



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL –
PROFQUI

JHONNATA SANTOS BESERRA

**A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVO-
INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS**

RECIFE-PE

2023

JHONNATA SANTOS BESERRA

**A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVO-
INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.

Linha de Pesquisa: Novas Tecnologias e Comunicação

Orientador: Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr.

RECIFE-PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B554a

Beserra, Jhonnata Santos

A abordagem do conteúdo proteínas por meio de uma sequência didática com ênfase em experimentos demonstrativo-investigativos culinários / Jhonnata Santos Beserra. - 2023.
145 f. : il.

Orientador: Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Junior.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2024.

1. Ensino de proteínas. 2. Sequência didática investigativa. 3. Experimentos culinários. I. Junior, Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino, orient. II. Título

CDD 540

JHONNATA SANTOS BESERRA

**A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVO-
INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr.

Data da Aprovação: 20/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr. (Presidente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Ricardo Oliveira da Silva (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof. Dr. João Rufino de Freitas Filho (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder saúde, força e determinação para que eu pudesse realizar o curso com sucesso.

Agradeço à minha família e aos meus amigos, pelo apoio e incentivo em todos os momentos de minha vida.

Agradeço especialmente ao professor orientador Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., por toda paciência e conhecimentos a mim dedicados durante a realização desta pesquisa.

Agradeço a todos os meus professores do PROFQUI-UFRPE pelo incentivo e colaboração na minha formação. São eles: Flávia Christiane Guinhos de Menezes Barreto Silva, Maria Ângela Vasconcelos de Almeida, José Euzébio Simões Neto, Verônica Tavares Santos Batinga, Ruth do Nascimento Firme, Ivoneide de Carvalho Lopes Barros, Luciano de Azevedo Soares Neto, Bruno Silva Leite, Flávia Cristina Gomes Catunda Vasconcelos, Kátia Cristina Silva de Freitas, Lucas dos Santos Fernandes, Analice de Almeida Lima, Edenia Maria Ribeiro do Amaral, João Rufino de Freitas Filho e Angela Fernandes Campos.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Ricardo Oliveira da Silva e Prof. Dr. João Rufino de Freitas Filho, pela disponibilidade e contribuições para o aperfeiçoamento da pesquisa.

Agradeço a todos os amigos da turma do PROFQUI e aos colegas professores da EEMTI São Pedro pelo companheirismo e cooperação.

Agradeço ao núcleo gestor da EEMTI São Pedro que cedeu o espaço escolar, às merendeiras que auxiliaram na execução das receitas e a todos os estudantes que participaram da realização da pesquisa.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram na elaboração e conclusão deste trabalho.

“...ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção. Quando entro em uma sala de aula devo estar sendo um ser aberto a indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos, a suas inibições; um ser crítico e inquiridor, inquieto em face da tarefa que tenho - a de ensinar e não a de transferir conhecimento”.

Paulo Freire
Pedagogia da Autonomia

RESUMO

As proteínas são as macromoléculas mais abundantes nos seres vivos e estão entre os objetos de conhecimento historicamente incorporados ao currículo escolar, englobando conceitos bioquímicos fundamentais para a formação cidadã. Esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar a utilização de uma sequência didática investigativa (SDI), dentro da temática “alimentos”, baseada em um conjunto de atividades experimentais culinárias, na abordagem do conteúdo proteínas junto a estudantes do ensino médio. A pesquisa foi realizada na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral São Pedro, localizada na cidade de Caririçu, ao sul do Estado do Ceará, na qual o pesquisador também é professor de Química e de Biologia. Os sujeitos participantes estavam matriculados na disciplina eletiva de “Química Orgânica”, e até a realização da pesquisa ainda não haviam estudado esse conteúdo no ensino médio. A SDI foi planejada e se desenvolveu em torno de um conjunto de 3 (três) atividades culinárias, correspondentes ao menu de uma refeição completa, em 3 (três) etapas: entrada, prato principal e sobremesa, envolvendo, respectivamente, a desnaturação proteica do ovo, da carne e do leite. Foram utilizadas na SDI estratégias de aprendizagens múltiplas, como textos, aulas dialogadas, modelos moleculares, vídeos, mapas conceituais e experimentos químicos, realizados em um espaço não formal: a cozinha da cantina da escola. Os dados foram obtidos por meio da resolução do questionário inicial, do diário culinário (instrumento para registro de observações dos estudantes), das gravações de áudio das aulas e da resolução dos mapas conceituais. Deu-se uma ênfase às respostas aos questionamentos contidos no diário culinário, referentes aos problemas da problematização inicial e dos experimentos demonstrativo-investigativos culinários. As transcrições dos áudios das aulas, as respostas dos estudantes às questões formuladas e as impressões e anotações do professor-pesquisador, ao longo do processo de ensino, foram tratados, de acordo com os pressupostos teórico-metodológicos relativos à Análise de Conteúdo proposta por Bardin, e analisados conjuntamente. Verificou-se uma participação efetiva dos estudantes, a interação entre estudante-estudante e entre estudante-professor, e a mediação do professor nas diferentes atividades elaboradas. A SDI permitiu a realização de uma abordagem temática e interdisciplinar do conteúdo proteínas, entre a Química e a Biologia, dentro da temática alimentação, com a contextualização no ensino, pela via receitas culinárias. Os estudantes conseguiram demonstrar compreensões de conteúdos químicos relacionados às proteínas, em relação à constituição, estrutura e desnaturação. Também demonstraram entendimentos em assuntos associados aos 3 (três) alimentos proteicos explorados nas receitas culinárias (ovo, carne e leite), quanto aos nutrientes presentes nos alimentos e processos químicos sofridos ao longo das preparações culinárias. Os experimentos culinário-proteicos efetivaram-se em receitas atrativas, de fácil execução e realizadas em tempo hábil. A SDI permitiu constatar a possibilidade de se efetuar atividades experimentais em espaços não formais, indicando a opção de realizar a experimentação (bio)química sem a necessidade de laboratórios específicos. Além disso, a realização dos experimentos culinários na escola também possibilitou a vinculação de outras estratégias de ensino para a abordagem do conteúdo bioquímico.

Palavras-chave: Ensino de proteínas; Sequência Didática Investigativa; Experimentos culinários.

ABSTRACT

Proteins are the most abundant macromolecules in living beings and are among the objects of knowledge historically incorporated into the school curriculum, encompassing fundamental biochemical concepts for citizenship formation. The main objective of this research was to evaluate the use of an investigative didactic sequence (SDI), within the theme “food”, based on a set of experimental culinary activities, addressing protein content with high school students. The research was carried out at the São Pedro Full-Time High School, located in the city of Caririçu, south of the State of Ceará, where the researcher is also a Chemistry and Biology teacher. The participating subjects were enrolled in the elective course “Organic Chemistry”, and until the research was carried out they had not yet studied this content in high school. The SDI was planned and developed around a set of 3 (three) culinary activities, corresponding to the menu of a complete meal, in 3 (three) stages: starter, main course and dessert, involving, respectively, the protein denaturation of the egg, meat and milk. Multiple learning strategies were used in SDI, such as texts, dialogued classes, molecular models, videos, conceptual maps and chemical experiments, carried out in a non-formal space: the school canteen kitchen. The data were obtained through solving the initial questionnaire, the culinary diary (instrument for recording student observations), audio recordings of classes and solving concept maps. Emphasis was placed on the answers to the questions contained in the culinary diary, referring to the problems of initial problematization and culinary demonstrative-investigative experiments. The transcriptions of the class audios, the students' answers to the questions asked and the teacher-researcher's impressions and notes, throughout the teaching process, were treated, in accordance with the theoretical-methodological assumptions related to Content Analysis proposed by Bardin, and analyzed together. There was effective student participation, interaction between student-student and between student-teacher, and teacher mediation in the different activities developed. The SDI allowed for a thematic and interdisciplinary approach to protein content, between Chemistry and Biology, within the theme of food, with contextualization in teaching, via culinary recipes. Students were able to demonstrate understanding of chemical contents related to proteins, in relation to constitution, structure and denaturation. They also demonstrated understanding in matters associated with the 3 (three) protein foods explored in culinary recipes (egg, meat and milk), regarding the nutrients present in the foods and chemical processes undergone throughout the culinary preparations. The culinary-protein experiments resulted in attractive recipes that were easy to execute and carried out in a timely manner. The SDI made it possible to verify the possibility of carrying out experimental activities in non-formal spaces, indicating the option of carrying out (bio)chemical experimentation without the need for specific laboratories. Furthermore, carrying out culinary experiments at school also made it possible to link other teaching strategies to approach biochemical content.

Keywords: Protein teaching; Investigative Didactic Sequence. Culinary Experiments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Representação genérica de um aminoácido bastante comum de observarmos em livros do Ensino Médio	24
Figura 2	– Representação de estrutura proteica em hélice	28
Figura 3	– Representação de segmento proteico em folha β -pregueada	28
Figura 4	– Representação das interações responsáveis pela estrutura terciária de uma proteína	29
Figura 5	– Representação da hemoglobina, que contém duas cópias da subunidade α -globina e duas da subunidade β -globina	29
Figura 6	– Desnaturação de uma proteína	31
Figura 7	– Síntese das respostas dos estudantes ao questionário prévio	77
Figura 8	– Aula dialogada com construção de aminoácidos e peptídeos pelos alunos com modelos moleculares	79
Figura 9	– Registros do primeiro experimento culinário	81
Figura 10	– Registros do segundo experimento culinário	83
Figura 11	– Registros do terceiro experimento culinário	84
Figura 12	– Primeiro mapa conceitual (sem respostas)	86
Figura 13	– Estudantes em duplas realizando a atividade avaliativa	87
Figura 14	– Segundo mapa conceitual contendo informações sobre os alimentos de base proteica e a digestão das proteínas	88
Figura 15	– Resolução do segundo mapa conceitual pelos estudantes	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Etapas para uma atividade demonstrativo-investigativa	46
Quadro 2	– Recomendações selecionadas em documentos oficiais norteadores para o Ensino Médio, que serviram de base para orientar a planificação da Sequência Didática Investigativa para abordagem do conteúdo proteínas	54
Quadro 3	– Descrição das atividades da Sequência Didática Investigativa (SDI)	57
Quadro 4	– Associação entre conhecimentos e competências/habilidades nas atividades desenvolvidas nos momentos das SDI	58
Quadro 5	– Critérios utilizados para levantamento de concepções prévias sobre proteínas	59
Quadro 6	– Problemas propostos para a SDI que comporão o Diário Culinário (instrumento para registro dos estudantes)	60
Quadro 7	– Desenvolvimento das atividades demonstrativo-investigativas envolvendo experimentos proteicos culinários	64
Quadro 8	– Descrição das respostas dos estudantes ao questionário prévio aplicado antes do início da sequência didática	75
Quadro 9	– Termos que preenchem corretamente o primeiro mapa conceitual	87
Quadro 10	– Termos que preenchem corretamente o segundo mapa conceitual	89
Quadro 11	– Respostas consideradas satisfatórias sobre a primeira preparação culinária	90
Quadro 12	– Respostas consideradas insatisfatórias sobre a primeira preparação culinária	90
Quadro 13	– Respostas consideradas satisfatórias sobre a segunda preparação culinária	91
Quadro 14	– Respostas consideradas insatisfatórias sobre a segunda preparação culinária	91
Quadro 15	– Respostas consideradas satisfatórias sobre a terceira preparação culinária	92
Quadro 16	– Respostas consideradas insatisfatórias sobre a terceira preparação culinária	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIA	Associação Brasileira da Indústria de Alimentos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCRC	Diretrizes Curriculares Referenciais do Ceará
EEMTI	Escola de Ensino Médio em Tempo Integral
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
OCEM	Orientações Curriculares para o ensino Médio
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino Médio
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais Mais
PDF	Portable Document Format
POF	Pesquisa de Orçamento Familiar
SD	Sequência Didática
SDI	Sequência Didática Investigativa
TALE	Termo de assentimento livre e esclarecido
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
VB	Valor biológico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO GERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 A IMPORTÂNCIA DO CONTEÚDO PROTEÍNAS NA QUÍMICA ESCOLAR E SUA RELAÇÃO COM OS ALIMENTOS: OVOS, CARNE E LEITE	22
2.2 ALIMENTAÇÃO, UMA TEMÁTICA PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS NO ENSINO MÉDIO	36
2.3 A POTENCIALIDADE DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS COM ENFOQUE INVESTIGATIVO PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS A PARTIR DA TEMÁTICA ALIMENTAÇÃO	39
2.4 PREPARAÇÕES CULINÁRIAS, UMA POSSIBILIDADE DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVO-INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO- APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS	42
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	50
3.1 TIPOLOGIA E ABORDAGEM DOS DADOS DA PESQUISA	50
3.2 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA	51
3.3 PLANIFICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI) COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS CULINÁRIOS, PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS	52
3.3.1 Estabelecimento de pressupostos teórico-metodológicos gerais para a planificação da SDI	52
3.3.2 Estruturação da Sequência Didática Investigativa (SDI)	57
2.3.3 Desenvolvimento dos experimentos culinários	63
3.4 UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI)	64
3.4.1 Detalhamento das etapas da Atividade 1 - Entrada (ovos de galinha cozidos temperados com maionese caseira)	65
3.4.2 Detalhamento das etapas da Atividade 2 - Prato principal (alcatra assada)	67
3.4.3 Detalhamento das etapas da Atividade 3 - Sobremesa (doce de leite caseiro)	68

3.5 COLETA, TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	70
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
4.1 CONHECIMENTOS DOS ESTUDANTES SOBRE A TEMÁTICA PROTEÍNAS	71
4.2 A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	78
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS	97
ANEXOS	108
ANEXO 1: PARECER CONSUBSTANCIADO DO ACEITE DO PROJETO DE PESQUISA JUNTO AO CEP/UFRPE	108
APÊNDICES	109
APÊNDICE A - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)	109
APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	112
APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA NA UNIDADE ESCOLAR / TERMO DE ANUÊNCIA	115
APÊNDICE D - PRODUTO EDUCACIONAL	116

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento químico está presente em nossa sociedade e deve ser abordado no ambiente escolar de forma que permita ao estudante compreender o universo que o cerca. Por meio dos saberes, dos produtos e das práticas a ela relacionada, a Química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e contribui para a autonomia das pessoas no exercício da cidadania. Acredita-se que essa operacionalização acontece à medida que o conhecimento químico, internalizado pelo sujeito, atue como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade. Para tanto, é importante que esse conhecimento seja apresentado como uma construção histórica da ciência - com seus conceitos, métodos e linguagens próprios - relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (Brasil, 2002).

É fundamental que ao longo do processo de ensino-aprendizagem o estudante vivencie momentos para se apropriar de conhecimentos científicos e aplicá-los em sua vida. Todavia, “[...] poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas [...]” (Brasil, 2020, p. 547). Muitas vezes, a forma como são ensinados é um fator contributivo para a falta de aplicação do conhecimento químico no cotidiano das pessoas. Segundo consta nas recomendações educacionais para o nosso país, o ensino de Química tem se reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo deste quase sempre a pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos (Brasil, 2000). Por isso, o ensino de Química escolar precisa considerar essas questões.

É necessário relacionar os conteúdos químicos à vivência dos estudantes, mostrar que eles estão presentes nos avanços tecnológicos, no progresso da ciência e em várias situações do cotidiano, como nas atividades culinárias. Portanto, é tarefa da escola e do professor dar vida a esses conteúdos, destacando a sua importância. Tais aspectos contribuíram para a proposição desta pesquisa, na qual se optou por direcionar o olhar a um conteúdo de grande relevância para a educação escolar e para a vida: as proteínas. Esse conteúdo integra uma temática mais ampla, as biomoléculas.

Promover um ensino que auxilie na compreensão sobre a vida em sua diversidade de formas e níveis de organização é competência da área das Ciências da Natureza (Brasil, 2020). Tanto na Química quanto na Biologia, as biomoléculas são abordadas no ensino médio dentro de conteúdos relacionados às substâncias do metabolismo primário, ou seja, àquelas ligadas às questões energéticas e estruturais, notadamente: carboidratos, lipídios e proteínas.

Essas biomoléculas são estruturas fundamentais na constituição de todos os organismos vivos. Apesar de contribuírem para o funcionamento da célula, um sistema biológico extremamente complexo, enquanto, quimicamente, seus componentes básicos são compostos naturais surpreendentemente simples, em termos de composição química.

Estudar as biomoléculas é entender a vida do ponto de vista molecular. É compreender sua estrutura química e perceber como ela está relacionada às suas funções nos organismos.

A inserção dessa temática nos currículos escolares é uma recomendação presente nos documentos orientadores do ensino médio dos diferentes estados, conforme é verificado no “Documento Curricular Referencial do Ceará: etapa Ensino Médio (DCRC)” (Ceará, 2021, p. 210), que propõe a temática “as bases químicas da vida e sua relação com a função dos alimentos” como objeto específico de conhecimento dentro da área de Ciências da Natureza. Tendo por incentivo essa relação, nesta pesquisa, optou-se pela associação entre o conteúdo proteínas e a temática alimentos.

As proteínas são as macrobiomoléculas mais abundantes que, ocorrendo em todas as células e em todas as suas partes, controlam praticamente todos os seus processos, exibindo uma ampla diversidade de funções (Nelson; Cox, 2014). O tema “Proteínas” aparece nos livros didáticos de ensino médio de forma fracionada. Na 1ª série, na disciplina de Biologia, em geral, ele é apresentado inicialmente nos primeiros capítulos. Nesse contexto, é comum o professor tratar apenas da sua importância e função, sem fazer uma conexão mais aprofundada com sua estrutura química, visto que o estudante egresso do ensino fundamental ainda não tem um bom conhecimento dessa simbologia. Por sua vez, na disciplina de Química, esse conteúdo também consta no currículo, mas na 3ª série. No entanto, na prática, dificilmente ele é abordado porque, tanto nos livros quanto nos planejamentos didáticos, costumeiramente se situa apenas na última unidade e, em geral, não há tempo para ensiná-lo. Dessa forma, muitas vezes, não se realiza uma abordagem química do conteúdo proteínas. Ao se desconsiderar esse tratamento, perde-se a oportunidade de exploração de diferentes aspectos associados a questões estruturais, referentes à diversidade dos seus grupos funcionais constituintes e das possibilidades de suas interações, que permitem a existência dessas moléculas biológicas e de suas funções tão variadas.

O estudo das proteínas implica em um tipo de tratamento que considere a abordagem interdisciplinar e contextualizada, pois, “[...] a aprendizagem passa a ter significado quando os estudantes contextualizam o conteúdo com suas experiências pessoais para resolver e interpretar situações-problema do cotidiano” (Ceará, 2021, p. 181). Sem esse tipo de associação, a apropriação dos conhecimentos é prejudicada. Esse risco pode ser acrescido

pelo tratamento dado ao conteúdo nos livros didáticos escolares. Por exemplo, com a reformulação para atendimento às propostas oficiais do “Novo Ensino Médio”, alguns livros didáticos apresentam o conteúdo biomoléculas de forma bastante limitada e dando-lhe um enfoque predominantemente químico. Em geral, após apresentar uma noção geral sobre as classes funcionais orgânicas, as biomoléculas são contempladas apenas no último volume da coleção, que contém outros volumes (há obras com um total de seis volumes). Nesse caso, a fragmentação do conhecimento, além de ser limitada ao campo disciplinar, é descontextualizada e não dialoga com a Biologia.

