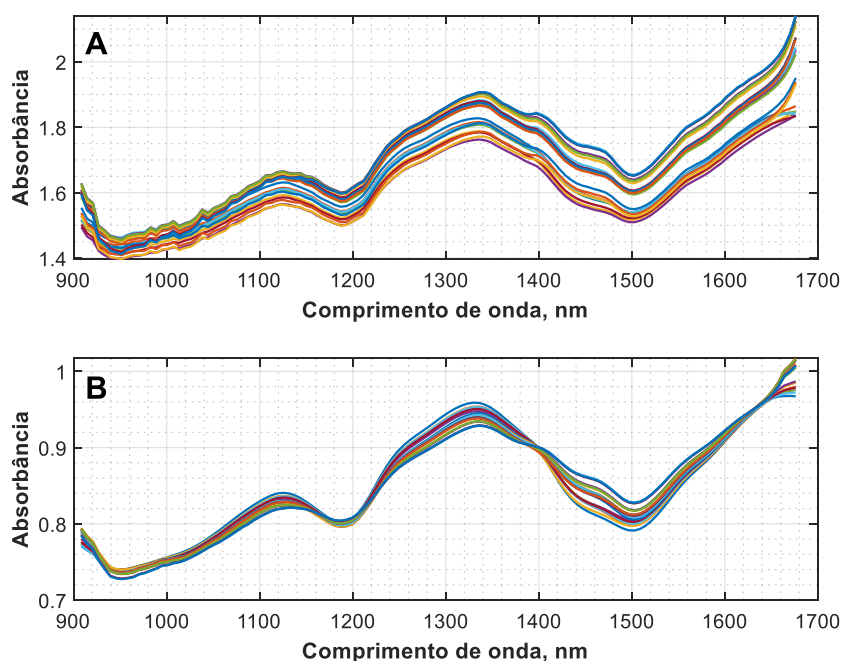
5.1.2 Proteínas de Semente de abóbora

A Figura 6 apresenta os espectros (A) brutos e (B) após processamento para as proteínas de semente de abóbora. Após a segunda derivada, os espectros foram submetidos a resolução multivariada de curvas por mínimos quadrados alternantes, e os resultados estão apresentados na Figura 7 (B e C). Neste caso, observa-se que as variações espectrais são menos contundentes que aquelas observadas para a amostra de proteína de ervilha, para a qual o aquecimento provoca modificações importantes a partir de 100 °C. Porém, observa-se que o mesmo sinal visto na temperatura ambiente é detectado em 180 °C até 10 minutos de aquecimento. Neste caso, das principais transformações verificadas por consequência do aquecimento foram a diminuição da banda de vibração localizada em 1120 nm, atribuída ao segundo sobretom da vibração da ligação N-H de amins primárias e secundárias, também atribuída ao 4º sobretom de vibração de ligações de amidas secundárias, e a observada em 1645 nm, atribuída a vibrações de 1º sobretom de vibração de ligações N-H de amins primárias e secundárias (WORKMAN JR.; WEYER, 2012).

Além desta alteração, foram detectadas também variações importantes nas bandas de vibração localizadas entre 1310 até 1370, e de 1400 até 1600 nm, onde foi detectado o aparecimento de uma banda de vibração em 1310 nm e deslocamento de uma banda em 1370 nm, que é uma região atribuída ao 1º sobretom de vibrações de ligação O-H, aparecimento de

uma de uma banda de vibração em 1410 nm, atribuída a vibração do 1º sobretom de ligações O-H e também a vibração de 1º sobretom de ligação de amins primárias. Observa-se também o deslocamento da banda inicialmente em 1470 para 1460 nm, e o deslocamento da banda em 1510 para 1500 nm, que é uma região também atribuída a vibração de 1º sobretom de ligação de amins primárias e secundárias (WORKMAN JR.; WEYER, 2012).

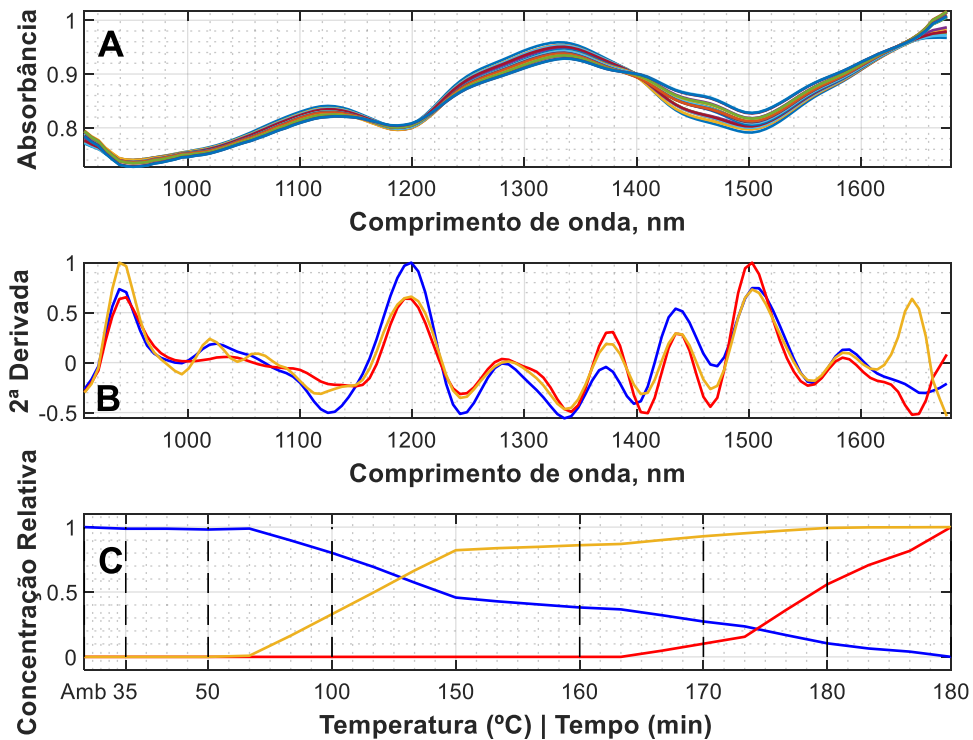
Figura 6 – Espectros de proteínas de semente de abóbora (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Comparando-se com a proteína de ervilha, a proteína extraída da semente de abóbora se mostrou como mais estável por apresentar, mesmo em temperaturas elevadas, o mesmo perfil de espectro visto em temperatura ambiente. Por outro lado, a avaliação realizada por espectroscopia no infravermelho não permite a identificação das substâncias presentes em cada proteína, de modo a impossibilitar uma comparação mais aprofundada sobre a composição das amostras.