Documentos da educação brasileira, como o DCRC (Ceará, 2021), apontam que a escola e os professores, dependendo do seu planejamento e da organização curricular, devem preferir e têm autonomia para trabalharem os objetos de estudo de forma interdisciplinar. Com esse tipo de entendimento, estudar as biomoléculas fazendo a ligação entre a Biologia e a Química pode proporcionar um desenvolvimento cognitivo e intelectual mais completo e significativo para os estudantes. É esse sentido que se almeja para um conteúdo de biomoléculas, como é o caso das proteínas.

As abordagens sobre proteínas exigem uma conexão muito próxima entre a Química e a Biologia. Portanto, os professores de Química e Biologia dialogando entre si podem favorecer a compreensão do metabolismo e do funcionamento dos seres vivos. Nesse caso, é como se uma ciência estivesse contida na outra, mostrando como essas duas áreas de estudo são complementares e fundamentais para se compreender o funcionamento dos sistemas biológicos.

O domínio de conceitos relacionados às proteínas pode favorecer a alfabetização científica e auxiliar os estudantes na compreensão de situações do dia a dia. As proteínas respondem praticamente por todos os processos celulares e possuem uma ampla diversidade de funções e propriedades, como: estrutura, defesa, motilidade, transporte, sinalização e catálise (Nelson; Cox, 2014). As unhas, os cabelos, as penas e os chifres são constituídos principalmente por uma proteína resistente e insolúvel, a queratina. Outra proteína, a fibroína, é o principal componente das fibras da seda e das teias das aranhas. Por sua vez, uma proteína fibrosa, o colágeno é responsável pela alta força de tensão da pele e dos ossos. Essas características nem sempre são de conhecimento de muitas pessoas, pois, apesar de, desde cedo, utilizarem o termo “proteína” em diferentes situações do cotidiano, ele é mais fortemente associado à alimentação.

As proteínas estão presentes em diversos tipos de alimentos, em quantidades variadas. Quando ingeridas e metabolizadas, elas são utilizadas para a produção de novas proteínas

desempenharem as diferentes funções no organismo. Por isso, são indispensáveis na dieta. Entre os alimentos mais ricos em proteínas estão as carnes, o leite, os ovos, e os seus derivados (Marzzoco; Torres, 2015). As proteínas provenientes de alimentos de origem animal são consideradas de alto valor biológico, pois fornecem uma quantidade de aminoácidos proporcional ao corpo. No caso dos alimentos vegetais, as proteínas presentes neles precisam ser conjugadas com outros alimentos do mesmo grupo.

Muitas pessoas sabem, de alguma forma, que as proteínas são importantes ao organismo humano. Contudo, em geral, é difícil encontrar um estudante que consiga explicar corretamente o que são e quais as funções das proteínas encontradas nos alimentos e/ou em nosso organismo, e sobre o porquê de sua importância em nossa dieta alimentar. Conforme destacam Carvalho, Couto e Bossolan (2012), quando se deparam com questões dessa natureza, a maioria dos estudantes apresenta respostas genéricas, que se aproximam do senso comum, e não propriamente de conceitos científicos.

A partir de situações dessa natureza, cabem alguns questionamentos: os estudantes do ensino médio sabem que o nosso corpo é constituído basicamente de água e de proteínas? Sabem que as proteínas são as substâncias orgânicas mais abundantes em nosso organismo e que fazem parte do processo de construção, crescimento e renovação das nossas estruturas? Sabem, por exemplo, que aproximadamente 75% do peso da nossa pele é formada por um tipo de proteína, o colágeno? Que temos, aproximadamente, 100.000 (cem mil) proteínas presentes em nosso corpo? Os estudantes sabem quais são os constituintes básicos dessas macromoléculas? Ou, que funções exercem em nosso organismo? Por exemplo, hemoglobina, insulina, elastina, imunoglobulina, actina e amilase são exemplos de moléculas proteicas com funções completamente distintas e imprescindíveis para o ser humano: por quê?

As proteínas são o produto final da manifestação genética e grande parte dos processos orgânicos são mediados por elas (Malajovich, 2004). Sem proteínas, nenhum ser vivo existiria. E como produzimos essas biomoléculas? Os estudantes sabem que utilizamos as proteínas do ovo, da carne, do leite e de outros alimentos para fabricarmos as nossas proteínas? Sabem que os alimentos de origem animal, principalmente o ovo, a carne e o leite, são mais ricos em proteínas que os alimentos de origem vegetal, pois contêm todos os aminoácidos essenciais e nas concentrações adequadas para o nosso organismo? Outro aspecto: é possível que os alimentos percam suas proteínas após serem cozidos ou assados? Quais as vantagens e desvantagens de se consumir alimentos proteicos *in natura*, sem nenhum tratamento? Com relação ao consumo de carne assada, há uma relação entre a estrutura da proteína da carne e a maior retenção de água em suas moléculas? Perguntas nessa direção se

relacionam a problemas do cotidiano, com os quais os estudantes se deparam, direta ou indiretamente, e envolvem um aspecto particular da bioquímica das proteínas: a desnaturação proteica.

Desnaturação, em Bioquímica, é o termo empregado a qualquer processo que implique a perda de estrutura terciária regular de uma macromolécula, mas que não afete as ligações covalentes entre os átomos que a constituem (Nelson; Cox, 2014). No caso das proteínas, quando desnaturadas, há modificações na conformação tridimensional (estrutura secundária e terciária) sem romper as ligações peptídicas (estrutura primária). A estereoquímica dos seus sítios ativos muda, ou seja, a geometria tridimensional dos locais em que interagia com outras proteínas, com outras moléculas orgânicas e/ou com espécies inorgânicas deixa de existir e, conseqüentemente, ela perde as suas atividades biológicas (Moraes et al., 2013).

Existem diferentes formas de desnaturar essas moléculas. Embora a desnaturação interfira nas propriedades das proteínas, ela nem sempre é um processo indesejável. Por exemplo, a desnaturação proteica contribui para uma melhor digestão das proteínas e muitos produtos alimentícios e preparações culinárias se baseiam nesse processo, tais como: a obtenção de queijos, via precipitação da caseína; a aglutinação e a precipitação da albumina, que é a proteína da clara do ovo, quando ele é cozido ou frito (Haumont, 2016). Além disso, a maior parte do sabor da carne se desenvolve durante o cozimento, quando as proteínas desnaturadas da superfície da carne recombina-se com os açúcares presentes (Nassu; Tullio, 2007). Portanto, a desnaturação proteica se relaciona a várias questões relacionadas às aplicações de proteínas alimentares. Esse fato reforça a importância desse conteúdo na educação escolar.

As proposições e os questionamentos anteriormente realizados destacam a relevância da relação entre o conteúdo proteínas e a significância que a temática “alimentos” pode exercer para os estudantes, especialmente do ensino médio. Ao mesmo tempo, eles evidenciam a relação das proteínas com as realidades cotidianas dos estudantes quanto a essa temática que, ao ser explorada no ensino de Química, pode gerar interesse e possibilitar uma aproximação aos conteúdos abordados.

Os alimentos exercem variadas funções nos organismos. Eles são a matéria-prima para a produção das substâncias que mantêm o ciclo de vida dos seres vivos. Ao ser incorporada em sala de aula, essa temática pode auxiliar a tornar o ensino de Química menos abstrato e dar maior significância e familiaridade ao que se aprende. Diversas fontes alimentícias podem ser exploradas nessa direção, tais como: temperos, produtos lácteos, vegetais, frutas, cereais e carnes.

O mais simples preparo dos alimentos já envolve diferentes fontes de moléculas e uma série de reações químicas, responsáveis por suas aparências, consistências e sabores. Além de conhecimentos sobre a constituição química de uma gama de produtos naturais e industrializados, o tema “alimentos” também pode dar outras contribuições ao ensino-aprendizagem, de modo a possibilitar aos estudantes maiores reflexões sobre fontes e hábitos alimentares à luz do conhecimento científico. Por exemplo: a promoção de hábitos alimentares saudáveis; a utilização de aditivos alimentares; a produção e o consumo de alimentos orgânicos ou geneticamente modificados; a argumentação a favor daqueles que ainda sofrem com a falta de alimentos e consequente desnutrição; o consumo de alimentos proteicos durante as refeições e as implicações de suas substituições; a tomada de decisões sobre seus hábitos alimentares.

A alimentação também é um tema com forte inserção econômica e social. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA) (ABIA; ITAL, 2021), a indústria de alimentos e bebidas teve, em 2021, um crescimento de 1,2% com relação a 2019. Contudo, de acordo com a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF), realizada entre 2017-2018, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais de 10 (dez) milhões de brasileiros vivem em situação de insegurança alimentar grave, que ocorre quando os moradores passam por privação severa no consumo de alimentos, podendo chegar a passar fome. A subalimentação no Brasil é percebida principalmente em áreas rurais. Dos 10,3 milhões de brasileiros em situação de insegurança alimentar, 2,6 milhões vivem em localidades rurais, o que corresponde a 40,1% da população que vive na zona rural, o que é uma grande contradição, visto que são nas localidades rurais que os alimentos são produzidos (Campos, 2020). Abordar sobre a relação entre proteínas e alimentos também pode destacar esse tipo de conhecimento e gerar reflexões e propostas para como intervir positivamente nessa realidade.

Diferentes autores, como Moran (2007), destacam que, a todo o momento, a educação tem de surpreender, cativar, conquistar os estudantes. Ela precisa encantar, entusiasmar, seduzir, apontar novas possibilidades e realizar novos conhecimentos e práticas. Em atitude condizente com essas recomendações, o currículo químico-escolar também precisa estar ligado à vida, ao cotidiano, fazer sentido, ter significado, ser contextualizado. Na perspectiva de trazer novas possibilidades para a aprendizagem de Química, os professores continuam sendo desafiados a utilizarem diferentes estratégias para o favorecimento da (re)organização da prática curricular, da (re)construção do processo ensino-aprendizagem, das decisões do que ensinar, de como ensinar e de como avaliar o significativamente aprendido (Miranda;

Marcondes; Stuart, 2015; Brasil, 2020, 2006). Nesse sentido, os docentes continuam sendo convocados a incluir a experimentação em suas práticas pedagógico-didáticas.

O valor da experimentação no ensino de Química tem sido positivamente destacado por diferentes autores (Barboza, 2021; Brasil, 2006; Giordan, 1999). Entre outras vantagens apontadas, além de despertar o interesse e a motivação, defende-se que sua inclusão no ambiente escolar permite uma maior mobilização dos estudantes, a partir da manipulação de materiais, do uso de equipamentos e da observação de objetos e transformações, associando habilidades motoras, avaliação visual e reflexão conceitual (Leal, 2009). Adicionando outras características positivas, Guimarães (2009, p. 198) considera que: “[...] a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação”.

As atividades experimentais são tradicionalmente vinculadas a ambientes específicos, os laboratórios, mas elas podem ser realizadas em qualquer ambiente. Por exemplo, assim como propõem Barros e Barros (2010), uma cozinha é considerada um laboratório de reações químicas. Esse tipo de compreensão pode ser expandido à instituição escolar, onde a experimentação pode ser realizada em diferentes locais e não somente em um laboratório de Ciências/Química. Assim, por exemplo, a cantina da escola pode se constituir em um local para se realizar algumas atividades práticas e para discussão de diversos assuntos da Química, especialmente dentro da culinária, que é um tema com um potencial contributivo ao ensino de Química (Marchon, 2020).

Diante dessas discussões, esta pesquisa busca responder o seguinte problema: **como realizar uma abordagem do conteúdo proteínas com base em experimentos culinários relacionados a uma refeição?** Tendo em vista os aspectos anteriormente apontados, a pesquisa proposta está voltada para o desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática dentro da temática alimentos, centrada em experimentos culinários, associados ao menu de uma refeição completa - composta por: entrada, prato principal e sobremesa - para o ensino-aprendizagem do conteúdo proteínas. Para dar solução a esse problema, foram formulados alguns objetivos, conforme indicado em continuidade.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a utilização de uma sequência didática investigativa, dentro da temática “alimentos”, baseada em um conjunto de atividades experimentais culinárias, na abordagem do conteúdo proteínas junto a estudantes do ensino médio.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar as concepções dos estudantes sobre as fontes, a constituição e o metabolismo das proteínas, e das suas relações com a alimentação.
- Realizar uma abordagem temática e interdisciplinar, entre a Química e a Biologia, do conteúdo proteínas, junto a estudantes do ensino médio, pautada em uma SDI contendo um conjunto de experimentos culinário-proteicos demonstrativo-investigativos, elaborados para essa finalidade, tomando por base em um cardápio voltado a uma refeição contendo entrada, prato principal e sobremesa, para serem desenvolvidos em espaços não formais de aprendizagem.
- Identificar potencialidades e limitações da aplicação da sequência didática na abordagem do conteúdo proteínas.

A literatura da área de Educação em Ciências traz a indicação de interesse por parte dessa comunidade pelo tratamento bioquímico em torno do conteúdo proteínas. Algumas pesquisas nesse sentido fazem uso da experimentação. Por exemplo, em seu trabalho de dissertação, Marchon (2020) destaca a utilização de experimentos culinários (mousse de chocolate, pipoca, bolo de chocolate e churrasco) como principal recurso metodológico para a aprendizagem de conteúdos químicos. Esse trabalho tem relativa semelhança com a pesquisa aqui apresentada, pois possui como objetivo principal a utilização de receitas culinárias e o desenvolvimento dessas receitas para apresentação de determinados conteúdos químicos. A partir das receitas, foram trabalhados os seguintes temas: coloides, teoria cinética dos gases, estequiometria, funções orgânicas e bioquímica. Nessa pesquisa de Marchon (2020), a utilização da culinária e a familiaridade do estudante com as receitas propostas deu uma contribuição efetiva para o estudo dos conteúdos sugeridos, visto que os estudantes participaram das aulas de forma mais dinâmica. Porém, segundo o pesquisador, apesar das atividades práticas tornarem o conteúdo mais representativo e próximo da realidade dos estudantes, os resultados não mostraram um avanço significativo da aprendizagem.

Outro trabalho nessa direção foi a dissertação de Almeida (2020). Essa pesquisa contém propostas de atividades experimentais para as aulas de Bioquímica, que foram analisadas por professores da educação básica. Entre as atividades desenvolvidas, destacam-se 5 (cinco) experimentos voltados para o estudo das proteínas (enzimas): i) ação da enzima catalase; ii) a desnaturação da catalase; iii) a influência do pH e da temperatura na atividade enzimática; iv) a atuação do gás oxigênio na atividade enzimática; e v) a ação da enzima

amilase salivar. As atividades propostas utilizaram a metodologia investigativa, com materiais de baixo custo que são encontrados no dia a dia, apresentando um modelo prático de como o professor pode desenvolver sua aula com o auxílio dos experimentos.

Duarte (2019) também propôs em sua dissertação algumas atividades experimentais para serem trabalhadas no ensino de Bioquímica, dentre as quais há um experimento sobre proteínas, a desnaturação proteica da clara do ovo com utilização do etanol. Segundo esse autor, as atividades experimentais proporcionaram uma maior concentração por parte dos estudantes, além de permitirem um resultado significativo na avaliação, ao final da pesquisa. Assim como Duarte (2019), o trabalho de Almeida (2020) também envolve a desnaturação de proteína, porém, nenhuma dessas duas pesquisas utilizam o recurso do experimento culinário.

O estudo desenvolvido por Pazinato (2012) utilizou a temática “alimentos” como contexto principal para o estudo de diversos assuntos da disciplina de Química. O autor analisou como esse tema é abordado nos livros didáticos, desenvolveu atividades experimentais para identificação de alimentos ricos em carboidratos, proteínas (utilizando o reagente biureto) e lipídios, e mostrou por meio de um experimento a quantidade de energia presente em um alimento. Além de exemplificar algumas possibilidades para o ensino de Química com a temática “alimentos”, Pazinato observou maior motivação dos estudantes para a aprendizagem desses conteúdos.

Melo (2019) também realizou uma pesquisa com a temática “alimentos”, mas em ensino de Biologia, nas turmas de Educação de jovens e adultos (EJA). Essa autora abordou a educação alimentar e nutricional como tema agregador para a aprendizagem de diversos conteúdos - segurança alimentar, consumo consciente, biomoléculas, pirâmide alimentar, leitura consciente dos rótulos, microrganismos e endoparasitoses. A autora realizou 5 (cinco) atividades utilizando metodologias ativas diversificadas - jogos, oficinas pedagógicas e júri simulado - visando facilitar a aprendizagem e estimular o protagonismo e autonomia dos estudantes. Ao final da aplicação das estratégias observou-se um maior envolvimento dos discentes e uma ampliação da percepção destes sobre hábitos alimentares.

Alcântara e Moraes Filho (2015) desenvolveram um aplicativo com informações sobre as biomoléculas (inclusive as proteínas), e que pode ser utilizado como ferramenta de apoio ao professor no ensino de temas relacionados a bioquímica. Os autores não explicaram como foi desenvolvida a pesquisa com o aplicativo (como o pesquisador utilizou o aplicativo, qual a carga horária destinada ao uso do mesmo, como aconteceu a interação do pesquisador com os estudantes), porém destacaram um maior interesse dos participantes na utilização do

aplicativo, o que foi constatado em melhores resultados de aprendizagem, quando comparados os conhecimentos dos alunos antes e após a aplicação do mesmo.

Os trabalhos acima citados indicam a existência de diferentes interesses pela temática “alimentos”, incluindo a busca por uma forma saudável de nutrição, com importantes contribuições na aprendizagem dos estudantes. Já os experimentos culinários são utilizados para discussão de diversos conteúdos, biológicos, bioquímicos, físicos e químicos. No que concerne ao tema proteínas, as pesquisas buscam, principalmente, compreender o processo de desnaturação, sem utilizar o assunto culinária, ou analisar em que alimentos as proteínas estão em maior quantidade, geralmente utilizando a reação de biureto. Dentro do levantamento realizado, verifica-se que o interesse de pesquisas educacionais, particularmente dentro da Educação Química, pela abordagem bioquímica do conteúdo proteínas e da temática alimentos ainda é discreto e apresenta muitas lacunas a serem exploradas, em especial no que tange a utilização de experimentos culinários. Portanto, associar o ensino-aprendizagem de “Proteínas” com a temática dos alimentos e com experimentos culinários se coloca como uma situação pouco explorada nas abordagens sobre este conteúdo e, ao mesmo tempo que joga luz sobre esse campo, traz uma motivação adicional para a realização deste trabalho.