Figura 7 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de semente de abóbora.

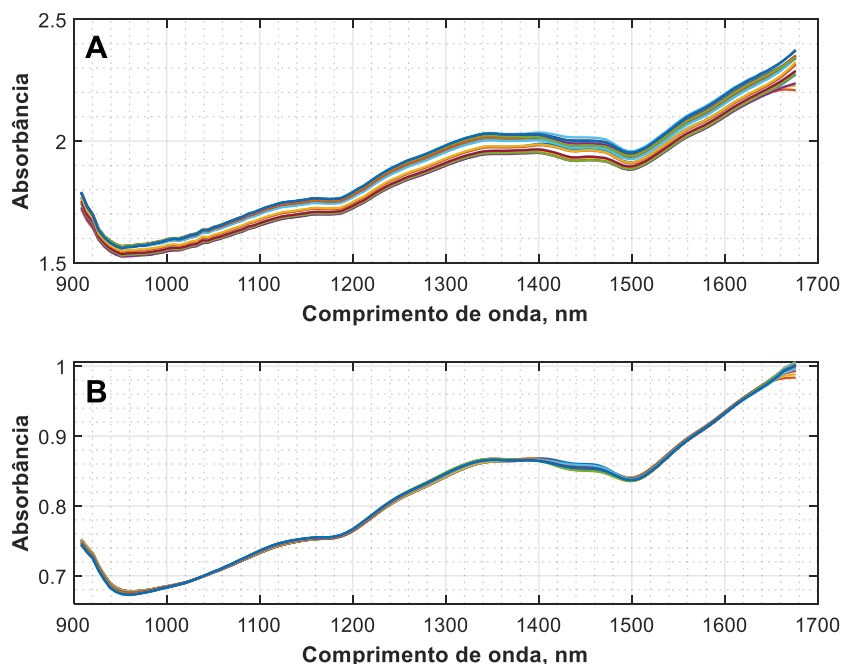


Fonte: Autoria própria, 2022.

5.1.3 Proteínas de Arroz

A Figura 8 apresenta os espectros médios (A) brutos e (B) após processamento. O processamento permite verificar que as variações espectrais foram bastante sutis, acontecendo principalmente entre 1360 e 1500 nm. Para verificação da influência da temperatura, os espectros foram avaliados por aplicação de resolução multivariada de curvas com mínimos quadrados alternantes (MCR-ALS), e os resultados estão apresentados na Figura 9 – (B e C). Na Figura 9 – A estão apresentados os sinais processados antes da derivada, para que se possa comparar fielmente as regiões de vibração.

Figura 8 – Espectros de proteínas de arroz (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.

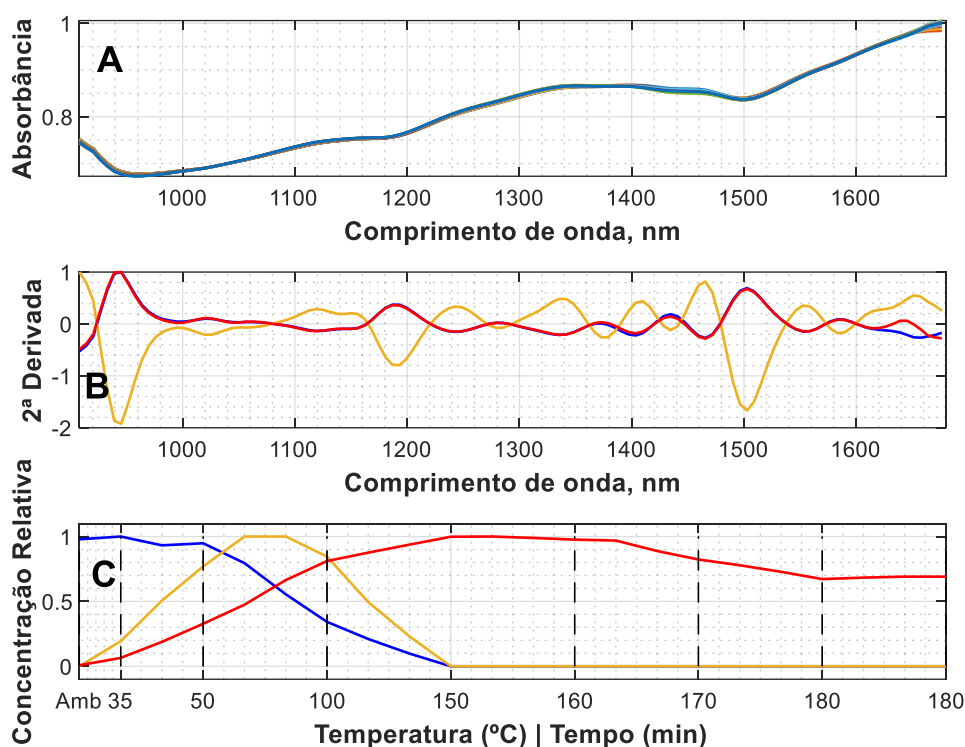


Fonte: Autoria própria, 2022.

Observa-se, da Figura 9 – **B** que o sinal em azul foi detectado até a temperatura de 100 °C, dando lugar ao sinal representado pela cor laranja, observado durante a temperatura de 50 °C de aquecimento. Para este novo sinal, as oscilações acontecem na região que vai de 1380 até 1480 nm. Esta região é atribuída ao terceiro sobretom de vibração de grupos C=O, ao primeiro sobretom de vibrações do tipo O-H, podendo ainda ser atribuída ao primeiro sobretom de vibrações N-H primários e secundários (WORKMAN JR.; WEYER, 2012).

Para temperaturas acima de 100 °C, observa-se pela Figura 9 – **(C)** que o perfil de espectro ilustrado pela cor vermelha ganha importância. Neste caso, a variação mais importante é observada em aproximadamente 1645 nm. Esta região é atribuída principalmente ao primeiro sobretom de vibração de estiramento de N-H de amidas primárias e secundárias (WORKMAN JR.; WEYER, 2012). arroz se mostra como mais estável, indicando ser pouco influenciada pelo aquecimento até a temperatura de 180 °C, mesmo após 1 hora de exposição.