O texto que segue imediatamente a esta parte introdutória traz um capítulo dedicado à fundamentação teórica da pesquisa. Dentro da tessitura estabelecida, inicialmente, aborda-se sobre a importância do conteúdo proteínas na química escolar e sua relação com 3 (três) alimentos bastante proteicos: ovos, carne e leite. Em seguida, destaca-se a alimentação como uma temática para a abordagem do conteúdo proteínas no ensino médio e a potencialidade das sequências didáticas com enfoque investigativo para o ensino-aprendizagem do conteúdo proteínas a partir dessa temática. Finalizando esse capítulo, é realizada uma discussão sobre as preparações culinárias como uma possibilidade de atividades experimentais demonstrativo-investigativas para o ensino-aprendizagem do conteúdo “proteínas”. Após a fundamentação teórica, segue o capítulo trazendo a metodologia seguida na pesquisa. Em continuidade, são apresentadas as considerações finais as referências utilizadas. Nos elementos pós-textuais, também consta o produto educacional resultante da dissertação, intitulado “Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição completa”. Trata-se de um produto digitalizado, em formato PDF (portable document format) contendo a proposta da SDI.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo procurou suscitar um conjunto de aspectos para criar um corpo teórico-metodológico para fundamentar a pesquisa. Para tanto, ele está dividido em quatro tópicos. Inicialmente, destacamos a importância das proteínas como parte significativa do conteúdo biomoléculas dentro do currículo da Química escolar e sua relação com os alimentos: ovos, carne e leite. A partir do detalhamento das características estruturais desses biopolímeros de aminoácidos são realizadas tessituras com as discussões sobre a sua abordagem na escola. No segundo tópico discutimos sobre a utilização do tema alimentos para promover o ensino-aprendizagem de proteínas. No tópico seguinte, abordamos sobre as principais características de uma sequência didática, com ênfase na sequência didática investigativa, e ressaltamos a sua potencialidade dentro da nossa pesquisa. No quarto e último tópico deste capítulo, abordamos sobre o papel da experimentação para o ensino de Química e discutimos sobre as atividades culinárias como uma dessas possíveis alternativas como uma forma de atividades experimentais demonstrativo-investigativas.

2.1 A IMPORTÂNCIA DO CONTEÚDO PROTEÍNAS NA QUÍMICA ESCOLAR E SUA RELAÇÃO COM OS ALIMENTOS: OVOS, CARNE E LEITE.

A Química é uma ciência que interage com outras áreas do conhecimento. Com a Biologia, ela estabelece uma interdisciplinaridade que é refletida de múltiplas formas, como acontece com a Bioquímica. Porém, a Bioquímica no Ensino Médio recebe um tratamento disciplinar, tanto no componente curricular Química quanto no de Biologia. Enquanto na disciplina de Biologia há priorização por aspectos fisiológicos e morfológicos, a abordagem das biomoléculas na disciplina de Química se direciona mais às características estruturais, funções e aplicações de substâncias do metabolismo primário dos organismos vivos: os carboidratos, os lipídios e as proteínas (Francisco Jr, 2007).

O conteúdo Proteínas é historicamente abordado na disciplina de Química no Ensino Médio associado a conteúdos curriculares tradicionalmente vinculados à Química Orgânica. Assim como ocorre nos demais níveis de ensino, a Química Orgânica escolar se desenvolveu pautada na construção de um currículo que guarda muitas similaridades com as organizações trazidas nos livros textos utilizados nas universidades (Marcelino-Jr, 2014).

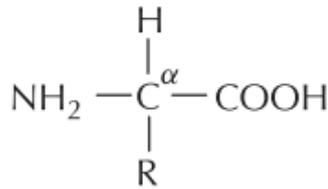
É necessário abordar o tema Proteínas em sala de aula, pois, segundo Nelson e Cox (2014), “as proteínas são as macromoléculas mais abundantes nos seres vivos e estão

presentes em todas as células”. As funções que desempenham são estruturais e dinâmicas (Marzzoco; Torres, 2015). Elas atuam como biocatalisadores, controlando diversas atividades metabólicas (enzimas), protegem o organismo contra agentes estranhos (anticorpos), agem na coagulação do sangue (fibrinogênio e trombina), realizam o transporte de substâncias (hemoglobina), funcionam como elementos estruturais da pele e ossos (colágeno, queratina), atuam nas contrações musculares permitindo a locomoção (actina e miosina), servem como fonte de energia na ausência de carboidratos e lipídios, podem armazenar substâncias para serem usadas pelo organismo (albumina do ovo), apresentam função hormonal ou regulatória (insulina), agem como neurotransmissores em específicos tipos de neurônios (glutamato), são fonte de aminoácidos essenciais, necessários ao homem e aos animais, além de outras funções. As diversas funções realizadas pelas proteínas se devem ao grande número de conformações que elas são capazes de assumir (Alberts et al., 2011).

Proteínas são moléculas de alto peso molecular e constituem 50% do peso celular. A massa corporal humana é formada por 12% a 15% de proteína, e a maior parte encontra-se no tecido muscular (Palermo, 2014). Elas são formadas por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e ainda podem ter elementos como fósforo, ferro, cobalto e enxofre. As proteínas de cada organismo, da mais simples das bactérias aos seres humanos, são construídas a partir do mesmo conjunto de 20 aminoácidos (Nelson; Cox, 2014). Atualmente já conhecemos 22 aminoácidos. Em 1986 foi descoberto o 21º aminoácido, a selenocisteína, e em 2002 foi descoberto o 22º aminoácido, a pirrolisina (Costa; Santos; Galembeck, 2016). Os 21 primeiros aminoácidos (incluindo a selenocisteína) possuem códigos genéticos (Damodaran et. al., 2010).

Todos eles são α -aminoácidos, ou seja, possuem um grupo carboxila ($-\text{COOH}$) e um grupo amino ($-\text{NH}_2$) ligados ao mesmo átomo de carbono, o carbono α , que é o carbono vizinho ao grupo carboxila. Os aminoácidos naturais diferem uns dos outros em suas cadeias laterais ou grupos R, que variam em estrutura, tamanho e carga elétrica, e que influenciam sua solubilidade em água (**Figura 1**). Marzzoco e Torres (2015, p. 21) indicam que “[...] a prolina é o único aminoácido que contém um grupo imino ($-\text{NH}-$) no lugar do grupo amino, sendo a rigor um iminoácido”.

Figura 1- Representação genérica de um aminoácido bastante comum de observarmos em livros do Ensino Médio.



Fonte: Damodaran et. al. (2010)

Dos aminoácidos que são utilizados na fabricação de nossas proteínas, 12 são produzidos pelo nosso próprio organismo, principalmente no fígado. Por isso, eles são chamados de *aminoácidos não-essenciais*, ou seja, o termo não-essencial significa que ele não é essencial em nossa dieta, pois o nosso corpo já o produz, mas eles são tão importantes quanto os demais na fabricação das proteínas. Já os demais 8 aminoácidos são chamados de *essenciais*, porque nosso organismo não os fabrica e é preciso obtê-los através da alimentação. Segundo Palermo (2014, p. 92): “[...] os aminoácidos essenciais são: valina, lisina, treonina, leucina, isoleucina, triptofano, fenilalanina e metionina. A histidina é considerada essencial para crianças”.

A síntese proteica ocorre nos ribossomos. Depois da síntese, enzimas citoplasmáticas modificam alguns constituintes dos aminoácidos. Isso muda a composição elementar de algumas proteínas. As que não são modificadas são chamadas de *homoproteínas*, e as que são complexadas com outros componentes não proteicos são chamadas *proteínas conjugadas* ou *heteroproteínas*. Os componentes não proteicos costumam ser chamados de grupos prostéticos. Exemplos de proteínas conjugadas incluem glicoproteínas (ovoalbumina e *k*-caseína), fosfoproteínas (α e β caseínas), lipoproteínas (proteínas da gema do ovo) e metaloproteínas (hemoglobina e mioglobina) (Damodaran et al, 2010).

Ainda conforme Damodaran et. al. (2010), todas as proteínas biologicamente produzidas podem ser usadas como proteínas alimentares. Entretanto, para efeitos práticos, as proteínas alimentares podem ser definidas como aquelas que apresentam fácil digestão e que são: atóxicas, adequadas no aspecto nutricional, funcionalmente utilizáveis em produtos alimentícios, disponíveis em abundância e cultiváveis por agricultura sustentável. O leite, as carnes (incluindo peixe e aves), os ovos, os cereais, as leguminosas e as oleaginosas têm sido as principais fontes de proteínas alimentares utilizadas.

O conceito de qualidade de uma proteína está atrelado ao valor biológico (VB) de um alimento e representa de um modo generalizado, seu conteúdo em aminoácidos essenciais,

disponíveis em quantidade e necessários à adequada nutrição (Mazzuco, 2008). Por isso, é importante a ingestão de proteínas de alto valor nutritivo, como as encontradas em ovos, carne bovina, peixes, aves, leite, queijos e soja. De maneira geral, as proteínas animais contêm mais aminoácidos essenciais do que as proteínas vegetais. Considerando esses aspectos, que também impulsionaram a escolha dos alimentos a serem abordados nesta pesquisa, serão discutidas algumas características sobre as proteínas presentes no ovo de galinha, na carne bovina e no leite de vaca.

O *ovo de galinha* é um dos alimentos mais nutritivos para a espécie humana, sendo considerado uma excelente fonte de vitaminas, proteínas, minerais, gordura insaturada e antioxidantes. Segundo Bertechini (2003), a galinha consegue transformar recursos alimentares de menor valor biológico em um produto de mais alta qualidade nutricional para o consumo humano. Ainda de acordo com o autor, o ovo apresenta a maior quantidade de nutrientes essenciais para a nutrição humana em relação ao seu conteúdo calórico quando comparado com qualquer outro alimento.

Um ovo contém 6 gramas de proteína, sendo que 95% dela é digerida pelo organismo (Andriquetto, 2002). As proteínas do ovo possuem todos os aminoácidos considerados essenciais na nutrição humana e apresenta VB de 93,7%, o mais alto entre as fontes de proteína disponíveis (Santos, 2015). De acordo com Cozzolino et al. (2015), a clara do ovo de galinha (também chamada de albúmen) representa 57% do peso total, a gema responde por 31% e a casca por 12% do conteúdo do ovo. A clara apresenta 88% de água e 20% de proteínas em sua composição, contabilizando mais de dez proteínas diferentes. Elas incluem as albuminas (ovoalbumina e ovotransferrina, ou conalbumina), globulinas, mucoproteínas (ovomucina e lisozima) e enzimas. As albuminas representam 70% da proteína total da clara. A ovoalbumina, principal proteína da clara, 54% do conteúdo proteico total. As proteínas presentes na clara do ovo têm várias funções: antibacteriana, antimicrobiana, antiviral, anti-hipertensiva, moduladora do sistema imunitário, inibidora de crescimento de células cancerígenas.

A gema é constituída de quase 50% de água, sendo rica em gorduras, proteínas e pobre em carboidratos (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007). A gordura da gema é composta por colesterol, 5% do total gorduroso, e, sobretudo, por triacilgliceróis e fosfolipídios. Contém também lecitina, que é um lipídio emulsificante, pois estabiliza misturas de água e óleo.

Os ovos também são excelentes fontes de vitaminas e particularmente das vitaminas A, D, E, K, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B12 e ácido fólico (Velasco, 2011). Por serem lipossolúveis, as vitaminas A, D, E e K são depositadas na gema; hidrossolúveis, as vitaminas

B1 e B12 são encontradas no albúmen. A gema do ovo é também rica fonte de fósforo e ferro, e sua coloração é devido principalmente a presença carotenoides. (Sarcinelli; VENTURINI; Silva, 2007).

Outro alimento que apresenta proteínas com todos os aminoácidos essenciais para a nutrição humana é a *carne bovina*. Esta é, estruturalmente, composta por tecido muscular, conjuntivo e adiposo (Cozzolino *et al.*, 2015). O tecido muscular é constituído basicamente de fibras em forma de feixes, circundadas por tecido conjuntivo. As principais proteínas das fibras musculares, proteínas miofibrilares, incluem, principalmente, a actina (filamentos finos) e a miosina (filamentos grossos). O colágeno e a elastina são os principais componentes do tecido conjuntivo e têm função estrutural; o primeiro é rico em colina e a segunda em lisina. E o tecido adiposo funciona como depósito energético e está relacionado a suculência e a maciez da carne (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007). Há também as proteínas sarcoplasmáticas, que incluem a mioglobina e a hemoglobina.

A carne bovina é classificada como uma carne vermelha. Sua cor tem relação com as fibras musculares, com o pigmento mioglobina e hemoglobina, presente no sangue (Moraes; Rodrigues, 2017). A carne bovina serve como fonte proteica de ótima qualidade, pois apresenta os aminoácidos: isoleucina, lisina, leucina, triptofano, treonina, metionina, fenilalanina, valina e histidina. Ela também é rica em ácidos graxos essenciais, vitaminas do complexo B (niacina, tiamina, riboflavina e ácido pantotênico) e minerais (magnésio, fósforo, potássio, destacando-se o zinco e o ferro) (Borba *et al.*, 2013). Na carne bovina, o ferro é encontrado na forma de mais fácil absorção pelo organismo (Valle, 2000).

Um terceiro alimento que apresenta proteínas de alto valor biológico é o *leite de vaca*. O leite constitui uma das principais fontes de proteínas na alimentação humana e também de animais jovens (Haraguchi; Abreu; Paula, 2006). O leite é a secreção das glândulas mamárias dos mamíferos e pode ser considerado como uma emulsão de gorduras em água, estabilizada por uma dispersão coloidal de proteína, em uma solução de sais, vitaminas, peptídeos e outros componentes menores, a um pH entre 6,5-6,7 (Bobbio; Bobbio, 2001). Assim, o leite é uma emulsão, uma dispersão coloidal e uma solução. Em média, ele é constituído basicamente por: 4% de gordura, 3,5% de proteína, 4,8% de lactose, 0,7% de sais e, o restante, água (Antunes, 2003). Porém, apesar do considerável teor de gorduras, é pela qualidade das proteínas que o leite é consumido.

As proteínas do leite fornecem aminoácidos, micronutrientes essenciais, como cálcio e fósforo, assim como componentes do sistema imune para o recém-nascido, como imunoglobulinas e lactoferrinas (Calil; Falcão, 2003). É possível segregar as principais

proteínas encontradas no leite em dois grupos: as caseínas, distribuídas em micelas, e as proteínas do soro (lactoalbumina e lactoglobulina), que se apresentam em solução (DUNKER et al., 2015). A concentração entre as diferentes proteínas varia entre as espécies de mamíferos. Por exemplo, no leite bovino, a concentração proteica é quatro vezes maior do que a do leite humano (Haraguchi; Abreu; Paula, 2006).

As caseínas constituem cerca de 80% das proteínas totais do leite e compreendem uma grande família de fosfoproteínas, apresentando quantidades relativamente altas de fósforo e do aminoácido prolina (Antunes, 2003). Há quatro caseínas principais: α_{S1} -, α_{S2} -, β , κ -caseína, representando cerca de 38%, 10%, 35% e 15%, respectivamente, as quais são constituídas por 199, 207, 209 e 169 resíduos de aminoácidos (Brasil et al., 2015).

As proteínas do soro são consideradas de excelente qualidade nutricional e com excepcionais propriedades funcionais. A proteína presente em maior quantidade no soro de leite bovino é a β -lactoglobulina, proteína globular composta por 162 aminoácidos (Almeida; Carlos; Oliveira, 2013). Outras proteínas existentes no soro do leite são a α -lactalbumina, albumina do soro bovino, imunoglobulinas, lactoferrina, lisozima e peptídeos derivados da caseína (Antunes, 2003). Comercialmente, as proteínas do soro são, geralmente, encontradas sob a forma de pó em suplementos alimentares.

A estrutura de uma proteína pode ser descrita em quatro níveis: estrutura primária, secundária, terciária e quaternária (Marzzoco; Torres, 2015).

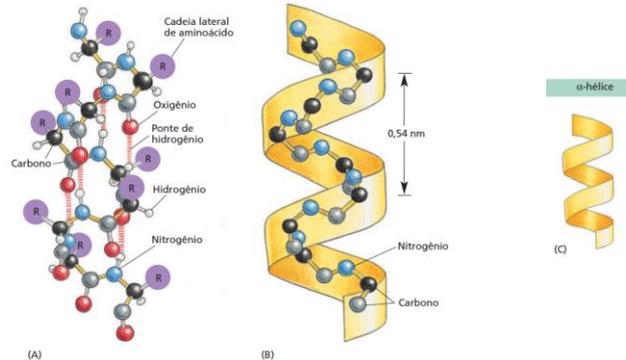
A *estrutura primária* é a sequência de aminoácidos da cadeia polipeptídica, determinada geneticamente e específica para cada proteína. Ela indica o número de aminoácidos, o tipo e a ordem em que aparecem. Qualquer variação na sequência dos aminoácidos pode alterar o papel biológico dessa substância. Por exemplo, a *anemia falciforme* é caracterizada pela substituição do aminoácido glutamina pelo aminoácido valina, gerando uma hemoglobina alterada e não saudável (Nelson; Cox, 2014).

A *estrutura secundária* descreve as formas tridimensionais regulares, formadas por segmentos da cadeia polipeptídica (Marzzoco; Torres, 2015). Duas organizações são particularmente estáveis: o “enrolamento da cadeia ao redor de um eixo” e a “interação lateral de segmentos de uma cadeia polipeptídica ou de cadeias diferentes”. Estas conformações são denominadas, respectivamente, α -hélice e folha β -pregueada (Morrison; Boyd, 2005).

Na *α -hélice*, o polipeptídeo enrola-se em torno do eixo principal da molécula da proteína (**figura 2**). A hélice é estabilizada por ligações de hidrogênio: cada hidrogênio ligado a um nitrogênio de amida faz ligação de hidrogênio com um oxigênio carboxílico de um

aminoácido quatro resíduos adiante. Os grupos laterais nos carbonos α dos aminoácidos projetam-se para fora da hélice, minimizando o impedimento estérico (Bruice, 2006).

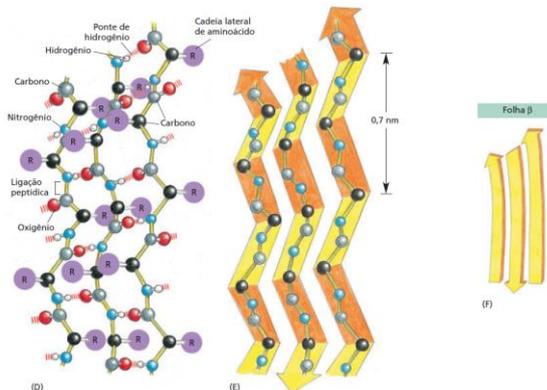
Figura 2 - Representação de estrutura proteica em hélice.



(A) - Representação da ligação de Hidrogênio na α -hélice, cadeia lateral R para fora;
(B) e (C) - representação esquemática da estrutura α -hélice
Fonte: Alberts et al. (2011)

Na *folha β -pregueada*, o esqueleto do polipeptídeo é estendido em uma estrutura em ziguezague, assemelhando-se a uma série de pregas (**figura 3**). Ela é quase totalmente estendida e a ligação de hidrogênio ocorre entre as cadeias peptídicas vizinhas. E as cadeias laterais dos aminoácidos se projetam alternadamente acima e abaixo do plano da folha (Bruice, 2006).

Figura 3 - Representação de segmento proteico em folha β -pregueada.

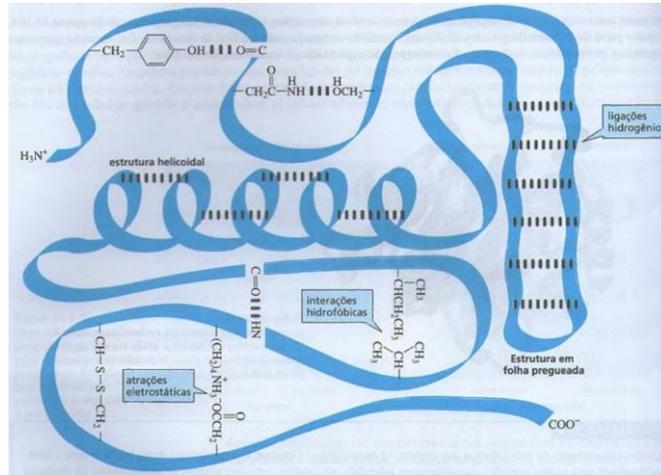


(D) - Cadeias polipeptídicas individuais (fitas β) mantidas unidas em uma mesma folha por pontes de hidrogênio entre as ligações de cadeias diferentes; (E) e (F) - representação esquemática da estrutura *folha β -pregueada*
Fonte: Alberts et al. (2011).

A *estrutura terciária* é o arranjo tridimensional de todos os átomos dessa proteína (Bruice, 2006). As proteínas doam-se espontaneamente a fim de maximizar sua estabilidade, conforme ilustrado na **figura 4**. As interações estabilizantes incluem ligações dissulfeto, ligações de hidrogênio, interações eletrostáticas e interações hidrofóbicas. Estas ligações são consideradas fracas (4 a $30 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) quando comparadas a ligações covalentes ($200 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$), mas por existirem em grande quantidade, elas se tornam interações

importantes na determinação de como as proteínas se dobram (Ribeiro; Seravalli, 2007). Elas podem ocorrer entre grupos peptídicos (átomos no esqueleto de uma proteína), entre grupos de cadeia lateral e entre peptídeos e grupos de cadeia lateral.

Figura 4 - Representação das interações responsáveis pela estrutura terciária de uma proteína.

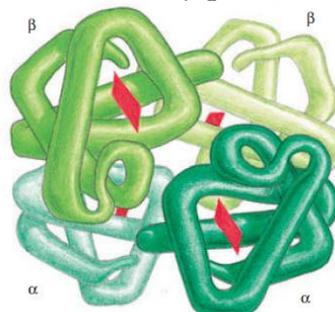


Fonte: Bruice (2004).

Uma vez que os grupos de cadeia lateral ajudam a determinar como as proteínas se dobram, a estrutura terciária de uma proteína é determinada por sua estrutura primária (Campbell; Farrell, 2007).

A *estrutura quaternária* descreve a associação de duas ou mais cadeias polipeptídicas para compor uma proteína funcional. A estrutura quaternária é mantida geralmente por ligações não covalentes entre as subunidades, dos mesmos tipos que mantêm a estrutura terciária (**figura 5**). As subunidades que constituem uma proteína podem ser iguais ou diferentes. A molécula de hemoglobina, por exemplo, é formada por quatro cadeias polipeptídicas, iguais duas a duas, chamadas α e β , associadas sobretudo por interações hidrofóbicas, com contribuição menor de ligações de hidrogênio e interações eletrostáticas (Marzzoco; Torres, 2015). Cada uma das quatro cadeias polipeptídicas contém um grupo heme (retângulo vermelho), o sítio de ligação do oxigênio.

Figura 5 - Representação da hemoglobina, que contém duas cópias da subunidade α -globina e duas da subunidade β -globina.



Fonte: Alberts et al. (2011).

As proteínas também podem ser classificadas de acordo com sua organização estrutural aparente. Desse modo, *proteínas globulares* são as que existem em formas esféricas ou elipsoidais, resultantes do dobramento das cadeias polipeptídicas sobre si mesmas. Por outro lado, as *proteínas fibrosas* são moléculas em forma de bastonete que contêm cadeias polipeptídicas lineares torcidas (tropomiosina, colágeno, queratina e elastina). A maioria das enzimas são proteínas globulares, sendo que as proteínas fibrosas funcionam invariavelmente como proteínas estruturais (Damodaran et. al., 2010).

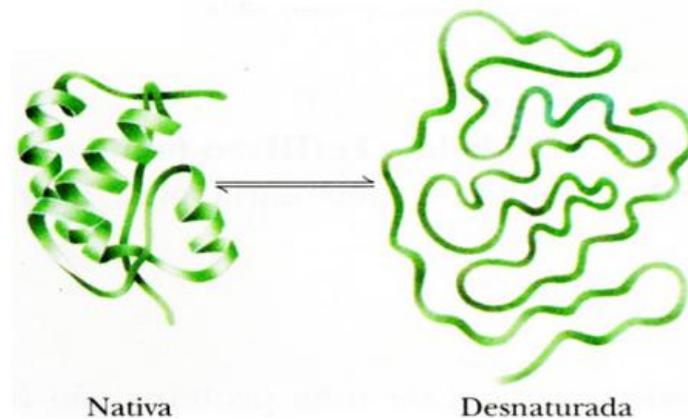
As estruturas das proteínas podem sofrer modificações, conforme acontece com a desnaturação proteica, um processo que envolve mudanças nas estruturas tridimensionais sem ocorrer quebra de ligações peptídicas. Toda a cadeia polipeptídica pode ser desnovelada (Rajendiran; Thulasidhasan, 2015). A conformação totalmente aleatória de uma proteína desnaturada é denominada espiral randômica (Ferrier, 2019).

Qualquer fator que contribua para a quebra das ligações responsáveis pela manutenção da sua forma tridimensional fará a proteína desnaturar-se (desdobrar-se) (Bruice, 2006). É a *desnaturação proteica*. Com isso, ela perde sua função e torna-se inativa. A desnaturação devido a temperatura é afetada principalmente pela redução de interações intermoleculares. (Damodaran et. al., 2010). Como essas ligações são fracas, as proteínas podem ser facilmente desnaturadas. Nesse sentido, os agentes de desnaturação mais comuns são: mudanças de temperatura; agitação vigorosa; alterações no pH; salinidade; íons de metais pesados; alguns tipos de radiações eletromagnéticas, como a radiação ultravioleta e os raios-X; solventes; detergentes e agentes redutores (Malajovich, 2004). Por exemplo, o aumento da temperatura e a agitação vigorosa levam ao aumento do movimento molecular, rompendo as forças de atração. Esse fenômeno é a base do procedimento utilizado para esterilizar equipamentos cirúrgicos, que são submetidos a altas temperaturas, desnaturando as proteínas constituintes de bactérias e provocando a morte desses organismos (Couto, 2012). No caso da espuma formada quando a clara do ovo é batida, há a desnaturação da albumina (Santana, 2017). Por sua vez, nos casos de variações de pH, acontece a modificação das cargas dos resíduos de aminoácidos em muitas das cadeias laterais, interrompendo as interações eletrostáticas e ligações de hidrogênio, conforme se observa ao colocar o limão no peixe cru, pois as proteínas do peixe têm sua forma modificada, conforme observado pela nova coloração do peixe (HAUMONT, 2016). Já os solventes orgânicos, conforme acontece com o etanol, desnaturam proteínas ao interromperem as interações hidrofóbicas (Campbell; Farrell, 2007).

A desnaturação pode ser reversível, sob condições ideais, quando a proteína se dobra novamente em sua estrutura original, ao se remover o agente desnaturante (Ferrier, 2019).

Porém, na maioria das vezes, elas ficam permanentemente desnaturadas (Nelson; Cox, 2014). A **figura 6** traz uma ilustração do processo de desnaturação. Verifica-se, do lado esquerdo, a proteína na sua forma nativa em estrutura terciária e, do lado direito, a forma desnaturada, quando a forma nativa foi desfeita, em consequência do rompimento de ligações iônicas, hidrofóbicas, hidrogênio e pontes de dissulfeto.

Figura 6 - Desnaturação de uma proteína



Fonte: Campbell e Farrell (2007, p. 108).

Com frequência, a desnaturação tem uma conotação negativa, pois ela indica perda de algumas propriedades. Muitas proteínas biologicamente ativas perdem sua atividade após a desnaturação. No entanto, do ponto de vista da aplicação do alimento, a desnaturação proteica durante o processamento não é sempre indesejável. De fato, em alguns casos, ela é muito desejável. Por exemplo, a desnaturação térmica melhora acentuadamente a digestibilidade das proteínas e destrói fatores antinutricionais (Damodaran et. al., 2010). Existem diversas aplicações industriais que se baseiam na desnaturação proteica. Produtos lácteos, biotecnológicos e alimentícios se associam a diferentes processos que utilizam o ovo, a carne e o leite como matérias-primas para esses processamentos. Do ponto de vista culinário, essa utilização também é bastante expressiva. A adição de soluções ácidas, como o vinagre ou o suco de limão, ao leite para que ele coale, e o cozimento do leite, da carne ou do ovo são exemplos bem presentes da utilização de técnicas culinárias e da presença do conteúdo proteico no cotidiano.

As transformações verificadas nas proteínas quando um **ovo é cozido** ou se batem as suas claras são exemplos de desnaturação. E o valor nutritivo do ovo não se altera com o cozimento, porque suas proteínas, quando expostas ao calor, em vez de se dispersarem, se coagulam. (GOMES, 2012). Devido à sua composição, a temperatura de coagulação da clara é de aproximadamente 60 °C enquanto a da gema é de aproximadamente 68 °C (Ferreira Segundo et al., 2020). A temperatura de coagulação pode ser modificada por adição de outros

ingredientes, água ou leite, provocando uma diluição das proteínas do ovo e requerendo mais calor para a coagulação.

Quando se batem claras, não deve ter resquícios de gema porque as gorduras presentes na gema ligam-se às proteínas desnaturadas, que se formam quando se batem as claras, e impedem a sua completa coagulação (Haumont, 2016). Quando os ovos são sobrecozinhados, e logo sujeitos a um calor excessivo, o hidrogênio e o enxofre dos aminoácidos da clara combinam-se gerando um gás - o sulfeto de hidrogênio, responsável pelo cheiro típico dos ovos podres (Wolke, 2010). Esse gás difunde-se para a parte mais fria do ovo, que é o centro, onde está a gema. Então, o ferro contido na gema se liga ao enxofre, formando uma película de sulfeto de ferro, que envolve a gema. Apesar do seu aspecto desagradável, é inofensivo. Mas tal pode ser evitado encurtando o tempo de cozedura ou ainda diminuído pondo os ovos imediatamente em água fria, uma vez que interrompe a cozedura e o frio da água afasta o gás da gema para a casca arrefecida.

Com relação à **carne**, a principal alteração dela pelo efeito do calor é a desnaturação das proteínas miofibrilares (miosina, actina), sarcoplasmáticas (mioglobina) e do tecido conjuntivo (Moraes; Rodrigues, 2017). A quebra de interações nessas moléculas resulta na expulsão de água, reduzindo o rendimento. A extensão da desnaturação proteica depende, principalmente, da temperatura e do tempo de cozimento empregados, que acarretam o encolhimento das miofibrilas e a solubilização do colágeno, afetando a maciez (Tornberg, 2005; Nikmaram et al., 2011; Kong et al., 2007).

A desnaturação da miosina se inicia entre 54 e 58 °C, sendo completada a 60 °C, resultando na diminuição da solubilidade das proteínas miofibrilares (Moraes; Rodrigues, 2017). A actina é desnaturada entre 80 e 83 °C (Christensen *et al.*, 2011). As fibras musculares encolhem longitudinalmente acima de 60 °C (Ruíz *et al.*, 2013; García-Segovia et al., 2007).

Presentes em menor proporção no tecido conjuntivo, as fibras de elastina não são desnaturadas pelo efeito do calor (Baldwin, 2012). Isso contribui para que elas confirmem textura de borracha na carne cozida.

Carnes com baixa capacidade de retenção de água têm maior perda por cocção (Vaudagna et al., 2002; Della Torre; Beraquet, 2005). Por isso, a redução da capacidade de retenção de água resulta em perda de umidade e, portanto, menor rendimento.

A cor da carne é resultante do teor de mioglobina, cuja desnaturação começa entre 55 e 65 °C, sendo intensificada a 75 °C e com o aumento do tempo de cozimento (Moraes; Rodrigues, 2017). A mioglobina se oxida e a superfície da carne adquire cor marrom. A cor

interna da carne irá variar com a intensidade do cozimento. O aumento rápido da temperatura resulta em carne mais avermelhada (King; Whyte, 2006). O estado da mioglobina na carne crua afetará a cor da carne cozida. Quanto maior o teor de oximioglobina e mioglobina, maior a quantidade de homocromo férrico formado no cozimento, conferindo cor marrom à carne (Cornforth, 2011).

A maior parte do sabor da carne se desenvolve durante o cozimento. A quantidade de gordura nela influencia seu sabor e realiza um processo chamado de reação de Maillard, que ocorre quando as proteínas desnaturadas da superfície da carne recombina-se com os açúcares presentes (Costa et al., 2009). A combinação cria o sabor inconfundível da carne e modifica a cor, e, por esta razão, também é chamada de reação de escurecimento.

No início do século vinte, quando estava imaginando como os aminoácidos se ligam para formar proteínas, Louis Camille Maillard chegou até o que ficou conhecido como reação de Maillard (Shibao; Bastos, 2011). Ele verificou que, quando aquecia açúcares e aminoácidos juntos, a mistura dourava lentamente. Mas foi só em 1940 que as pessoas notaram a conexão entre a reação de escurecimento e o sabor, a partir de uma queixa dos soldados da Segunda Guerra Mundial, que reclamavam que seus ovos em pó ficavam escuros e desenvolviam sabores indesejáveis (Santiago, 2002). Após muitos estudos nos laboratórios, os cientistas verificaram que os sabores não apetitosos vinham da reação de escurecimento. Embora os ovos fossem armazenados à temperatura ambiente, a concentração de aminoácidos e açúcares na mistura desidratada era alta o suficiente para produzir a reação.

A reação de Maillard ocorre mais prontamente ao redor de 150 a 250 °C (Silva, 2022). Ocorre em um grupamento carbonila (C=O) de carboidratos redutores e o grupamento amino (NH₂) do aminoácido, em meio alcalino, na presença de água e temperatura, formando a produção de melanoidinas e favorecendo a coloração marrom. A caramelização, portanto, é uma reação de escurecimento não enzimático com a presença apenas de carboidratos redutores em condições extremas de temperatura. Quando a carne está cozida, o exterior alcança uma temperatura mais alta que o interior, alavancando a reação de Maillard e criando um forte sabor na superfície.

Em referência ao **leite**, o tratamento térmico empregado nesse alimento pode levar à desnaturação de suas proteínas. Esse fenômeno implica nas características dos produtos lácteos, sem necessariamente diminuir a digestibilidade das proteínas ou diminuir seu valor biológico. A grande vantagem da desnaturação do leite está na liberação de grupos sulfídricos das proteínas, pois aumenta a resistência do bioproduto à oxidação (Antunes, 2003).

A coagulação do leite, por aquecimento prolongado a altas temperaturas, é uma consequência da perda de estabilidade das micelas de caseína, devido às mudanças físicas e químicas sofridas pelos componentes dessa proteína (BRASIL et. al., 2015).

As proteínas do soro têm propriedades físicas e funcionais no seu estado nativo e após o tratamento físico (aquecimento), químico (alteração de pH) ou enzimático, devido às várias estruturas conformacionais que possuem e/ou adquirem (Baldasso, 2008). Com a desnaturação, ocorre modificação da conformação globular das proteínas para a forma linear, com a perda da estrutura terciária da cadeia peptídica e a formação de novos enlaces entre moléculas, que tornam as proteínas quimicamente mais reativas (Walstra; Wouters; Geurts, 2006). Ainda que a desnaturação proteica possa ser induzida por uma variedade de agentes, a desnaturação térmica é a de maior significância, no ponto de vista industrial (Jelen; Rattray, 1995). Além disso, de acordo com Souza (2013), a mais importante reação durante o tratamento térmico de produtos lácteos é a desnaturação proteica das soroproteínas, interações dessas com as micelas de caseínas e agregação/dissociação das micelas de caseínas.

As proteínas, no geral, têm uma grande influência sobre os atributos sensoriais (textura, sabor, cor, aparência) dos alimentos. Por exemplo, a clara do ovo possui muitas funcionalidades - emulsificação, formação de espuma, ligação com a água e coagulação pelo calor, tornando-a uma proteína altamente desejável para muitos alimentos; as características texturais e de suculência de produtos cárneos dependem muito das proteínas do músculo (actina, miosina, actiomiosina e várias proteínas solúveis da carne); as propriedades texturais dos produtos lácteos são fruto da estrutura coloidal singular das micelas de caseína (Damodaran et. al., 2010).

As proteínas são biomoléculas estruturalmente diferentes e extremamente versáteis. Elas são fundamentais para a vida, ressaltando sua importância para o ser humano. A diversidade estrutural e a polifuncionalidade das proteínas também ressaltam a importância da abordagem desse conteúdo na escola. Os conceitos, as propriedades e as aplicações relacionados a aminoácidos, peptídeos e proteínas estão entre os conteúdos historicamente incorporados ao currículo químico-escolar, e a sua abordagem continua sendo recomendada até hoje, como pode ser visto na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2020). Além de ser um direito historicamente construído de acesso ao conhecimento produzido pela humanidade, o estudo sobre proteínas na escola é importante para a formação da cidadania.

A apropriação de conceitos relacionados a esse conteúdo pode auxiliar o indivíduo no reconhecimento das proteínas na composição química dos organismos e dos alimentos, e sobre o seu papel na relação entre alimentação e saúde (Scarlassari; Socha; Lopes, 2017).

Essa compreensão pode possibilitar aos homens e às mulheres, por exemplo: a melhorarem os seus hábitos alimentares; a se posicionarem frente a outras questões nutricionais e a agregarem conhecimentos científicos nos desempenhos de atividades produtivas envolvendo produtos de base proteica, como diferentes produtos alimentícios. Porém, apesar da importância curricular, alguns trabalhos publicados na área de educação em ciências têm destacado a baixa contemplação e certas dificuldades no ensino-aprendizagem em relação às biomoléculas, como é o caso das proteínas. Por exemplo, para Correia *et al.* (2004), o conteúdo proteína não tem sido tão evidenciado no ensino médio e continua sendo pouco explorado pelos professores de Química.

A organização curricular do conteúdo químico ao longo da história do ensino no Brasil é apontada como um dos aspectos que gera entraves para a sua abordagem. Frequentemente, não há tempo didático para que ele seja contemplado, além do que muitos estudantes sequer têm aulas de Química Orgânica no ensino médio. Essas limitações contribuem para que o contato dos estudantes com os conteúdos de proteínas seja bastante discreto, geralmente limitados à disciplina de Biologia (Alcântara; Moraes Filho, 2015).