Figura 9 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de Arroz.



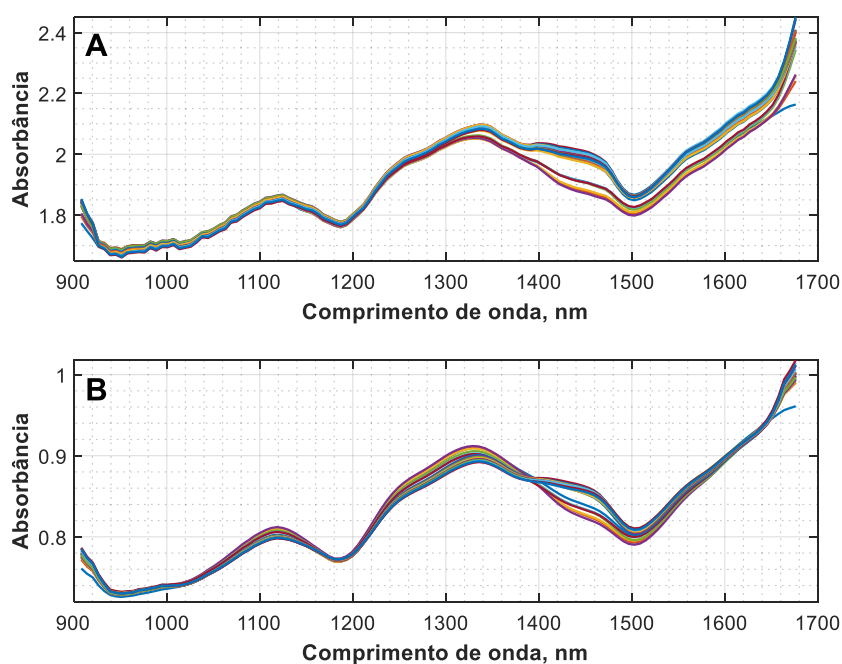
Fonte: Autoria própria, 2022.

Como os grupos N-H compõem as proteínas, sugere-se que estas vibrações estejam ganhando importância pelo fato de estarem sendo influenciadas por aquecimento. Porém, comparando-se o sinal apresentado em temperatura ambiente (em azul) com o sinal observado a partir de 100 °C (em vermelho), é notável que a variação que ocorre é verificada de forma sutil apenas em 1645 nm, de modo que se pode afirmar que o sinal é bastante estável.

5.1.4 Proteínas de Soja

Da mesma forma que para as proteínas avaliadas anteriormente, avaliou-se a influência do aquecimento em amostra de proteínas de soja. A Figura 10 apresenta os espectros médios (A) brutos e (B) após processamento. Observa-se que mesmo após correção de espalhamento multiplicativo, os sinais sofreram grande dispersão.

Figura 10 – Espectros de proteínas de soja (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.



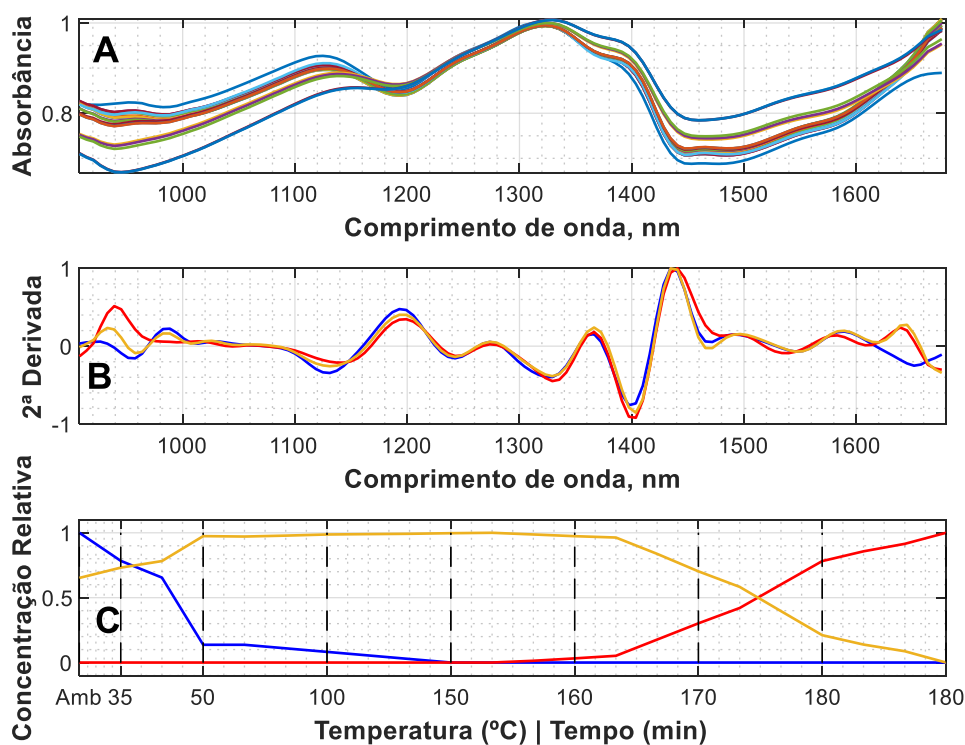
Fonte: Autoria própria, 2022.

Para avaliá-los, aplicou-se o MCR-ALS, e os resultados estão apresentados na Figura 11 – (B e C), e na Figura 11 – A, os sinais processados antes da derivada, para comparação com os sinais recuperados após resolução.

De forma geral, observou-se que os espectros sofreram maior dispersão que os espectros das amostras de ervilha, semente de abóbora e de arroz, sugerindo que o efeito da temperatura seja mais acentuado na amostra de proteínas de soja. De fato, observando-se a Figura 11 (C), é possível verificar que mesmo em temperatura ambiente foram detectadas variações espectrais principalmente na região de 930 nm, que é uma região atribuída ao terceiro sobretom de estiramento da vibração de ligação O-H, e em 980 nm, atribuída ao 2º sobretom de vibrações de ligação O-H. Tais variações podem estar relacionadas com presença de umidade (água), uma vez que as vibrações citadas se deslocam totalmente após 10 minutos de aquecimento na temperatura de 100 °C. Em estudo realizado por Herrero, Jiménez-Colmenero e Carmona (2009), observou-se que a proteína isolada de soja tem propriedade estabilizante em emulsões, além da formação de géis, o auxilia na manutenção da umidade. A capacidade de retenção de água da proteína isolada de soja depende de diversos fatores, como a sua concentração, temperatura, aminoácidos constituintes e a presença de outros ingredientes. De modo geral, esta proteína é considerada como sendo satisfatória na capacidade de retenção de

água. Além disso, a desnaturação das proteínas, que está relacionada com temperatura, pressão e tempo de exposição, facilita a abertura da estrutura proteica e, por consequência, a interação das cadeias de aminoácidos, favorecendo a alteração de suas características (SCHARNAGL; REIF; FRIEDRICH, 2005).