Outro aspecto problemático sobre a abordagem do conteúdo proteínas na escola está na forma como ela é realizada. Frequentemente, as estratégias utilizadas são tediosas e centradas na ênfase memorística (Carvalho; Couto; Bossolan, 2012), centradas em nomes e estruturas químicas, e distanciadas da realidade vivenciada pelos estudantes (Alcântara; Moraes Filho, 2015). Figueira e Rocha (2016) também creditam que as dificuldades enfrentadas pelos estudantes para entenderem e relacionarem conteúdos envolvendo conceitos de Bioquímica se relacionam ao distanciamento das abordagens com o seu cotidiano. Essa situação contribui para que, quando ocorre no ensino de Química, as abordagens sobre proteínas sejam limitadas, desinteressantes e distanciadas das realidades vivenciadas pelos estudantes.

Silveira e Rocha (2016) recomendam que, na abordagem de Bioquímica na escola, é importante a utilização de metodologias alternativas, abrangendo diferentes estratégias e o desenvolvimento de recursos didáticos variados. Uma das possibilidades nessa linha de pensamento está no uso de temáticas, como a alimentação.

2.2 ALIMENTAÇÃO, UMA TEMÁTICA PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS NO ENSINO MÉDIO.

“Alimento é toda substância ou mistura de substâncias destinada a fornecer ao organismo vivo os elementos necessários à sua formação, desenvolvimento e manutenção” (Ornellas, 2007). Palermo (2014) acrescenta que os alimentos fornecem nutrientes e energia, além de transmitirem satisfação emocional, estímulos hormonais e convívio social que contribuem para a saúde e bem-estar pessoal.

Os nutrientes são substâncias presentes nos alimentos que nosso corpo precisa para obter a energia e o material necessários para a manutenção e síntese dos novos tecidos do organismo, ou ainda, apresentar propriedades funcionais, oferecendo um impacto sobre a saúde, performance física ou mental do indivíduo. Esses nutrientes são proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas, sais minerais, água e fibras, além das substâncias, como pigmentos, substâncias fitoquímicas e antioxidantes, relacionados com a propriedade do “prevenir” ou “proteger contra” doenças (Palermo, 2014).

Verifica-se a presença do tema “Alimentos” em vários documentos oficiais da educação brasileira. Por exemplo, os PCNEM (Brasil, 2000) citam, além de outros temas, “a conservação e o uso dos alimentos” como um forte desencadeador de conhecimentos específicos, devendo serem vistos como instrumentos para uma primeira leitura integrada do mundo com as lentes da Química. Já os PCN+ (Brasil, 2002) indicam que os “alimentos”, como proteínas, carboidratos e lipídios, podem ser o ponto de partida para o entendimento, na escala microscópica, de conceitos da Química Orgânica. As OCEM (Brasil, 2006) também apontam os alimentos como um possível tema contextual organizador do currículo escolar. No estado do Ceará, as DCRC (Ceará, 2019) mencionam a escola como uma alternativa para desenvolver ações de educação alimentar e nutricional. Segundo esse documento, 90% dos brasileiros se alimentam mal e a alimentação e nutrição é requisito básico para a promoção e proteção da saúde.

Esses documentos apontam para diferentes formas de se viabilizar o tema “Alimentos” no ensino-aprendizagem, mas, verificam-se especialmente sugestões como tema problematizador, situação de estudo ou tema transversal introdutório para a aprendizagem de conhecimentos científicos. Nesse contexto, são inúmeras as possibilidades de se trabalhar os alimentos em sala de aula, por exemplo: discutir a relação entre alimentação e saúde e os tipos de dietas alimentares. Esse tipo de inclusão ganha cada vez mais significância porque, no seio da saúde pública, a obesidade foi identificada pela Organização Mundial da Saúde (OMS)

como um dos problemas mais graves do século XXI, pois propicia o surgimento de inúmeras doenças, como diabetes (Ceará, 2019).

Outro aspecto importante a ser contemplado na abordagem temática é o estudo do processo de produção dos alimentos. De acordo com a forma em que são produzidos, os alimentos podem ser classificados em: i) *convencionais*: produzidos com o uso do solo e com a utilização de fertilizantes e agrotóxicos, sendo ofertados em grande escala; ii) *orgânicos*: isento de fertilizantes químicos e agrotóxicos ou de qualquer tipo de contaminante que ponha em risco o meio ambiente, ofertando produtos de maior valor nutricional; iii) *hidropônicos*: produzidos sem o uso do solo, em ambientes controlados, com emprego de adubos químicos solúveis em água, correm menor risco de contaminação por pragas existentes no solo; iv) *transgênicos*: alimentos que sofreram modificação do seu material genético para terem uma maior produção e outras qualidades que não são observadas no produto cultivado de forma convencional (Silva; Maciel, 2018).

Também é válido discutir sobre os aditivos químicos e o processamento dos alimentos. De acordo com o último guia alimentar para a população brasileira, elaborado pelo Ministério da Saúde, em 2014 (Brasil, 2014), os alimentos podem ser agrupados, conforme o tipo de processamento empregado na sua produção, em: i) *alimentos in natura ou minimamente processados* - obtidos diretamente de plantas e animais, tendo sofrido ou não pequenas alterações após sua retirada da natureza; ii) *alimentos processados* - modificam-se os alimentos in natura para torná-los mais duráveis e agradáveis ao paladar. Para esse fim, apresentam maior quantidade de açúcar e sal, tornando-se alimentos mais calóricos e potenciais causadores de doenças crônicas; iii) *alimentos ultraprocessados* - são feitos em grandes indústrias, envolvendo diversas técnicas de processamento e uso de diversos ingredientes de uso exclusivamente industrial, que estendem a duração do alimento ou tornam o seu sabor, cor, aroma e textura mais atraente. Apresentam composição nutricional desbalanceada, são pobres em fibras e muito calóricos, afetando negativamente a saúde das pessoas.

É importante destacar que a indústria de transformação dos alimentos tem como objetivos principais atuar na melhoria da qualidade dos mesmos, aumentando sua disponibilidade para a sociedade e destruindo microrganismos patogênicos. Dessa forma, segundo Azevedo (2012), surgem as outras categorias: i) *alimentos refinados*: utilizados em cereais, açúcar e sal, é um processo mecânico que retira partes comestíveis do alimento com o intuito de torná-lo mais durável, porém, são nutricionalmente inferiores ao produto não refinado; ii) *alimentos integrais*: contêm elementos essenciais para uma eficiente absorção

desse alimento no organismo; iii) *alimentos light*: são, em média, 25% menos calóricos em relação aos similares integrais e, em geral, sofrem perdas de nutrientes no processo de industrialização; iv) *alimentos diet*: são isentos de carboidratos de rápida absorção e devem ser ingeridos sob prescrição nutricional. Ainda segundo o autor (2012), para a conservação dos alimentos, várias técnicas podem ser utilizadas como a pasteurização, esterilização (apertização), desidratação ou secagem (liofilização), irradiação, hidrogenação, entre outras técnicas.

É válido um debate crítico sobre os alimentos industrializados, que além de nutrientes, contam ainda com outros componentes, dotados ou não de valor nutricional - corantes, conservantes, emulsificantes e estabilizantes. Em um ponto de vista, o Ministério da Saúde e os profissionais de nutrição valorizam e recomendam o uso de alimentos in natura. “Faça de alimentos in natura ou minimamente processados a base de sua alimentação” (Brasil, 2014, p. 30). Sob outra perspectiva, a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA; ITAL, 2021) cita que o processamento é essencial para tornar o alimento disponível para o consumo, aumenta a sua disponibilidade, enriquece o alimento com nutrientes e oportuniza a fabricação de produtos para pessoas com restrições alimentares. Cita ainda que a indústria de alimentos no Brasil gera 1,6 milhão de empregos e produz mais de 250 milhões de toneladas de comida por ano, sendo considerada a maior indústria do país, processando 58% de tudo o que é produzido no campo. Cita também que os aditivos são substâncias seguras e indispensáveis para garantir a oferta de produtos à população.

Há outras possibilidades de se incluir a temática alimentos em sala de aula. Por exemplo: explorando a rotulagem dos produtos consumidos pelos alunos; investigando a quantidade de energia presente nos alimentos; estudando o processo de digestão dos mesmos no organismo; refletindo sobre a história da comida na sociedade e as tradições culinárias; criticando o desperdício de alimentos no Brasil e no mundo; e discutindo sobre a importância do pequeno agricultor. Em relação a esses dois últimos aspectos, o mundo desperdiça, anualmente, cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos, sendo que cerca de 870 milhões de pessoas passam fome diariamente (Peixoto; Pinto, 2016) e, de acordo com dados do Censo Agropecuário 2017, a produção da agricultura familiar gerou receita de 106,5 bilhões de reais (23% do total), enquanto a geração de receita da agricultura não familiar foi de 355,9 bilhões de reais (77% do total) (Rosa Neto et al., 2020). Neste caso, percebe-se a relevância social e econômica da agricultura familiar no Brasil, pois produzem uma diversidade enorme de alimentos, sendo importante ainda que os pequenos agricultores tenham acesso a

conhecimento e tecnologia para produzirem produtos cada vez mais saudáveis e que não agridam tanto o solo e os mananciais.

Os alimentos possuem os nutrientes indispensáveis para um organismo saudável: proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas, minerais, água, flavonoides, entre outros. Esses nutrientes podem ser abordados nas aulas de Química de diferentes formas, como, por meio de atividades culinárias.

O ato de cozinhar está intimamente ligado à alimentação saudável. Por exemplo, ao se preparar a própria refeição, opta-se pelo consumo, ou não, de alimentos industrializados; é possível valorizar a culinária regional e escolher os alimentos *in natura*, tornando o ato de comer mais salutar. É importante que a temática alimento seja discutida nas escolas, oportunizando momentos para que crianças e jovens possam ser educados de forma a terem uma melhor qualidade alimentar e também possam ter a oportunidade de aprender conceitos científicos importantes para a sua formação educacional.

2.3 A POTENCIALIDADE DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS COM ENFOQUE INVESTIGATIVO PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS A PARTIR DA TEMÁTICA ALIMENTAÇÃO.

A ideia de Sequência Didática (SD) possui uma ampla discussão no campo acadêmico, com diferentes compreensões epistemológicas. Por exemplo, de acordo com Araújo, Fonseca e Leal (2017), uma SD se refere ao conjunto de atividades planejadas pelo docente, etapa por etapa, abordando estratégias de ensino diversificadas. Assim como Silva, Catão e Silva (2020), diferentes autores consideram que a SD representa uma possibilidade de ação pedagógica sobre um conteúdo específico que, ao ser discutido em sala de aula, possibilita ao discente uma melhor compreensão dos assuntos considerados mais difíceis. A diversidade é extensa e, aqui, não se objetiva discutir todas as concepções de SD presentes na literatura. Busca-se esclarecer o entendimento assumido para a SD como uma das diferentes formas de organização da prática pedagógica para o desenvolvimento de um ensino investigativo.

Como fundamento mais amplo, de modo geral, nesta pesquisa, concorda-se com Zabala (1998, p. 18), que considera a SD “[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Para Zabala (1998, p. 20),

[...] as sequências de atividades de ensino/aprendizagem, ou sequências didáticas, são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. Assim, pois, poderemos analisar as diferentes formas de intervenção segundo as atividades que se realizam e, principalmente, pelo sentido que adquirem quanto a uma sequência orientada para a realização de determinados objetivos educativos. As sequências podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar a pertinência ou não de cada uma delas, a falta de outras ou a ênfase que devemos lhes atribuir.

Para esse autor, a importância na definição dos conteúdos de aprendizagem e o papel das atividades que são propostas em uma SD envolve as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais.

Uma SD pode apresentar diferentes características. De acordo com Zabala (1998): i) cada sequência desenvolvida, apesar de apresentar um objetivo geral, está voltada para objetivos específicos; ii) elas desenham as variáveis da prática educativa; iii) os tipos de atividade, sobretudo a maneira de articulá-las, são traços individuais e categóricos à especificidade da proposta didática; iv) elas indicam a função exercida por cada uma das atividades no processo de construção do saber ou da aprendizagem de diferentes conteúdos científicos; v) ajuízam a funcionalidade das atividades, sua deficiência ou a ênfase que se lhes deve atribuir. Com esse tipo de entendimento, uma SD supera a visão de ser apenas um conjunto de atividades pedagógicas, organizado com base nos objetivos docentes, logrando aprendizagem autônoma e universal no estudante, e se volta a um mecanismo de mobilização de saberes, pois proporciona ao estudante o acesso a múltiplas práticas que enfatizam o saber científico ao seu cotidiano, preparando-o para saber usar este conhecimento em prol de melhorar seu contexto sociocultural.

A elaboração de uma SD visando o alcance dos objetivos pressupõe o planejamento, a execução e a avaliação (Zabala, 1998). Quanto aos recursos didáticos, Zabala (1998) sugere uma variação entre eles para que possa ser estabelecida uma relação entre estudante-professor e estudante-estudante, criando um clima favorável à aprendizagem. Nesse contexto, o professor é visto como figura-chave no desenvolvimento de uma SD, pois passa a ser o promotor de oportunidades para novas interações entre os estudantes e o conhecimento. Ele exerce múltiplas funções, desde o planejamento até a avaliação da aprendizagem, estabelecendo os objetivos de ensino, propondo as atividades didáticas e determinando os instrumentos avaliativos. Carvalho e Perez ressaltam que esse processo deve ser criativo, pois “[...] é preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos

propostos” (Carvalho; Perez, 2001, p.114). Alguns autores, como Moreira (2015), Gondim (2016) e Santos e Galembeck (2018) consideram que, para o desenvolvimento desses momentos inovadores, as SD devem ser trabalhadas com um enfoque investigativo, na qual as atividades planejadas possuem um perfil de investigação, voltado à problematização dos conceitos científicos. Na mesma direção, a concepção de SD proposta por Zabala é coerente com o caráter investigativo de ensino, visto que a construção, significado e consolidação dos conceitos científicos são permeados pela oferta de atividades que veiculam a problematização, a formulação de hipóteses, coleta de dados e sistematização.

Zômpero e Laburú (2016) consideram que as atividades investigativas no ensino de Ciências consistem em momentos didáticos com base na resolução de problemas de situações cotidianas e/ou científicas. Essas situações são desenvolvidas com o intuito de o estudante adquirir e/ou aprimorar determinadas habilidades – como: observação, registro, identificação de regularidades, levantamento de hipóteses, busca por informações, discussão entre os pares – e para efetuar a comunicação dos resultados, de modo verbal, oral ou escrito.

Defende-se que um dos aspectos essenciais em uma atividade com enfoque investigativo é a existência de uma problemática instigante (Zômpero; Laburú, 2016). O problema se torna importante porque introduz novos conceitos a partir de saberes já apreendidos, criando condições para resolvê-lo. Assim, se uma aula for organizada de forma a colocar o estudante diante de uma situação problema, poderá contribuir para que ele raciocine logicamente sobre a situação e proponha ideias, na tentativa de analisar os dados e apresentar uma conclusão plausível. Nessa direção, segundo Carvalho (2018), um bom problema possui algumas características principais: i) oferece um contexto para os estudantes resolverem e explicarem o fenômeno envolvido; ii) oportuniza condições para eles relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem, valorizando os saberes empíricos e espontâneos; e iii) favorece a utilização dos conhecimentos científicos em outras áreas de estudos. Uma boa problemática em uma atividade com enfoque investigativo também promove a passagem das ações manipulativas às ações intelectuais, permitindo a elaboração e teste de hipóteses, o raciocínio proporcional, a construção da linguagem científica, e de explicações causais e legais, envolvendo os conceitos e leis do conteúdo abordado (Carvalho, 2018). O problema surge, portanto, como elemento promotor da investigação, estando associado ao objeto de conhecimento, permitindo o surgimento, desenvolvimento e compreensão de conceitos. Giordan, Guimarães e Massi (2012) indicam que uma tendência dentro da área do ensino de Ciências é a proposição de Sequências Didáticas que envolvam esse enfoque investigativo, as sequências denominadas de Sequências Didáticas Investigativas (SDI).

As SDI são vistas como momentos pedagógicos ordenados e articulados, que objetivam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem por meio de uma temática central, utilizando-se de problematizações de conceitos científicos (Moreira, 2015; Gondim, 2016; Zômpero; Laburú, 2016; Santos; Galembeck, 2018). De acordo com Vidrik *et al.* (2020), uma SD com enfoque investigativo se caracteriza como uma abordagem na qual o professor busca que a turma se engaje com as discussões durante resolução de um problema, bem como exercite práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação. Em contrapartida, os estudantes também assumem uma postura, na qual é preciso o envolvimento nas discussões e nas interações, tanto entre si, quanto com o professor e com o material didático (Moreira, 2015; Gondim, 2016; Zômpero; Laburú, 2016; Santos; Galembeck, 2018). Assim, uma SDI necessita do envolvimento intelectual dos estudantes, estimulado por uma postura docente mediadora, e somente tem condições de ser colocada em prática em contextos em que eles estejam engajados com a proposta de ensino, podendo ser considerados agentes ativos em suas aprendizagens (Vidrik *et al.*, 2020).

Há diferentes possibilidades de SD no ensino de Química. No entanto, no Brasil, conforme levantamento realizado por Melo, Santos e Araújo (2021), os trabalhos divulgados em revistas da área têm destacado o papel positivo das propostas que buscam aplicar o Ensino Investigativo, utilizando temas geradores, levantando problemáticas relacionadas a abordagens contextualizadas, fazendo uso da experimentação investigativa e atentas aos conhecimentos prévios dos estudantes. Nessa direção, as preparações culinárias podem se constituir em estratégias favoráveis para viabilizar esse tipo de abordagem na escola, como opção temática para inclusão da experimentação investigativa em sequência didática para abordagem do conteúdo proteínas.

2.4 PREPARAÇÕES CULINÁRIAS, UMA POSSIBILIDADE DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVO-INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS.

Diferentes autores atribuem aspectos vantajosos à experimentação no ensino escolar de Química (Barboza, 2021; Carvalho, 2018; Brasil, 2006; Giordan, 1999). Entre outros aspectos, considera-se que as atividades experimentais: i) despertam o interesse dos estudantes pela investigação dos fenômenos da natureza; ii) têm potencial para proporcionar oportunidades de discussão e resolução de problemas do cotidiano; iii) colaboram na construção de conceitos cientificamente corretos integrados com conteúdos procedimentais e

atitudinais; e iv) despertam a curiosidade e o desenvolvimento do pensamento crítico (Guimarães, 2009; Carvalho, 2018). Para Leal (2009), a atividade experimental contribui decisivamente para que uma correta compreensão do sentido da Química e de seus vários temas seja alcançada pelos estudantes. No entanto, apesar das vantagens apontadas, continua-se verificando que essas atividades ainda são pouco frequentes no ambiente escolar.

Silva, Machado e Tunes (2019) apontam alguns elementos que dificultam a inclusão de atividades experimentais nas aulas de Química: a ausência de laboratórios escolares de Ciências, a falta de materiais para a realização das atividades práticas, a inadequação dos espaços disponibilizados para aulas experimentais e o escasso tempo disponível na grade de Ciências para este tipo de atividade. Outros fatores também podem ser incluídos nessa relação, tais como: a falta de iniciativa dos professores, que se sentem despreparados para a realização deste tipo de tarefa, e o grande número de alunos nas turmas do ensino Médio.