Figura 11 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de Soja.



Fonte: Autoria própria, 2022.

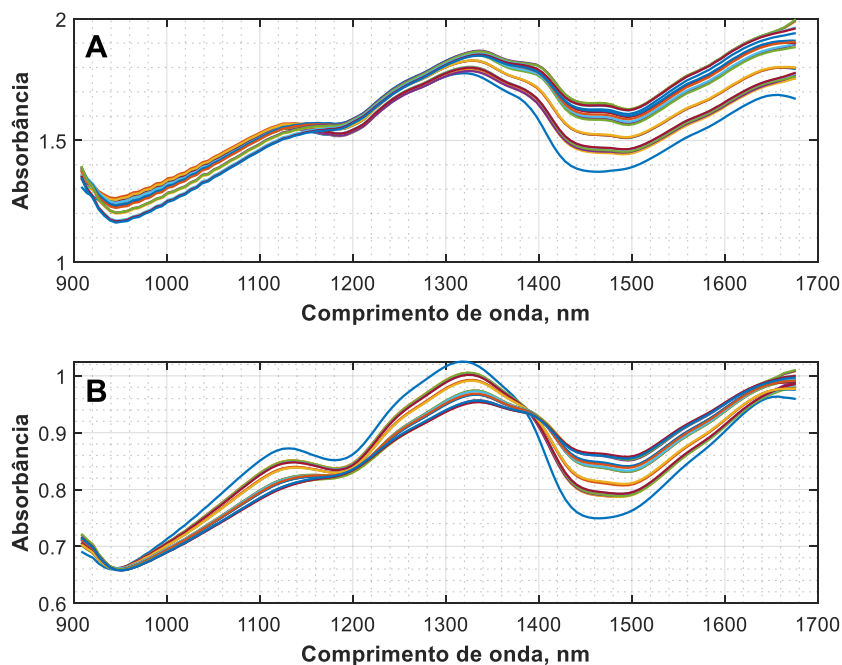
Da mesma forma que as vibrações observadas para O-H, detectou-se o deslocamento de uma banda inicialmente em 1650 para 1640 nm. Esta região é atribuída ao primeiro sobretom de vibração de estiramento de ligações N-H de amins primárias e secundárias. Esta vibração pode ser atribuída a alguma variação que se pode observar em proteínas, uma vez que estas são compostas por grupamentos amínicos.

5.1.5 Proteínas de Cannabis

Para a cannabis, os espectros médios estão apresentados na Figura 12 (A) brutos e (B) após processamento, sendo que estes últimos foram avaliados a partir da aplicação de MCR-ALS, e os resultados estão apresentados na Figura 13 – (B e C). Os sinais processados antes da

derivada estão apresentados na Figura 12 – A para comparação com os sinais recuperados após resolução.

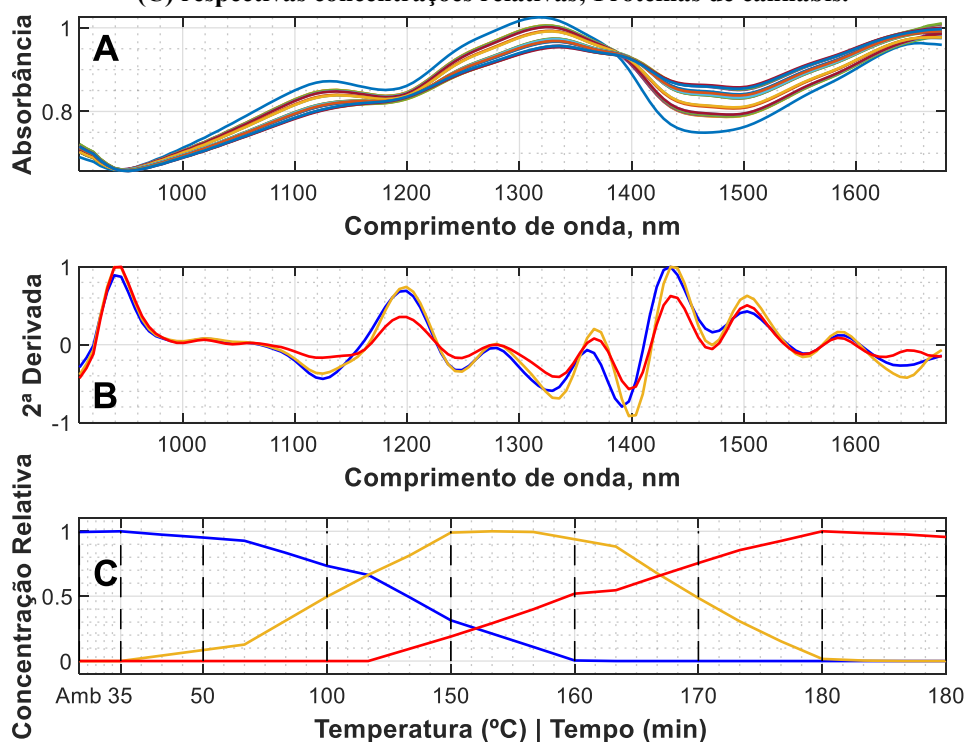
Figura 12 – Espectros de proteínas de cannabis (A) brutos e (B) processados por alisamento e correção de espalhamento multiplicativo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Os resultados de MCR-ALS indicam que as alterações espectrais (Figura 13 – B) começam a aparecer com maior importância a partir de 20-30 minutos de exposição a temperatura de 50 °C, como mostrado na Figura 13 – C. O comportamento apresentado foi similar ao observado para a amostra de proteínas de semente de abóbora e proteínas de arroz. No entanto, destaca-se que as alterações espectrais apresentadas pela amostra de proteínas de arroz foram menores que as apresentadas tanto pela amostra de proteínas de semente de abóbora quanto pela de proteína de cannabis.

Figura 13 – (A) Espectros processados, (B) Segunda derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS e (C) respectivas concentrações relativas; Proteínas de cannabis.



Fonte: Autoria própria, 2022.

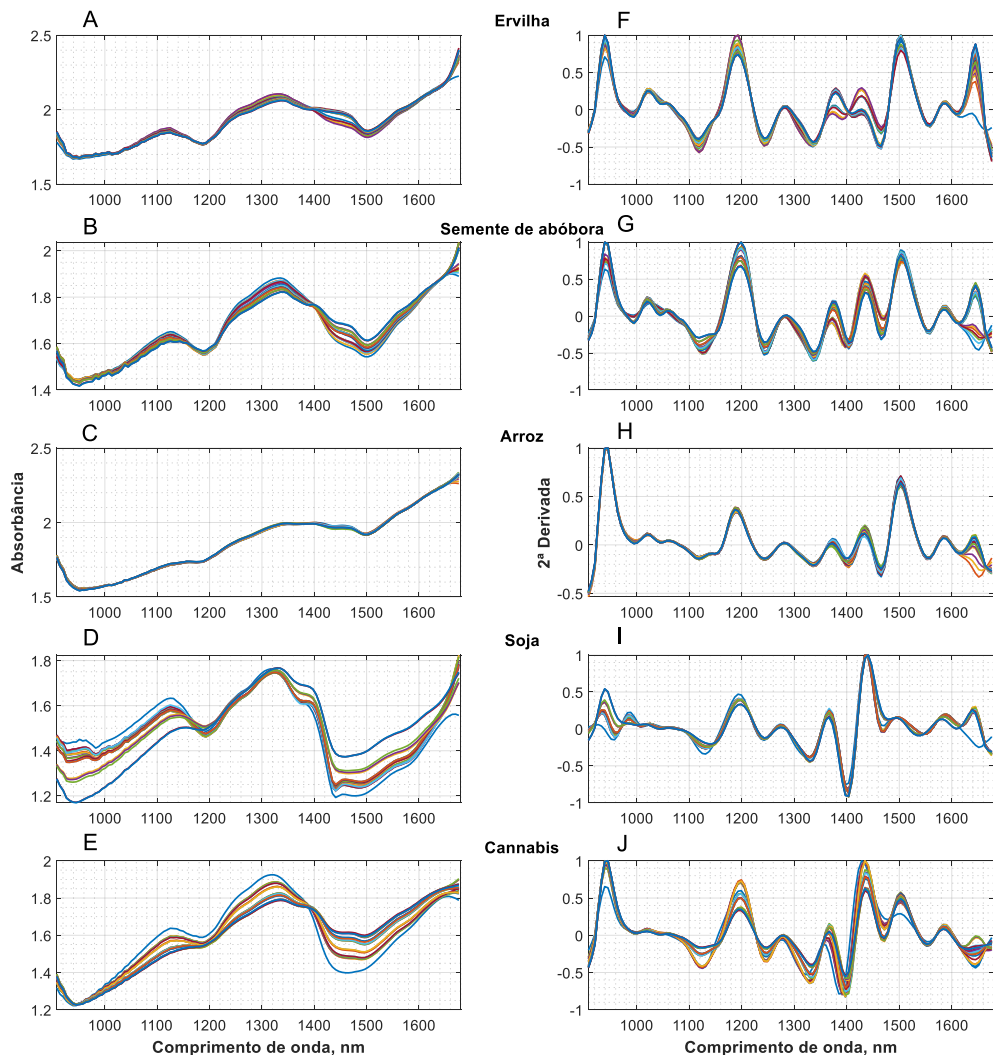
As variações mais importantes nas proteínas de cannabis são observadas a partir de 20 minutos de aquecimento em 100 °C, mais especificamente com deslocamentos de vibração em 1320 nm para 1330 nm, a vibração na região de 1380 nm deslocada para 1400 nm, 1430 nm sofrendo deslocamento para 1440 nm, além de variações na intensidade da região entre 1460 – 1480 nm, e alterações importantes em 1640 nm. A região de 1320 – 1330 nm é geralmente atribuída ao 1º sobretom de vibração de estiramento de O-H. Já a região de 1380 a 1400, 1460 a 1480 nm, além de ser atribuída ao 1º sobretom de vibração de O-H, também faz parte da região de 1º sobretom de vibração de estiramento para a ligação N-H de amins primárias e secundárias. A região de 1640 nm é atribuída principalmente ao primeiro sobretom de vibração da ligação N-H de amins secundárias. Em temperaturas a partir de 160 °C, principalmente a partir de 30 minutos, observa-se uma diminuição acentuada na vibração vista entre 1120 e 1140 nm, que é uma região atribuída a vibração do primeiro e segundo sobretoms da ligação N-H, e do 4º sobretom de vibração de ligações N-H de amidas secundárias (WORKMAN JR.; WEYER, 2012).

Como todas as ligações que são influenciadas pelo aumento da temperatura são encontradas na composição das proteínas, a principal hipótese é a de que o aquecimento em temperaturas acima

de 100 °C a partir de 20 minutos influenciam na estrutura da proteína deste derivado vegetal. Ainda, observa-se que o aquecimento acima de 160 °C provoca alterações mais severas nas proteínas da planta de cannabis.

A fim de resumir os resultados obtidos, a Figura 14 apresenta os espectros com correção de espalhamento multiplicativo para as amostras de proteínas de (A) ervilha, (B) semente de abóbora, (C) Arroz, (D) soja e (E) cannabis, enquanto as Figuras (F), (G), (H), (I) e (J) apresentam as respectivas 2^a-derivadas destes sinais.

Figura 14 – Espectros corrigidos com correção de espalhamento multiplicativo para as proteínas de (A) ervilha, (B) semente de abóbora, (C) Arroz, (D) soja e (E) cannabis e (F), (G), (H), (I) e (J) as respectivas 2^a-derivadas.