A experimentação no ensino Médio tem função pedagógica, diferentemente da experiência conduzida pelo cientista (Brasil, 2000). As atividades experimentais devem desempenhar um papel formativo, que não pode ser negligenciado a um caráter superficial, mecânico e repetitivo, em detrimento da promoção de aprendizados efetivamente articuladores do diálogo entre saberes teóricos e práticos dinâmicos, processuais e relevantes para os sujeitos em formação (Brasil, 2006).

Outro fator a ser considerado é que uma atividade experimental não precisa ser efetivada necessariamente como uma prática formal, situada em laboratórios adequadamente equipados para essa finalidade. Caso haja, essa opção é muito boa e deve ser utilizada, mas ela não é imprescindível, nem suficiente.

Há diferentes modalidades de realizar atividades experimentais. Elas dependerão dos objetivos propostos para o estudo, das competências a serem desenvolvidas nos estudantes e dos recursos materiais disponíveis. No entanto, qualquer que seja o tipo, essas atividades devem possibilitar o exercício da observação, da formulação de indagações e estratégias para respondê-las (Brasil, 2002). Além disso, deve-se ter clareza quanto à necessidade de períodos pré e pós atividade, visando à construção de conceitos.

Oliveira e Soares (2010) diferenciam as atividades experimentais em quatro tipos: i) *atividade demonstrativa*, na qual o professor é o sujeito principal e o aluno apenas observa e faz as anotações do experimento; ii) *atividade ilustrativa*, onde o aluno manipula o material sob a orientação do professor e a prática é utilizada para comprovar leis e teorias; iii) *atividade descritiva*, aquela realizada pelo aluno, utilizando um roteiro ou guia a ser seguido, havendo interação com o objeto de estudo; e iv) *atividade investigativa*, que é realizada pelo

aluno e há discussão, elaboração e verificação das hipóteses, sendo o professor o mediador da aprendizagem.

Francisco Jr, Ferreira e Hartwig (2008) elencam três tipos de atividades experimentais: i) *experimentação ilustrativa*, que realiza-se sem muita problematização e discussão dos resultados experimentais, sendo usada para demonstrar conceitos discutidos antes da atividade prática; ii) *experimentação investigativa*, que é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a reflexão e faça com que o aluno seja capaz de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência; iii) *a experimentação problematizadora*, que vai além da investigativa na medida em que propõe a leitura, a escrita e a fala como aspectos indissolúveis da discussão conceitual dos experimentos. Esses autores destacam que se observa na experimentação com característica demonstrativa (ilustrativa, descritiva) uma forte presença da pedagogia tradicional do ensino e uma visão empírico-indutivista da ciência, já que a atividade prática é apenas manipulativa, sem interação e reflexão, sem associação entre a teoria e a prática.

Gonçalves e Galiazzi (2004) propõem algo em um sentido diferente. Esses autores consideram que a atividade experimental deve ser desenvolvida em uma abordagem sociocultural, numa perspectiva dialógica e deve estar vinculada a contextualização do conteúdo, ao questionamento, a explicitação do conhecimento pelos alunos, a construção de argumentos, comunicação e validação dos argumentos construídos. Nesse sentido, apresentam-se as experimentações problematizadoras e investigativas. Discutindo sobre esse tipo de concepção, Francisco Jr, Ferreira e Hartwig (2008) citam que o aporte teórico para a experimentação problematizadora é a própria pedagogia problematizadora de Paulo Freire. Desse modo, deve-se suscitar nos estudantes o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido. Com base em Freire, esses autores reafirmam que a aprendizagem acontece com a formulação e a reformulação dos saberes pelos estudantes ao lado dos professores, igualmente como sujeitos do processo.

Também apoiado em Freire, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) apontam a problematização como característica fundamental para a produção e apropriação de conhecimento. Inicialmente, deve-se apresentar situações reais que os estudantes conhecem e desafiá-los a expor o que pensam sobre elas. O professor deve aguçar explicações contraditórias e localizar possíveis limitações do conhecimento dos alunos de forma que eles sintam a necessidade de aquisição de novos conceitos que ainda não detêm. Em seguida, os conhecimentos necessários para a compreensão da problematização inicial são sistematicamente estudados. Nesse momento podem ser utilizadas atividades experimentais

ou outro tipo de atividade. Objetiva-se finalmente que o estudante consiga incorporar o conhecimento sistemático para analisar tanto as situações iniciais como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

Uma experimentação problematizadora não se restringe aos procedimentos experimentais, mas busca proporcionar ricos momentos de estudo e discussão teórico/prática. A experimentação não deve estar dissociada da teoria, nem ser mero elemento de ilustração ou motivação, mas efetiva possibilidade de contextualização dos conhecimentos químicos, tornando-os socialmente mais relevantes (Brasil, 2006). Além de não dissociar experimento da teoria, Silva, Machado e Tunes (2019) ressaltam que a realização de atividades experimentais problematizadoras em educação em Ciências naturais devem ser desenvolvidas associadas a um contexto e de forma interdisciplinar. Os autores citam várias sugestões de atividades experimentais, como as experiências investigativas, simulações em computadores, vídeos e filmes, horta na escola, visitas planejadas e estudos de espaços sociais, e atividades demonstrativo-investigativas, que apresentem características de atividade problematizadora.

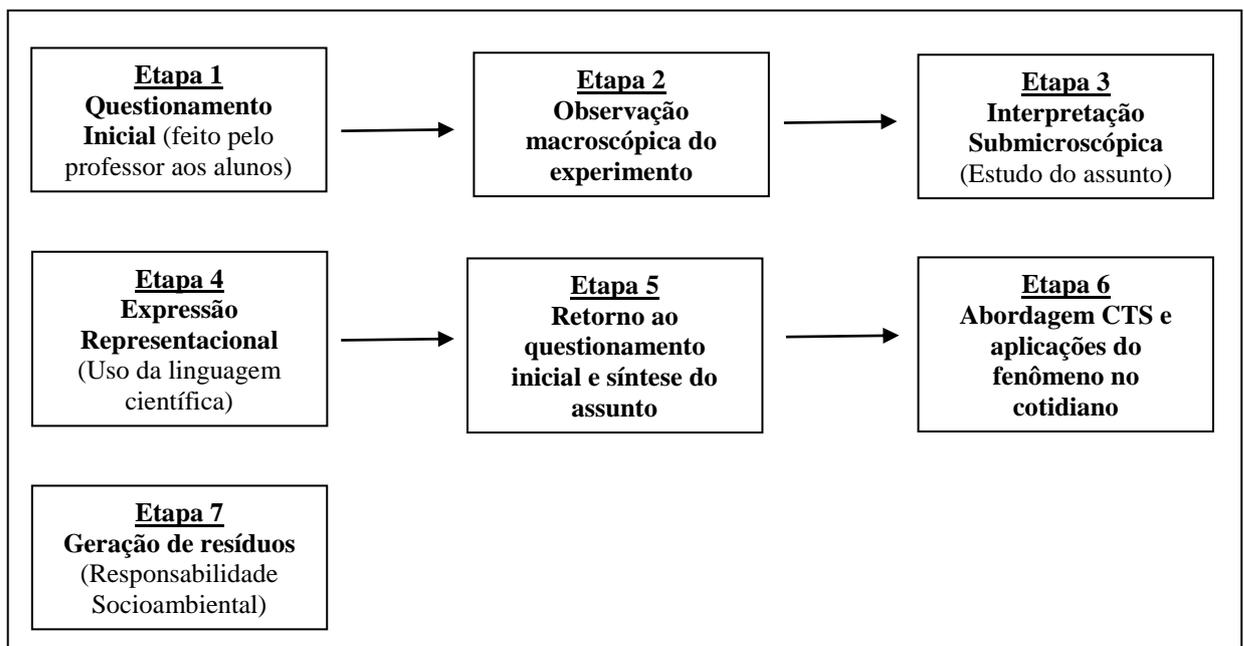
De acordo com Guimarães (2009), as atividades experimentais são necessárias para favorecer um ensino de Química contextualizado, pois ao incluir práticas que desafiam os estudantes com situações-problemas concretas, o professor contribui para que estas favoreçam a construção de novos conhecimentos, além da negociação de sentidos pela argumentação e interlocução entre realidade e prática. Nesse sentido, Carvalho (2018) argumenta que a experimentação, ao apresentar um caráter investigativo, pode contribuir para instigar a curiosidade e o interesse dos educandos em aprender Ciências. Os alunos ao serem motivados a resolverem uma situação problema, são encorajados a formularem hipóteses, testá-las de diferentes maneiras e modificá-las de acordo com os resultados. Sobre este aspecto e, em diálogo com a Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio – BNCC (Brasil, 2020), essa natureza investigativa do processo de ensino e aprendizagem inquieta os alunos e os motiva a construírem novos conhecimentos, ao invés de simplesmente memorizá-los passivamente, em uma relação de transmissão-recepção que normalmente acontece sem um viés crítico e reflexivo sobre o que se aprende.

A experimentação investigativa torna-se um caminho produtivo para a construção de conhecimentos, visto que o aluno necessita interpretar os fenômenos científicos, partindo do senso comum e chegando no saber sistematizado, tendo como apoio o professor, que com seu papel de mediador orienta e conduz a um nível mais elevado de entendimento. Os experimentos ou atividades investigativas podem se basear em vários passos.

As atividades experimentais demonstrativo-investigativas permitem trabalhar as atividades em que o professor apresenta fenômenos simples, dentro das aulas, a partir dos quais ele poderá abordar problemas do cotidiano e introduzir aspectos teóricos que estejam relacionados ao que foi observado. Essas práticas podem ser inseridas nas aulas à medida que o professor desenvolve o programa de ensino. Não se objetiva comprovar na prática como a teoria funciona, mas observar fenômenos e, sob orientação, contextualizá-lo ao dia a dia do estudante e relacioná-los com uma teoria. Segundo Silva, Machado e Tunes (2019), mais importante do que fazer o experimento é a discussão, conduzida pelo professor, com os alunos dos três níveis do conhecimento químico: observação macroscópica, interpretação submicroscópica e expressão representacional. Essa discussão envolve as relações estabelecidas entre esses três níveis e as implicações para a sociedade do conhecimento veiculado. Tais aspectos conferem um caráter problematizador a esse tipo de experimento, tendo a contextualização e a interdisciplinaridade como eixos integradores. As atividades experimentais demonstrativo-investigativas podem ser realizadas em espaços variados, desde a própria sala de aula ou o laboratório (quando a escola dispõe), até o jardim, a horta, a caixa d'água, a cantina, a cozinha da escola, além de espaços no seu entorno ou mais distantes.

Silva, Machado e Tunes (2019) também propõem sete etapas para o desenvolvimento de uma atividade demonstrativo-investigativa, conforme apresentado no **quadro 1**.

Quadro 1 - Etapas para uma atividade demonstrativo-investigativa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base em Silva, Machado e Tunes (2019).

Etapa 1: *Formulação de uma pergunta* (questionamento inicial) pelo professor que desperte a curiosidade e o interesse dos alunos para o tema. Na sequência o professor deve conduzir a

atividade de forma que seja explorada a observação macroscópica, a interpretação submicroscópica e a expressão representacional.

Etapa 2: *Observação macroscópica*, em que os alunos observam e descrevem mudanças visualizadas durante a realização do experimento. Uma aula com diálogo, na qual os alunos fazem uso da palavra para manifestar suas ideias pode ser fonte de informação para o professor conhecer como pensam seus alunos, podendo detectar suas dificuldades, problemas de aprendizagem e interesses (BRASIL, 2002).

Etapa 3: Formulação de hipóteses, pelos alunos, das possíveis explicações para o fenômeno observado. Neste momento o conhecimento científico é abordado (*interpretação submicroscópica do fenômeno*) e comparado com as análises prévias dos estudantes;

Etapa 4: Nesta etapa é inserida a *expressão representacional* empregando a linguagem científica, como uma síntese do que foi observado e explicado (através de equações, modelos representacionais, entre outros);

Etapa 5: *Elaboração da resposta à pergunta formulada inicialmente*, utilizando os conceitos discutidos durante a atividade. Nessa etapa é feita uma síntese do fenômeno e sua explicação;

Etapa 6: Discussão de *possíveis implicações* (sociais, econômicas, tecnológicas, culturais) *do fenômeno* estudado para a sociedade e/ou aplicações do fenômeno em situações do dia a dia. Devem ser também apresentadas tecnologias associadas ao fenômeno realizado, se houver.

Etapa 7: *Observação de geração de resíduos*, promovendo sua disposição mais segura, minimizando ou evitando impacto ambiental.

A experimentação no ensino de Química também se relaciona aos aspectos avaliativos. Em relação às atividades demonstrativo-investigativas, Silva, Machado e Tunes (2019) propõem que uma forma de avaliar a aprendizagem dos estudantes é solicitar que eles analisem situações análogas às de suas vivências e que podem ser explicadas utilizando-se os conceitos discutidos durante as abordagens.

As estratégias de experimentação investigativa têm o intuito de envolver os estudantes de forma mais efetiva no processo de aprendizagem e podem envolver metodologias diferenciadas, como experimentos caseiros (Suart; Marcondes, 2009). Um ponto de partida pode ser a cozinha, ambiente que envolve diferentes materiais e se processam diariamente inúmeras reações químicas (Wanderlei et al., 2007).

Durante os processos culinários, os alimentos sofrem alterações químicas e físicas, e essas modificações são fundamentadas pela ciência. Cada etapa de uma receita tem sua explicação técnica, pois ao serem aquecidos, resfriados ou misturados, os átomos e moléculas

que compõem os alimentos reagem entre si e se transformam em outras moléculas. Portanto, as receitas culinárias podem assumir o lugar de um laboratório de ciências e auxiliar no estudo de diversos conteúdos da área das Ciências da Natureza, incluindo a Química. E elas apresentam um diferencial, pois permitem o estímulo sensorial através do sabor, do aroma e da textura dos alimentos. Utilizar a cozinha para apresentação de conteúdos químicos, físicos ou biológicos pode fazer parte das diversas etapas da educação básica nas escolas brasileiras. Como propõe Chemello (2005), a semelhança entre a prática química e o cozinhar não é ofuscada pela substituição do equipamento científico pelo culinário. Tais experimentos culinários podem ser realizados com segurança e contribuir para o engajamento dos estudantes e a percepção de como a química faz parte de nossas vidas diárias (Nguyen; Keuseman, 2020).

O desenvolvimento de atividades experimentais demonstrativo-investigativas culinárias pode se dar em diferentes contextos educacionais e espaciais. Essas possibilidades incluem os espaços não-convencionais de ensino, que, conforme Xavier e Fernandes (2008), são espaços fora de sala de aula, que podem ser estendidos para contextos mais amplos, que vão além das paredes da sala de aula e das fronteiras das escolas.

A utilização ou simulação da cozinha como ambiente experimental pode ser uma estratégia produtiva para a realização de experimentos (Puggian; Morais; Lopes, 2016). Bell (2014) destaca que nosso primeiro laboratório é a cozinha, no entanto a maioria dos estudantes não reconhece esse tipo de situação.

Diferentes ingredientes culinários podem ser tratados como reagentes e muitos utensílios de cozinha utilizados como os materiais e equipamentos presentes nos laboratórios. Liquidificadores, batedeiras, chapas, peneiras e copos medidores são exemplos dessa adaptação. Desenvolvida em um laboratório didático escolar ou em uma cozinha, a realização de experimentos com fins didáticos possui papéis comuns. Como Puggian, Morais e Lopes (2016), independentemente do contexto onde seja ambientada, a experimentação se desenvolve em torno de alguns aspectos principais, entre os quais, os seguintes questionamentos: “como?” e “para quê?”. Desse modo, as atividades experimentais demonstrativo-investigativas culinárias também devem considerar os diferentes objetivos pedagógicos aos quais estão associadas e se caracterizarem não apenas pela observação, mas também pela promoção de reflexões, discussões e explicações em torno da resolução de um problema por meio da experimentação.

Visando atender aos objetivos propostos em torno do desenvolvimento e da utilização de uma SD, envolvendo atividades experimentais demonstrativo-investigativas culinárias,

para a abordagem do conteúdo proteínas, dentro da temática alimentos, pretende-se que a pesquisa proposta neste projeto seja realizada junto a estudantes do 1º ano do ensino médio de uma escola pública de ensino integral do Estado do Ceará. Para tanto, propõe-se o caminho metodológico descrito no capítulo apresentado em continuidade.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo caracteriza a pesquisa e descreve o percurso metodológico seguido em seu planejamento e execução.

3.1 TIPOLOGIA E ABORDAGEM DOS DADOS DA PESQUISA.

O estudo se aproxima de uma pesquisa de abordagem qualitativa com características de estudo de caso, partindo da concepção sociointeracionista para a aquisição de conhecimentos, e do desenvolvimento de competências e habilidades que podem ser adquiridas por meio do processo de interação com um grupo coletivo, favorecendo a significação de resolução de problemas, conforme proposto por alguns autores, como Antunes (2015). Para tanto, assumiu-se o sentido expresso por diferentes pesquisadores, como Mol (2017, p. 502), que esse tipo de investigação “[...] compreende a ciência como uma área do conhecimento que é construída pelas interações sociais no contexto sociocultural que as cercam. Por isto, seu foco é compreender os significados dos fenômenos a partir de quem os vivenciam [...]”.

Os princípios tomados para esse tipo de abordagem também se alinham às concepções de outros autores, como Lüdke e André (1986), aos quais o estudo de caso visa à descoberta, retrata a realidade de forma completa e profunda, enfatiza a interpretação em contexto, entre outras características. Outro aspecto que corrobora com a proposta de estudo de caso está no fato de que o professor-pesquisador esteve imerso na realidade do público envolvido na pesquisa. Conforme observado em trabalhos nesse campo, como em Prodanov e Freitas, (2013), assumimos que o pesquisador é também participante do processo da pesquisa e manteve contato direto com o ambiente e com o objeto de estudo em questão, necessitando, assim, de um trabalho de campo mais intensivo dentro do contexto e junto aos participantes da pesquisa.

As relações de interação entre estudantes e professor-pesquisador se desenvolveram mediante as atividades propostas na Sequência Didática Investigativa (SDI), com base em experimentos demonstrativo-investigativos culinários, aos quais se vincularam ações reflexivas e interpretativas. Esse processo foi mediado pela ação docente, tendo por suporte, além dos experimentos: textos, modelos moleculares, mapas conceituais e vídeos didáticos.

Utilizando-se o método de estudo de caso, realizou-se uma análise das interações entre os estudantes e entre professor-estudante, levando em consideração os posicionamentos de

ambos no processo interpretativo das situações investigadas e das interpretações propostas. A partir dessas interações, buscou-se compreender como o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo Proteínas, estruturado dentro da SDI, pôde atuar como uma ferramenta de suporte com significado para os estudantes.

3.2 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA.

A pesquisa foi realizada na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral São Pedro, localizada na cidade de Caririagu, ao sul do Estado do Ceará. A escolha por esta instituição ocorreu em virtude de ser o local de trabalho do pesquisador, lecionando o componente curricular de Química e disciplinas eletivas com temáticas relacionadas à Química. As disciplinas eletivas “[...] são componentes curriculares ofertados pela escola, ministrados por professores, membros da comunidade ou de autogestão dos estudantes, que possibilitem aos mesmos a construção do seu percurso formativo, propiciando o aprofundamento de conceitos” (Ceará, 2020, p. 13).