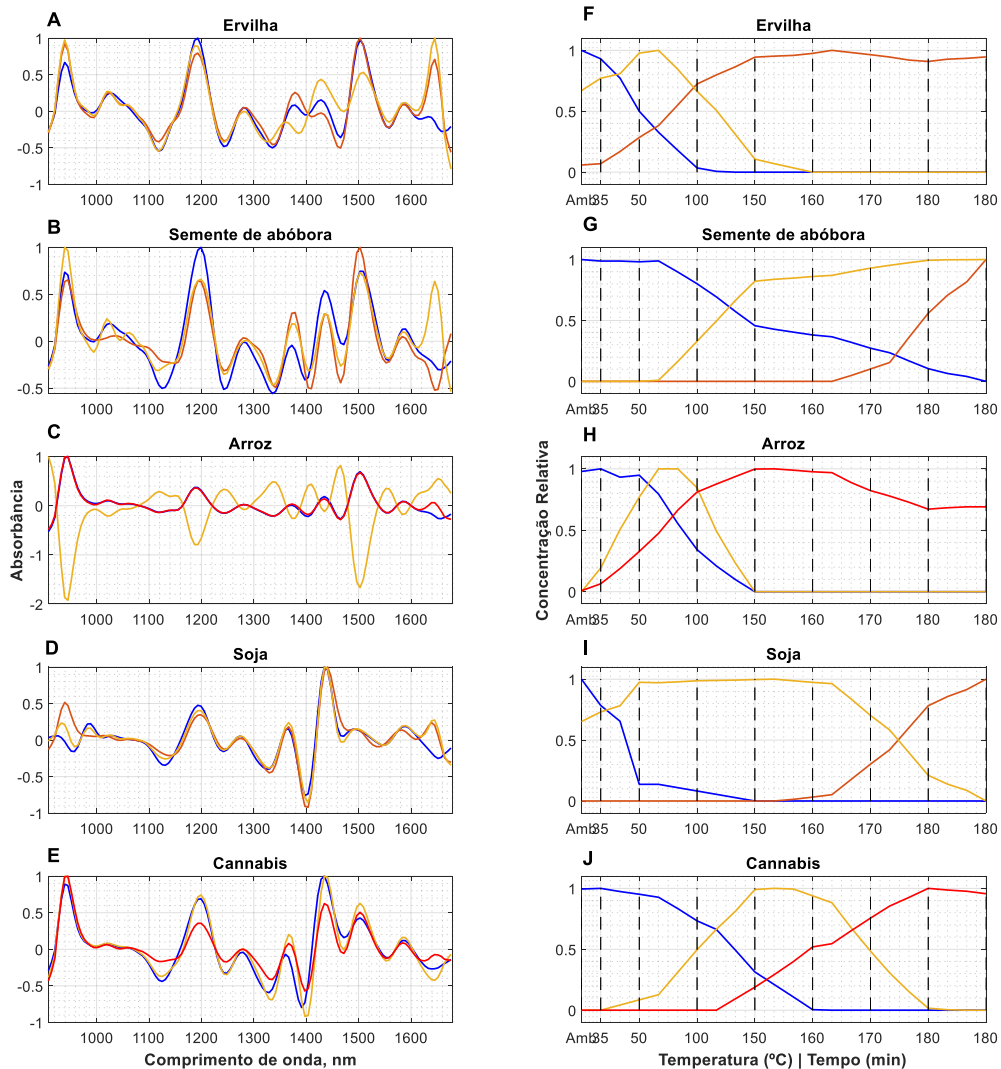


Fonte: Autoria própria, 2022.

Observa-se que os espectros das proteínas de arroz são os que sofrem menor dispersão por aquecimento, enquanto os espectros de cannabis parecem ser os mais afetados por este efeito, juntamente com os espectros de proteínas de semente de abóbora e então os espectros de proteínas de ervilha.

Por um lado, ao se observar somente os espectros, é possível chegar a conclusões imprecisas. Logo, a Figura 15 apresenta os resultados da aplicação de MCR-ALS para todas as amostras.

Figura 15 – Segunda-derivada dos espectros recuperados por MCR-ALS para as proteínas de (A) ervilha, (B) semente de abóbora, (C) Arroz, (D) soja e (E) cannabis e (F), (G), (H), (I) e (J) as respectivas concentrações relativas.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Neste caso, as figuras trazem os sinais recuperados de segunda derivada dos espectros das amostras de proteínas de (A) ervilha, (B) semente de abóbora, (C) Arroz, (D) soja e (E) cannabis, enquanto as Figuras (F), (G), (H), (I) e (J) apresentam as respectivas concentrações relativas, recuperados por MCR-ALS. Assim, ressalta-se que apesar de as proteínas de cannabis apresentarem maior variação espectral, este efeito se pronuncia apenas a partir de 100 °C, assim como para as proteínas de semente de abóbora, enquanto se observam variações espectrais para as proteínas de ervilha e para as proteínas de soja a partir de aquecimento a 35 °C. Assim, podemos concluir que as proteínas de cannabis e de semente de abóbora tardam mais a sofrer influência do aquecimento (apenas acima de 100 °C), enquanto as proteínas de soja e as de ervilha começam a apresentar os efeitos do aquecimento a partir de 35 °C.

6 CONCLUSÃO

As proteínas de arroz apresentaram a menor variação espectral decorrente do aquecimento, embora, transformações foram observadas a partir da temperatura de 50°C. Observou-se que as proteínas de semente de abóbora e de cannabis apresentaram comportamento cinético semelhante, com as alterações mais pronunciadas se iniciando após 20 minutos de aquecimento na temperatura de 100 °C, sendo que as proteínas de cannabis sofreram variações mais perceptíveis que aquelas detectadas para as proteínas de semente de abóbora.

No caso das proteínas de soja, observou-se que as alterações se iniciaram mais rapidamente que para as demais (em 35 °C). Por outro lado, apenas as proteínas de arroz apresentaram variações menos pronunciadas que as proteínas da soja.

Por fim, as proteínas de ervilha se mostraram como as mais suscetíveis ao aquecimento, apresentando variações espectrais importantes desde o aquecimento a 35 °C.