A pesquisa foi aplicada durante o primeiro semestre do ano letivo de 2023, na disciplina eletiva de “Química Orgânica”, ministrada pelo professor-pesquisador. Nesse componente curricular, estavam matriculados 25 estudantes, sendo 10 alunos do 1º ano e 15 alunos do 2º ano do Ensino Médio. A sequência didática foi ofertada para toda a turma, mas participaram da pesquisa somente os estudantes do 1º ano. Essa opção considerou o fato de que esse grupo ainda não havia estudado o conteúdo Proteínas no Ensino Médio.

Antes do início da pesquisa, cada estudante solicitou a permissão dos pais ou responsáveis e assinou um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (apêndice A); os respectivos pais ou responsáveis legais assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice B); o diretor escolar assinou um Termo de consentimento para a realização da pesquisa na Unidade Escolar / Termo de Anuência (apêndice C). Esses documentos explicitam os objetivos e a metodologia aplicada na pesquisa, assim como possíveis benefícios e riscos previsíveis. Também destacam a confidencialidade e a privacidade do(a) participante, de forma que não lhe cause nenhum prejuízo, atendendo assim às normas do CONEP/CNS/MS017/2011. Ao longo da realização do estudo, buscou-se respeitar as diretrizes e normas regulamentadoras das pesquisas envolvendo seres humanos, prezando pela garantia do sigilo relacionado aos dados confidenciais das instituições e comunidades escolares envolvidas na pesquisa. Igualmente, respeitou-se o direito à liberdade do(a) estudante de se recusar a participar ou de retirar o seu consentimento, em qualquer fase

da pesquisa, sem qualquer penalização, incluindo nenhum prejuízo ao seu desempenho na disciplina ou ao seu vínculo institucional. O projeto para a realização desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa CEP/CONEP de acordo com o parecer de nº 5.912.189, emitido em 27 de fevereiro do ano de 2023 (anexo 1).

A disciplina eletiva de “Química Orgânica” possui um conteúdo programático cuja ênfase inicial está em questões estruturais: definição de composto orgânicos, reconhecimento de moléculas orgânicas e a divisão das moléculas em classes funcionais orgânicas. Em um segundo momento, estuda-se as substâncias orgânicas presentes no cotidiano: biomoléculas (proteínas, carboidratos e lipídios), metabólitos secundários (terpenos, flavonoides, alcaloides), combustíveis e sabões. Cada um desses assuntos é tratado como uma unidade didática. Dentro da unidade didática biomoléculas, o ensino-aprendizagem das Proteínas foi organizado de acordo com a SDI desenvolvida nesta pesquisa.

3.3 PLANIFICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI) COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS CULINÁRIOS, PARA A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS.

O processo de planificação da SDI foi constituído por 3 etapas principais: i) estabelecimento de pressupostos teórico-metodológicos gerais para a planificação da sequência didática; ii) a estruturação; e o iii) desenvolvimento dos experimentos culinários. Essas etapas são descritas em continuidade.

3.3.1 Estabelecimento de pressupostos teórico-metodológicos gerais para a planificação da SDI.

Considerou-se nesta pesquisa, com base em Zabala (1998, p. 18), uma SD como [...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos. Tomando-se também a proposta de Pais (2002, p. 102), assumiu-se que a SD “[...] é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática”. Para tanto, buscou-se seguir uma ordem lógica na execução das tarefas, investigando aquilo que os estudantes já sabem e estruturando o conhecimento a partir de atividades problemáticas, buscando desenvolver o cognitivo e o social.

A concepção de SDI está alinhada com as proposições de autores como Silva, Machado e Tunes (2019), Moreira (2015), Gondim (2016), Zômpero e Laburú (2016) e Santos e Galembeck (2018), no sentido de se efetivar como momentos pedagógicos ordenados e articulados, que objetivam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem por meio de uma temática central, utilizando-se de problematizações de conceitos científicos. Adicionalmente, corroborando com Vidrik (2020), a SDI aqui proposta se caracteriza como uma abordagem na qual o professor-pesquisador buscou que a turma se engajasse com as discussões durante a resolução de problemas, envolvendo práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação. Ao mesmo tempo, estimulados por uma postura docente mediadora, os estudantes também assumiram uma conduta de agentes ativos em suas aprendizagens, sendo intencionalmente estimulados ao envolvimento nas interações, tanto entre si, com o professor e com o material didático.

A SDI utilizou elementos que a configuram dentro do nível de aproximação a uma atividade investigativa, conforme proposto por Silva (2011): *objetivo* - desenvolvimento de habilidades e de competências específicas relacionadas ao assunto estudado; *problematização* - problema a ser resolvido por meio da atividade experimental, da busca de informações e de discussões; *elaboração de hipóteses* - elaborada pelos estudantes a partir da problematização; *atividade experimental* - experimentos, propostos em discussão com os estudantes, e realizados a partir de um procedimento inicial; *características dos experimentos* - investigativo, busca resolver o problema proposto; *questões conceituais para os estudantes* - exploram os dados obtidos nas atividades práticas exigindo uma conclusão e/ou a aplicação em novas situações; *sistematização dos conceitos* - a partir das análises dos resultados, do confronto das ideias iniciais e finais, da exploração das hipóteses e das respostas aos problemas. O professor-pesquisador elaborou as atividades e os estudantes as realizaram em grupos.

As orientações para a elaboração da SDI pelo professor-pesquisador consideraram também sua realidade profissional, seu conhecimento e experiência com sua turma de estudantes, e as recomendações contidas em um conjunto de objetivos, competências e habilidades contemplados em documentos oficiais educacionais que tratam da abordagem de conteúdos químicos para o Ensino Médio. Para tanto, foi realizada uma pesquisa exploratória-documental nas seguintes produções da educação pública: PCNEM (Brasil, 2000), PCN+ (Brasil, 2002), OCEM (Brasil, 2006), BNCC (Brasil, 2020) e DCRC (Ceará, 2021). Procedeu-se a leitura de cada documento e as recomendações destacadas foram registradas em uma matriz de coleta de dados, conforme indicado no **quadro 2**.

Quadro 2 - Recomendações selecionadas em documentos oficiais norteadores para o Ensino Médio, que serviram de base para orientar a planificação da Sequência Didática Investigativa para abordagem do conteúdo Proteínas.

Documento norteador	Objetivos / Competências / Habilidades a serem desenvolvidas nas aulas de Química
PCNEM	<p>“Os conteúdos devem ser abordados a partir de temas, que permitam a contextualização do conhecimento [...] os temas devem ser vistos como instrumentos para uma primeira leitura integrada do mundo com as lentes da Química” (Brasil, 2000, p. 34).</p> <p>“Compreender as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos” (Brasil, 2000, p. 31).</p> <p>“[...] entender e empregar, a partir das informações, a representação simbólica das transformações químicas” (2000, p. 34).</p> <p>“Obter informações relevantes em química, sabendo interpretá-las não só nos seus aspectos químicos, mas considerando também as implicações sociopolíticas, culturais e econômicas” (Brasil, 2000, p. 34).</p> <p>“[...] fazer atividades para provocar a especulação, a construção e a reconstrução de ideias [...]” (Brasil, 2000, p.36).</p> <p>“As atividades experimentais podem ser realizadas na sala de aula, por demonstração e por outras modalidades” (Brasil, 2000, p. 36).</p>
PCN+	<p style="text-align: center;">Transformações químicas - <i>Domínio da representação e comunicação</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Descrever fenômenos, substâncias, materiais, propriedades e eventos químicos em linguagem científica, relacionando-os a descrições na linguagem corrente (Brasil, 2002). - Reconhecer e compreender símbolos, códigos e nomenclatura própria da Química e da tecnologia Química (Brasil, 2002). - Analisar e interpretar diferentes tipos de textos e comunicações referentes ao conhecimento científico e tecnológico químico (Brasil, 2002). <p style="text-align: center;">Materiais e suas propriedades - <i>Domínio da Investigação e compreensão</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer e compreender fenômenos envolvendo interações e transformações químicas (Brasil, 2002). - Adquirir uma compreensão do mundo da qual a Química é parte integrante através dos problemas que ela consegue resolver e dos fenômenos que podem ser descritos por seus conceitos e métodos (Brasil, 2002). <p style="text-align: center;">Modelos explicativos - <i>Domínio da contextualização sociocultural</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Compreender as formas pelas quais a Química influencia nossa interpretação do mundo atual [...] (Brasil, 2002).
OCEM	<p>“Priorizar o estabelecimento de articulações dinâmicas entre teoria e prática, pela contextualização de conhecimentos [...]” (Brasil, 2006, p. 117).</p> <p>“Defende-se uma abordagem de temas sociais (do cotidiano) e uma experimentação não dissociada da teoria [...]” (Brasil, 2006, p. 117).</p> <p>“[...] as propostas pedagógicas devem ser organizadas com participação imprescindível das áreas de estudo [...]” (BRASIL, 2006, p. 121).</p> <p>“[...] pode-se trabalhar a partir de temas gerais como os alimentos [...]” (Brasil, 2006, p. 122).</p> <p>“[...] é essencial que as atividades práticas permitam ricos momentos de estudo e discussão [...]” (Brasil, 2006, p. 123).</p>
BNCC	<p style="text-align: center;">Competência Geral nº 8:</p> <p>“Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos</p>

	<p>outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas” (Brasil, 2020).</p> <p style="text-align: center;">Competência Específica de Ciências da Natureza nº 2 / Habilidades 1, 2 e 7</p> <p>“Analisar e discutir modelos, leis e teorias propostos [...]”.</p> <p>“Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização [...]” (Brasil, 2020).</p> <p>“Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e desafios contemporâneos aos quais os jovens estão expostos [...] desenvolver e divulgar ações de prevenção e promoção da saúde e do bem-estar” (Brasil, 2020).</p> <p style="text-align: center;">Competência Específica de Ciências da Natureza nº 3 / Habilidades 1, 2 e 7</p> <p>“Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo [...]” (Brasil, 2020).</p> <p>“Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza [...]” (Brasil, 2020).</p>
<p style="text-align: center;">DCRC Ensino Médio</p>	<p>Vinculada à BNCC (Competência Específica nº 2 / Habilidade 7), a DCRC propõe que se deve estudar sobre Nutrição e Saúde:</p> <p>a) As bases químicas da vida e sua relação com a função dos alimentos;</p> <p>b) Noções sobre saúde e segurança alimentar;</p> <p>c) Doenças associadas à alimentação: obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares (Ceará, 2021).</p> <p>Vinculada à BNCC (Competência Específica nº 3 / Habilidade 7), a DCRC propõe que se deve estudar sobre Funções Orgânicas e suas relações com o meio ambiente e sociedade (Ceará, 2021).</p> <p>Vinculada à BNCC (Competência Específica nº 2 / Habilidade 1), a DCRC propõe que se deve estudar sobre a Aplicação da Química no cotidiano (Ceará, 2021)</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Esse conjunto de orientações foram utilizadas para o planejamento da SDI, em torno do conteúdo Proteínas, contendo atividades com ênfase em experimentos demonstrativo-investigativos. O conteúdo foi abordado de modo que permitisse a contextualização do conhecimento e atuasse como um instrumento para uma leitura integrada do mundo com as lentes da Química e da Biologia, dentro de um tratamento bioquímico escolar. Nessa direção, escolheu-se o eixo transversal “Nutrição e Saúde”, a partir do qual se trabalhou a temática alimentos, considerando-se o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades que auxiliassem a capacitar os estudantes a:

- (re)conhecer a importância de aminoácidos e proteínas como bases químicas da vida, nas diferentes formas de manifestação e níveis de organização;
- descrever fenômenos, substâncias, materiais, propriedades e eventos químicos, biológicos, bioquímicos e nutricionais, relacionados a aminoácidos, peptídeos e proteínas, utilizando símbolos, códigos e nomenclatura próprios da linguagem científica;
- relacionar o sistema classificatório das proteínas (estruturas e tipos) com as suas funções e propriedades/aplicações, especialmente em produtos alimentícios, como o ovo, a carne bovina e o leite.
- analisar a contribuição dessas biomoléculas nas propriedades dos alimentos e nas suas relações com o meio ambiente e com a sociedade;
- explicar transformações químicas, relacionadas ao metabolismo (anabolismo e catabolismo), em algumas relações entre proteínas e alimentos;
- compreender a importância das transformações químicas que ocorrem com aminoácidos e proteínas para a nutrição e saúde, e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos, em relação à alimentação, em escala pessoal e social;
- resolver problemas relacionados a questões envolvendo proteínas, sabendo interpretá-las não só nos seus aspectos científicos, mas considerando também as implicações sociopolíticas, culturais e econômicas quanto à promoção da saúde e do bem-estar;
- veicular noções sobre saúde e segurança alimentar, incluindo o risco de doenças associadas à alimentação (como: obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares), de modo a contribuir a auxiliar o estudante a cuidar de sua saúde física e emocional.

3.3.2 Estruturação da Sequência Didática Investigativa (SDI).

A SDI foi proposta para que os momentos ocorressem ao longo de 9 (nove) aulas, cada uma de 50 (cinquenta) minutos, envolvendo 5 (cinco) dias, conforme o **quadro 3**. O **quadro 4** relacionou as atividades com as habilidades/conhecimentos que desejávamos alcançar.

Quadro 3 - Descrição das atividades da Sequência Didática Investigativa (SDI).

DIA/ AULA	ATIVIDADE		RECURSOS UTILIZADOS	
	DESCRIÇÃO	DETALHAMENTO		
1º	1	Levantamento de concepções prévias. Problematização geral	Aplicação de questionário sobre aspectos químicos, bioquímicos, nutricionais e de saúde, associados às proteínas. Discussões sobre conhecimentos e posicionamentos.	Questionário.
	2	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte I”. Aula dialogada, com utilização de modelos moleculares.	Leitura dirigida sobre características e propriedades de aminoácidos, peptídeos e proteínas, e de suas relações com alimentos. Montagem de aminoácidos e de estrutura primária de peptídeos.	Texto didático. Modelos moleculares artesanais
2º	3	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte I”. Aula dialogada, com exibição de vídeos.	Leitura dirigida sobre fatores relacionados à desnaturação proteica em alimentos.	Texto didático. Vídeos sobre desnaturação de proteínas.
	4	Realização do experimento culinário investigativo I.	Investigar a desnaturação proteica no ovo.	Alimentos e utensílios culinários.
3º	5	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte II”. Aula dialogada, com a apresentação de mapa conceitual.	Leitura dirigida sobre características, propriedades e reações das proteínas e suas relações com a nutrição e com a saúde.	Texto didático. Mapa conceitual.
	6	Realização do experimento culinário investigativo II.	Investigar a desnaturação proteica na carne bovina.	Alimentos e utensílios culinários.
4º	7	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte II”. Realização do experimento culinário investigativo III.	Leitura dirigida sobre a relação entre consumo de proteínas segurança alimentar, incluindo o risco de doenças associadas à alimentação: Investigar a desnaturação proteica no leite.	Texto didático. Alimentos e utensílios culinários.
	8	Resolução de um mapa conceitual.	Resolução de um mapa conceitual sobre aspectos bioquímicos, nutricionais e de saúde, associados às proteínas.	Mapa conceitual.
5º	9	Proposições sobre a problematização inicial Avaliação da SDI	Avaliação da aprendizagem. Avaliação da atividade (SDI)	Questionário.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 4 - Associação entre conhecimentos e competências/habilidades nas atividades desenvolvidas nos momentos das SDI.

AULA	ATIVIDADE	CONHECIMENTOS	COMPETÊNCIA/HABILIDADE
2	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte I”. Aula dialogada, com modelos moleculares	A importância das proteínas para os seres vivos. A abundância das proteínas na composição química dos seres humanos. Aminoácidos.	(Re)Conhecer a importância de aminoácidos e proteínas como bases químicas da vida, nas suas diferentes formas de manifestação e níveis de organização. Reconhecer as diferentes estruturas das proteínas. Compreender as interações intra e intermoleculares proteicas.
3	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte I”. Aula dialogada, com exibição de vídeos.	Peptídeos e proteínas. Ligação peptídica. Ligações de hidrogênio, as interações hidrofóbicas, as ligações iônicas e as ligações dissulfeto Estrutura das proteínas. Classificação das proteínas (globulares e fibrosas; simples e conjugadas). Funções das proteínas. Enzimas.	
4	Realização do experimento culinário investigativo I.	Proteínas e alimentos. Dieta alimentar. Desnaturação proteica. Proteínas do ovo.	Relacionar o sistema classificatório das proteínas (estruturas e tipos) com as suas funções e propriedades/funções/aplicações, especialmente em produtos alimentícios, como o ovo, a carne bovina e o leite.
5	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte II” Aula dialogada, com a apresentação de mapa conceitual.	Metabolização de proteínas no organismo humano.	
6	Realização do experimento culinário investigativo II.	Proteínas da carne. Reação de Maillard. Dietas proteicas e problemas de saúde (como obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares).	Compreender a importância das transformações químicas que ocorrem com aminoácidos e proteínas para a nutrição e para a saúde.
7	Leitura do texto “Dossiê proteínas – Parte II” Realização do experimento culinário investigativo III.	Vantagens e desvantagens de se consumir alimentos proteicos <i>in natura</i> (orgânicos e convencionais) e ultraprocessados, e alimentação saudável. Conservação e desperdício de alimentos de base proteica. Proteínas do leite.	Explicar transformações químicas relacionadas ao metabolismo, em algumas relações entre proteínas e alimentos.
8	Resolução de um mapa conceitual.	Implicações sociais e ambientais das demandas proteicas associadas ao aumento da população mundial.	Avaliar a contribuição dessas biomoléculas sobre as propriedades dos alimentos e nas suas relações com o organismo humano, com a sociedade e com o meio ambiente.
9	Proposições sobre a problematização inicial Avaliação da SDI	Tomar decisões para resoluções de problemas, em escala individual ou coletiva, visando o bem-estar e a promoção da saúde - saúde física e emocional	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O levantamento das concepções prévias sobre o conteúdo foi realizado por meio de questionário constituído de questões compostas de acordo com o **quadro 5**.

Quadro 5 - Critérios utilizados para levantamento de concepções prévias.