Desta forma, atrelando-se as variações espectrais as possíveis mudanças nas vibrações detectadas, que por sua vez, foram causadas pela mudança na estrutura das proteínas, sugere-se que dentre as proteínas avaliadas, aquelas de arroz sejam as mais resistentes ao aquecimento, enquanto as de ervilha as mais suscetíveis a alterações por influência da temperatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENUTRI. **Associação Brasileira das Empresas de Produtos Nutricionais**, 2021.
- ABIAD, A. B. DA I. DE A. PARA F. E. E C. **Pesquisa de Mercado – Suplementos Alimentares**. Disponível em: <https://abiad.org.br/pesquisa-de-mercado-suplementos-alimentares/>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- ALVES, E. DA S. et al. Proteínas vegetais como alimentos funcionais - revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 5869–5879, 2020.
- ANVISA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 76, DE 5 DE NOVEMBRO DE 2020**. 2020, p. 75.
- BARRETO JUNIOR, I. F.; FRANÇA, C. R. A.; DIAS, E. C. Percepção do estado de saúde, estilo de vida e doenças crônicas: uma comparação entre Brasil e estado de São Paulo. **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados**, n. 33, p. 1–18, 2015.
- BAYÃO, B.; DAMOUS, I. Orthorexia: problematizing the search for eating healthy food in contemporaneity. **ECOS-Estudos Contemporâneos da Subjetividade**, v. 10, n. 2, p. 173–183, 2020.
- BEELEN, J.; DE ROOS, N. M.; DE GROOT, L. C. P. G. M. A 12-week intervention with protein-enriched foods and drinks improved protein intake but not physical performance of older patients during the first 6 months after hospital release: A randomised controlled trial. **British Journal of Nutrition**, v. 117, n. 11, p. 1541–1549, 2017.
- BILSBOROUGH, S.; MANN, N. A review of issues of dietary protein intake in humans. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 16, n. 2, p. 129–152, 2006.
- BRASIL. **Plano de ações estratégicas para o Enfrentamento Das Doenças Crônicas E Agravos não transmissíveis no Brasil 2021-2030**. Brasília: [s.n.]. v. 1
- BRASNUTRI. **Associação Brasileira dos Fabricantes de Suplementos Nutricionais e Alimentos Para Fins Especiais**, 2021.
- CARE, P. et al. Cadernos Camilliani. **Cadernos Camilliani, Cachoeiro de Itapemirim – ES**, v. 15, n. 2004, p. 220–231, 2018.
- CARVALHO, F. et al. Motivação para a prática de atividades físicas: um estudo com praticantes de musculação. **Revista Científica Fagoc Multidisciplinar**, v. III, p. 9–16, 2018.
- CAVA, E.; YEAT, N. C.; MITTENDORFER, B. Preserving healthy muscle during weight loss. **Advances in Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 511–519, 2017.
- Chang, S.K.C., Zhang, Y. (2017). Protein Analysis. In: Nielsen, S.S. (eds) Food Analysis. **Food Science Text Series**. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_18

CORSINO, J. **Bioquímica**. Campo Grande, MS: [s.n.].

DE OLIVEIRA, M. A.; LEITE, R. S.; MANDARINO, J. M. G. Avaliação de Indicadores de Qualidade Tecnológica da Soja por Espectroscopia no Infravermelho Próximo.

Espectroscopia no Infravermelho Próximo para Avaliar Indicadores de Qualidade Tecnológica e Contaminantes em Grãos, p. 63, 2018.

DIAS, P. C. et al. Obesity and public policies: The Brazilian government's definitions and strategies. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 7, p. 1–11, 2017.

DOS SANTOS, M. F. DE S. et al. Analysis of the consumption of nutritional supplements by practitioners of physical activity in fitness centers. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 99708–99722, 2021.

ELIZABETH, L. et al. Ultra-processed foods and health outcomes: A narrative review. **Nutrients**, v. 12, n. 7, p. 1–36, 2020.

FARACO, J. P.; MENDES, B. CUNHA; RIEGER, D. K. Effects of high protein diets in muscular adaptations induced by resistance training: literature review. **Extensio - Revista eletrônica de extensão**, v. 18, n. 38, p. 123–140, 2021.

FERREIRA, A. P. DE S.; SZWARCOWALD, C. L.; DAMACENA, G. N. Prevalence of obesity and associated factors in the Brazilian population: a study of data from the 2013 National Health Survey. **Brazilian journal of epidemiology**, v. 22, n. 328, p. e190024, 2019.

GNF. **Half of Earth's biocapacity is used to feed us**. Disponível em: <https://www.overshootday.org/solutions/food/>.

GRIFFIOEN-ROOSE, S. et al. Protein status elicits compensatory changes in food intake and food preferences. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 95, n. 1, p. 32–38, 2012.

HANSEN, T. T.; ASTRUP, A.; SJÖDIN, A. Are dietary proteins the key to successful body weight management? A systematic review and meta-analysis of studies assessing body weight outcomes after interventions with increased dietary protein. **Nutrients**, v. 13, n. 9, 2021.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. DE O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 2016.

HORI, J. **Bioquímica**. Rio de Janeiro: [s.n.]. v. 1

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saúde**. [s.l: s.n.].

JANE, M. et al. Social media for health promotion and weight management: A critical debate. **BMC Public Health**, v. 18, n. 1, p. 1–7, 2018.

LEHNINGUER, D. N.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed ed. [s.l.] Artmed, 2014.

- LEIDY, H. J. et al. The role of protein in weight loss and maintenance. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 101, n. 6, p. 1320S-1329S, 2015.
- LIBERATO, M. DA C. T. C.; OLIVEIRA, M. SOARES C. **Química Bioquímica**. n. 2, 2019.
- LIMA, I. B. DA S. O. et al. Innovation in the Prevention of Cardiovascular Diseases From Healthy Eating. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 80508–80525, 2020.
- LOURDES, M. DE et al. Consumo de suplementos alimentares por praticantes de musculação. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 14, n. 87, p. 365–372, 2020.
- MAGKOS, F. Protein-Rich Diets for Weight Loss Maintenance. **Current obesity reports**, v. 9, n. 3, p. 213–218, 2020.
- MALTA, D. C. et al. Risk factors related to the global burden of disease in Brazil and its federated units, 2015. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 20, n. 25000192049, p. 217–232, 2017.
- MANN, J.; TRUSWELL, A. S. **Nutrição humana**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- MARÇO, P. H. et al. Resolução multivariada de curvas com mínimos quadrados alternantes: Descrição, funcionamento e aplicações. **Química Nova**, v. 37, n. 9, p. 1525–1532, 2014.
- MARTINELLI, S. S.; CAVALLI, S. B. Healthy and sustainable diet: A narrative review of the challenges and perspectives. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 24, n. 11, p. 4251–4262, 2019.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. 2 ed. ed. [s.l: s.n.].
- MEDEIROS, A.; DARONCO, L.; BALSAN, L. Uso de suplementos por praticantes de musculação em academias. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 13, n. 80, p. 601–608, 2019.
- MONTEIRO, C. A. et al. Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. **Obesity Reviews**, v. 14, n. S2, p. 21–28, 2013.
- MOTA, J. DE J. O. et al. Análise de conteúdos de posts sobre alimentação divulgados por influenciadoras digitais na rede social Instagram. **Demetra - Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 14, p. 1–18, 2019.
- MURPHY, C. H.; HECTOR, A. J.; PHILLIPS, S. M. Considerations for protein intake in managing weight loss in athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 1, p. 21–28, 2015.
- PASSOS, C. M. DOS et al. Association between the price of ultra-processed foods and obesity in Brazil. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 30, n. 4, p. 589–598, 2020.

PASSOS, J. A.; VASCONCELLOS-SILVA, P. R.; SANTOS, L. A. DA S. Cycles of attention to fad diets and internet search trends by google trends. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 25, n. 7, p. 2615–2631, 2020.

PEDROSA, R. G.; JUNIOR, J. D.; TIRAPEGUI, J. Dieta rica em proteína na redução do peso corporal. **Revista de Nutrição**, v. 22, n. 1, p. 105–111, 2009.

PEREIRA, G. A. L. et al. Adesão de dietas da moda por frequentadores de academias de musculação do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 13, n. 77, p. 131–136, 2019.

PHILLIPS, S. M. A Brief Review of Higher Dietary Protein Diets in Weight Loss: A Focus on Athletes. **Sports Medicine**, v. 44, p. 149–153, 2014.

PINTO, J. R. R.; COSTA, F. N. Consumo de produtos processados e ultraprocessados e o seu impacto na saúde dos adultos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e568101422222, 2021.

PONTES, S. S. et al. Práticas de atividade física e esporte no Brasil. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 32, p. 1–9, 2019.

POPKIN, B. M.; ADAIR, L. S.; NG, S. W. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. **Nutrition Reviews**, v. 70, n. 1, p. 3–21, 2012.

PRESTES, P. P.; GORDIANO, É. A. Consumo de suplementos e macronutrientes: fatores associados. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 15, n. 90, p. 24–35, 2021.

QUESADA D; GOMEZ G. ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. **Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo**, v. 2, n. 1, p. 79–86, 2019.

ROCHA, J. D. E. S. et al. Behavioral Analysis of People Who Practice Physical Activities That Search For The Perfect Body. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR**, v. 38, n. 1, p. 31–35, 2022.

ROSA, L. N. et al. N-Way NIR Data Treatment through PARAFAC in the evaluation of protective effect of antioxidants in soybean oil. **Molecules**, v. 25, n. 19, 2020.

ROSA, L. N. et al. Thermal rice oil degradation evaluated by UV–Vis-NIR and PARAFAC. **Food Chemistry**, v. 273, p. 52–56, 2019.

ROUNSEFELL, K. et al. Social media, body image and food choices in healthy young adults: A mixed methods systematic review. **Nutrition and Dietetics**, v. 77, n. 1, p. 19–40, 2020.

SANTOS, M. S. M. B. D. M. DE O. S. A. DE O. C. M. G. M. D. DOS. Perfil e consumo de suplementos nutricionais de praticantes de exercícios físicos em academias. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 12, n. 74, p. 825–833, 2018.

SAVITZKY, ABRAHAM.; GOLAY, M. J. E. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. **Analytical Chemistry**, v. 36, n. 8, p. 1627–1639, 1 jul. 1964.

SIDANI, J. E. et al. The Association between Social Media Use and Eating Concerns among US Young Adults. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 116, n. 9, p. 1465–1472, 2016.

SILVA, A. C.; LÜDORF, S. M. A. Dietary supplements and body management of practitioners of physical activity in gyms. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 26, n. 9, p. 4351–4359, 2021.

SILVA, F. R. DA et al. Nutritional profile and use of food supplements: study with adult bodybuilders. **Motricidade**, v. 14, n. 1, p. 271–278, 2018.

SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA. **Mudança no padrão alimentar consolida nova fronteira mundial para o veganismo**. Disponível em: <https://www.svb.org.br/2524-mudanca-nopadrao-alimentar-consolida-nova-fronteira-mundial-para-o-veganismo>.

SOCIETY, T. V. **Definition of veganism**. Disponível em: <https://www.vegansociety.com/govegan/definition-veganism>.

SOUZA, M. G. DE et al. O papel da dieta hiperproteica como estratégia dietética no emagrecimento e na qualidade de vida. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 2, n. 12, p. 588–596, 2018.

STUBBS, J. J.; SCOTT, S. E.; DUARTE, C. Responding to food, environment and health challenges by changing meat consumption behaviours in consumers. **Nutrition Bulletin**, v. 43, n. 2, p. 125–134, 2018.

TIPTON, K. D. Efficacy and consequences of very-high-protein diets for athletes and exercisers. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 70, n. 2, p. 205–214, 2011.

TZIVA, M. et al. Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 35, n. April, p. 217–231, 2020.

WEINDL, I. et al. Sustainable food protein supply reconciling human and ecosystem health: A Leibniz Position. **Global Food Security**, v. 25, n. August 2019, p. 100367, 2020.

WHO, W. H. O. **Obesity and overweight**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.

WILLIAMS, K. A.; PATEL, H. Healthy Plant-Based Diet: What Does it Really Mean? **Journal of the American College of Cardiology**, v. 70, n. 4, p. 423–425, 2017.

WITARD, O. C. et al. Protein considerations for optimising skeletal muscle mass in healthy young and older adults. **Nutrients**, v. 8, n. 4, p. 1–25, 2016.

WITT, J. DA S. G. Z.; SCHNIDER, A. P. Nutrição estética: Valorização do corpo e da beleza através do cuidado nutricional. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 16, n. 9, p. 3909–3916, 2011.

WORKMAN JR., J.; WEYER, L. Practical Guide And Spectral Atlas For Interpretive Near-infrared Spectroscopy. In: **Practical Guide and Spectral Atlas for Interpretive Near-Infrared Spectroscopy, Sercond Edition Spectroscopy, Second Edition**. [s.l.] CRC Press, 2012. p. i–xvi.

WU, G. **Amino Acids**. 2. ed. Biochemistry and Nutrition CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003092742> [s.l: s.n.].