QUESTÕES PROPOSTAS	ASPECTOS ORIENTADORES
1. Avalie a importância das proteínas para os seres vivos.	(Re)Conhecer a importância de aminoácidos e proteínas como bases químicas da vida, nas suas diferentes formas de manifestação e níveis de organização.
2. Qual é a abundância das proteínas nos seres humanos, em termos de composição química, quando comparada com as demais substâncias orgânicas?	
3. Quais os constituintes das moléculas de proteínas (as unidades básicas)? Desenhe a representação estrutural de alguma delas.	
4. As proteínas podem adquirir quatro estruturas básicas. Você sabe como elas são chamadas e o que as diferencia?	
5. Como é chamada a ligação entre as unidades básicas que formam a cadeia das proteínas?	
6. Cite o nome de 3 (três) proteínas e suas funções.	
7. Indique 5 (cinco) funções que as proteínas exercem no nosso organismo. Caso consiga, dê exemplos de proteínas com essas funções.	
8. Quais os principais nutrientes proteicos presentes no ovo, na carne e no leite?	
9. O que são enzimas e qual a sua importância?	
10. Precisamos ingerir proteínas em nossa dieta alimentar? Por quê?	Compreender a importância das transformações químicas que ocorrem com aminoácidos e proteínas para a nutrição e para a saúde.
11. Cite 5 (cinco) alimentos que são muito ricos em proteínas	
12. Quais as vantagens e desvantagens de se consumir alimentos proteicos <i>in natura</i> , sem nenhum tratamento?	
13. Como metabolizamos e como produzimos essas biomoléculas no nosso organismo?	Explicar transformações químicas, relacionadas ao metabolismo (anabolismo e catabolismo), em algumas relações entre proteínas e alimentos.
14. Os alimentos perdem suas proteínas após serem cozidos, fritos ou assados?	
15. O que acontece com as proteínas do ovo, do leite e da carne quando são cozidos, fritos, assados e/ou colocados em contato com soluções ácidas?	
16. Quais as implicações sociais e ambientais das demandas proteicas associadas ao aumento da população mundial?	Avaliar a contribuição dessas biomoléculas sobre as propriedades dos alimentos e nas suas relações com o organismo humano, com a sociedade e com o meio ambiente
17. Como os níveis proteicos das dietas podem se relacionar com problemas de saúde, como obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares?	
18. Alimentos orgânicos são melhores para saúde que os alimentos convencionais? Quais são os alimentos mais saudáveis: alimentos <i>in natura</i> ou ultraprocessados? Por quê?	
19. Que procedimentos podem ser utilizados para a conservação dos alimentos proteicos?	Tomar decisões para resoluções de problemas, em escala individual ou coletiva, visando o bem-estar e a promoção da saúde.
20. Como evitar o desperdício de alimentos de base proteica.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A SDI abrangueu **uma problematização inicial**, contendo um problema mais geral, mais amplo, sobre a influência da desnaturação proteica em preparações culinárias, e três **problemas mais particulares**, vinculados a cada um dos experimentos demonstrativo-investigativos culinários. As buscas por soluções para os problemas mais particulares auxiliaram na aquisição de conhecimentos para resolução do problema geral.

Os **problemas** propostos para a SDI, com base em Gil e Torregrosa (1987) e Jimenez e Puig (2010), são abertos e autênticos, ou seja, implicam em situações contextualizadas que não apresentam uma resposta óbvia, as quais os estudantes reconhecem e se sentem estimulados a investigá-las, pensando cientificamente. Além disso, seguindo as proposições de Gomes, Borges e Justi (2008), as respostas para este tipo de problema não são disponibilizadas diretamente e exigem que o estudante se mobilize, e encontre formas de coletar e analisar dados e informações que o levem a propor soluções plausíveis. Dentro da resolução de problemas desse processo investigativo, conforme em Carvalho (2018), os estudantes desenvolveram, por meio do diálogo e da liberdade intelectual, importantes práticas do fazer científico, tais como as explicações, descrições, generalizações e argumentações.

As problematizações propostas para a SDI estão apresentadas no **quadro 6**. A problematização inicial envolveu a preparação de uma refeição completa - contendo: entrada, prato principal e sobremesa. Ela foi apresentada aos estudantes no início da SDI. As demais foram apresentadas antes de cada experimento.

Quadro 6 - Problemas propostos para a SDI que comporão o Diário Culinário (instrumento para registro dos estudantes).

Problematização geral que será apresentada aos estudantes no início da SDI

Uma chefe de cozinha é chamada por um dos clientes de um restaurante para explicar como produziu uma refeição tão especial, saboreada por ele e por seus convidados em dada noite. Cordial e pacientemente, ela relembrou-lhe o cardápio: i) uma entrada contendo ovos de galinha cozidos, recheados com maionese caseira; ii) como prato principal, uma alcatra assada, perfeitamente selada, caramelizada externamente e succulenta no seu interior; e, como sobremesa, um doce de leite, bem cremoso e caramelizado, também produzido na casa. Depois, ela completou: apenas aproveitei o processo de desnaturação das proteínas dos alimentos utilizados, para preparar e oferecer uma refeição nutritiva e saborosa. Ao final, ainda sorrindo, ela agradeceu a presença e o elogio, e sugeriu que os clientes voltassem para verificar a aplicação desse mesmo processo em outras preparações deliciosas.

Com base em seus conhecimentos sobre proteínas, explique os fenômenos ocorridos nas três preparações culinárias saboreadas nessa refeição tão elogiada.

Experimento 1 – Entrada: Ovos de galinha cozidos recheados com maionese caseira.

Segundo a revista Isto é Gente, de 25/08/2021, a musa fitness Gracyanne Barbosa afirmou comer 40 ovos por dia. Por que os as claras e as gemas dos ovos cozidos ficam com aqueles aspectos visualizados nas preparações culinárias? Por que os praticantes de musculação costumam alimentar-se de ovos nas refeições? Qual o constituinte químico existente nos ovos que tem tamanha importância

para os esportistas e para que ele serve?

Experimento 2 – Prato principal: Alcatra assada

Carnes seladas e assadas ficam com uma casquinha escura e saborosa, além de ficarem vermelhinhas e suculentas por dentro. Qual a relação das proteínas da carne com esses fenômenos?

Experimento 3 – Doce de leite caseiro

Qual a razão da mudança de textura e de coloração do leite quando ele é aquecido com açúcar? Por que às vezes o leite coalha (coagula, talha) quando a gente ferve? E se pingarmos limão ou adicionarmos microrganismos ao leite, ele também vai coalhar? Qual é o constituinte presente no leite envolvido com a sua coagulação?

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As estratégias didáticas utilizadas foram variadas, contemplando a investigação de problemas, e avaliando as aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, tanto no ambiente quanto na sociedade. Nesse sentido, os estudantes analisaram e interpretaram diferentes aspectos relacionados às proteínas, tomando por base uma leitura dirigida dos textos paradidáticos, participaram de aulas dialogadas, e de atividades experimentais demonstrativo-investigativas.

Os **textos paradidáticos** encontram-se no ebook “Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição completa”. Tratam-se de textos ilustrados que apresentam características, propriedades e aplicações das proteínas, utilizando uma linguagem clara, objetiva e atrativa, que apresentam atividades e utilizações de muitos materiais e produtos de base proteica.

As **aulas dialogadas** foram conduzidas pelo professor-pesquisador para introduzir, explicar e/ou exemplificar diferentes aspectos do conteúdo. Assim como em Paz e Leão (2018), a aula expositiva dialogada é considerada como uma estratégia de ensino para facilitar a exposição de conceitos, ao mesmo tempo em que promove a participação ativa dos estudantes, por meio das discussões sobre o assunto, além de considerar o conhecimento prévio que eles trazem consigo. O professor-pesquisador portou-se como mediador do processo educativo instigando que os estudantes questionassem, investigassem, discutissem e interpretassem o objeto estudado. O professor-pesquisador também os estimulou a pensar, debater e justificar suas ideias, aplicando seus conhecimentos em outras situações. Nos momentos didáticos envolvendo aulas dialogadas, também foram utilizados: modelos moleculares, analogias, vídeos e mapas conceituais.

Considerando as vantagens apontadas para esse tipo de atividade na abordagem do conteúdo Proteínas no Ensino Médio, conforme indicado por Silva (2022), os estudantes

construíram **modelos moleculares** de aminoácidos e fragmentos de peptídeos, utilizando os materiais disponíveis no laboratório de Ciências da escola. Além de montagem das estruturas dos aminoácidos naturais, eles representaram interações químicas que ocorrem nas estruturas secundárias, como as interações de hidrogênio e as pontes dissulfeto.

As aulas dialogadas também contaram com o uso de **vídeos**. Seguindo as possibilidades de exploração desse tipo de recurso, como as discutidas por Hoppe (2021), foram escolhidos 3 vídeos curtos que foram exibidos de modo intercalado e com pausas. Esses vídeos didáticos são disponibilizados no YouTube® e trazem abordagens voltadas às proteínas. São eles:

Vídeo 1 - Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ntOlxxZuUGU>

Vídeo 2 - Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Js3ePgRrrOk>

Vídeo 3 - Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=S_IRXWVaiTc

Os **mapas conceituais** foram desenvolvidos pelo pesquisador e utilizados como ferramentas gráfico-didáticas para organizar e representar o conhecimento veiculado na SDI. Resolveu-se incorporar essa estratégia considerando o seu êxito em propostas voltadas tanto à organização didática quanto na demonstração do nível de aprofundamento e de compreensão do sujeito durante a construção e/ou resolução dessas representações mentais (Novak; Cañas, 2010), incluindo trabalhos voltados à bioquímica (Schmidt, 2014). Com base nas proposições para essa ferramenta, os mapas conceituais produzidos envolvem círculos conectados por linhas e apresentam diferentes conceitos relacionados à química e bioquímica das proteínas, dentro do eixo nutrição e saúde e da temática alimentos. Esses mapas foram utilizados tanto de forma completa, em aula dialogada (aula 5), para apresentar os conceitos aos estudantes, quanto de forma incompleta (aula 8) para que os estudantes os preenchessem e indicassem as relações entre esses conceitos, demonstrando o nível de aprofundamento e de compreensão.

A **experimentação demonstrativo-investigativa** está melhor detalhada no próximo tópico. Os experimentos foram conduzidos pelo estabelecimento de articulações dinâmicas entre teoria e prática, por meio da contextualização de conhecimentos, de modo que as atividades práticas permitissem ricos momentos de estudo e discussão. Eles foram realizados pelo professor-pesquisador na cantina da escola e na própria sala de aula, por demonstração, ou seja, em experimentos únicos. Foram utilizados equipamentos de segurança individual e mantidos os protocolos para segurança coletiva, inclusive com a presença de um extintor de incêndio no local. Os estudantes estavam no mesmo ambiente, mas a uma distância segura, que os habilitou a observações e registros, em um “diário culinário”.

3.3.3 Desenvolvimento dos experimentos culinários.

Os experimentos culinários utilizados na SDI foram realizados com base em Silva, Machado e Tunes (2019), considerando-se a utilização da cozinha como espaço não-formal de aprendizagem. Entre as características tomadas, destacou-se: a simplicidade e rapidez na execução, priorizando a observação de fenômenos; a não exigência que os estudantes os realizassem; e a não dependência do laboratório escolar de Ciências/Química. Foram feitos 3 (três) experimentos demonstrativo-investigativos culinários de base proteica. Assumiu-se que cada um dos experimentos culinários, a princípio de caráter demonstrativo, tornou-se numa prática investigativa. Os experimentos correspondem aos pratos de uma refeição completa, a partir do menu composto por:

- *a entrada* - ovos de galinha cozidos temperados com maionese caseira.
- *o prato principal* - alcatra assada.
- *a sobremesa* - doce de leite caseiro.

O prato de entrada foi **ovos de galinha cozidos recheados com maionese caseira**. Existem três modos de cozimento de um ovo, que resultam nas aparências popularmente conhecidas como: ovo frito; ovo cozido em água fervente, com casca; e ovo pochê, ou ovo cozido em água fervente, sem casca. O processo de cozimento tem a ver primordialmente com a transferência de calor da fonte térmica para a superfície do alimento, e sua consequente transmissão para o seu interior. O cozimento do ovo altera a estrutura proteica, pois, qualquer que seja o processo de cozimento utilizado, ocorre a desnaturação das proteínas. A partir desta receita estudamos sobre a importância, função e composição das proteínas.

O prato principal da refeição foi intitulado **“Alcatra assada”**. O ingrediente principal desta receita foi um corte carne comercial de bovino chamado de alcatra (*Gluteus medius*). A carne foi temperada apenas com sal e assada em uma churrasqueira elétrica (grill). A carne é formada por tecido muscular - constituído por fibras musculares que contêm proteínas, glicogênio, pigmentos, entre outros componentes - tecido adiposo e conjuntivo. A partir dessa receita, estudamos os diferentes modos estruturais das proteínas, as forças responsáveis pelos mesmos, as proteínas fibrosas e globulares. Paralelo a isso, analisamos os aspectos nutricionais da carne e a reação de Maillard.

A sobremesa foi intitulada **“Doce de leite caseiro”**. Foram utilizados dois litros de leite de vaca e 400g de açúcar. Inicialmente o leite foi ao fogo. Ao iniciar a fervura, colocou-se o açúcar e mexeu-se até engrossar e formar o doce. Durante a fabricação do doce de leite

estudamos sobre desnaturação proteica, enzimas e o processo de digestão das proteínas em nosso organismo.

3.4 UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI)

A SDI seguiu a proposta de atividades contidas nos quadros 02 e 03. As atividades demonstrativo-investigativas envolvendo experimentos proteicos culinários foram desenvolvidas de acordo com a estrutura proposta por Silva, Machado e Tunes (2019), sintetizado no **quadro 7**.

Quadro 7 - Desenvolvimento das atividades demonstrativo-investigativas envolvendo experimentos proteicos culinários.

ETAPA		
ORDEM	NOME	DESCRIÇÃO
1	Questionamento inicial	O professor-pesquisador formulou uma pergunta aos estudantes sobre a relação entre um fenômeno envolvendo proteína(s), dentro de uma preparação culinária, visando despertar-lhes a curiosidade e o interesse pelo tema.
2	Observação macroscópica e discussões sobre os fenômenos verificados no experimento	Os estudantes observaram a realização do experimento culinário e descreveram mudanças visualizadas na matéria-prima de base proteica utilizada. Em seguida, por meio de diálogos, eles manifestaram suas ideias sobre os fenômenos verificados no experimento.
3	Interpretação submicroscópica	A abordagem do fenômeno foi realizada pelo professor-pesquisador, com base no conhecimento científico associado ao conteúdo proteínas e os estudantes formularam as hipóteses sobre as possíveis explicações para o fenômeno observado, provendo interpretação submicroscópica e comparando-a com as análises prévias.
4	Expressão representacional	Foi utilizada a linguagem científica, por meio de modelos representacionais e de equações químicas, para realizar uma síntese do que foi observado e explicado.
5	Retorno ao questionamento inicial e síntese do assunto	Elaborou-se uma resposta à pergunta formulada inicialmente, utilizando os conceitos discutidos durante a atividade. Nessa etapa foi feita uma síntese do fenômeno e sua explicação.
6	Abordagem CTS e aplicações do fenômeno no cotidiano	Discutiu-se aplicações do fenômeno investigado em situações do dia a dia e/ou de suas possíveis implicações sociais, econômicas, tecnológicas e/ou culturais.
7	Geração de resíduos	Discutiu-se sobre a responsabilidade socioambiental do fenômeno observado quanto à geração de resíduos, promovendo sua disposição mais segura, evitando desperdícios, e minimizando ou evitando impactos ambientais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023), com base em Silva, Machado e Tunes (2019).

3.4.1 Detalhamento das etapas da Atividade 1 - Entrada (ovos de galinha cozidos temperados com maionese caseira).



Fonte: <https://images.app.goo.gl/9WwvAmTPYVGRQy19>

Etapa 1 (Questionamento Inicial)

Em sala de aula o professor realizou os seguintes questionamentos iniciais:

Etapa 1: Segundo a revista Isto é Gente, de 25/08/2021, a musa fitness Gracyanne Barbosa afirmou comer 40 ovos por dia. Por que os as claras e as gemas dos ovos cozidos possuem aqueles aspectos? Por que os praticantes de musculação costumam alimentar-se de ovos nas refeições? Ou seja, qual o nutriente existente nos ovos que tem tamanha importância para os esportistas e para que servem?

Etapa 2 (Observação macroscópica)

Na cantina da escola, colocou-se os ovos para cozinhar e preparou-se a maionese.

Ingredientes: Ovos de galinha, sal de cozinha e maionese.

Procedimento:

Colocou-se os ovos em uma panela com água e, depois que a água ferveu, cozinhou-se os ovos por 7 minutos. Em seguida, foram retirados e colocados numa vasilha com água fria e gelo. Assim a casca se soltou mais facilmente. Cortou-se os ovos ao meio e foram servidos com sal e maionese.

Para a maionese

Ingredientes: 2 ovos de galinha, 300 mL de óleo de soja, salsinha e cebolinha a gosto, sal de cozinha e o suco de meio limão.

Procedimento:

Colocou-se os ovos no liquidificador. Acrescentou-se pitada de sal, salsinha, cebolinha e o suco do limão. Em seguida, colocou-se a tampa do liquidificador e agitou-se rapidamente. Com o liquidificador ligado, pela abertura da tampa, adicionou-se, lenta e continuamente, o fio de óleo, até ficar uma mistura homogênea. Quando chegou ao ponto de cremosidade,

desligou-se o liquidificador. Com o auxílio de uma espátula, utilizou-se a maionese para temperar os ovos de galinha já cozidos.

Etapa 2A - *Enquanto os ovos estavam cozinhando, foram feitas as seguintes observações entre professor e alunos:*

- Quais as substâncias (nutrientes) presentes nos ovos?; qual a função da albumina do ovo para o filhote da ave e para o ser humano?; como transformamos a albumina em proteínas para o nosso corpo?; há problemas em comer muitos ovos por dia?; os ovos podem ser consumidos crus?; por que a clara do ovo fica esbranquiçada após o cozimento?; por que a gema do ovo fica esverdeada se tiver muito tempo de cozimento?; e como saber se um ovo é fresco ou velho?

Etapa 2B - Durante a produção da maionese, o professor mencionou a presença da substância lecitina na gema do ovo e sua função emulsificante. O professor solicitou que os alunos informassem o nome de proteínas existentes em nosso organismo e a função que elas exercem no mesmo, devendo montar uma tabela com as informações. Nesse momento enfatizou-se sobre as funções das proteínas; que elas são as substâncias orgânicas mais abundantes em nosso organismo; identificou-se os alimentos ricos em proteínas e por que as proteínas animais são de melhor “qualidade” que as vegetais.

Etapa 3 (Interpretação submicroscópica)

Na sala de aula:

Nesta etapa foi apresentado aos alunos a estrutura de um aminoácido, os vinte e dois aminoácidos existentes na natureza e suas distinções, a diferença entre aminoácidos essenciais e naturais, a reação de condensação e ligação peptídica (e o grupo funcional formado após essa ligação), o peptídeo e o polipeptídeo (como o colágeno e as enzimas). Identificou-se os grupamentos químicos nas cadeias laterais dos aminoácidos e enfatizou-se que duas proteínas de funções diferentes são formadas por essas mesmas estruturas químicas.

Etapa 4 (Expressão representacional)

Na sala de aula:

A clara do ovo fornece todos os aminoácidos essenciais. A proteína majoritária presente nela é a albumina, que tem cadeia polipeptídica composta por 385 resíduos de aminoácidos. Foi proposto aos alunos (em grupos) que fizessem a construção de aminoácidos e peptídeos com os modelos moleculares disponíveis na escola.

Etapa 5 (Retomada da pergunta inicial)

Em sala de aula foi feito o seguinte questionamento: *Como aproveitamos as proteínas que comemos na alimentação para a formação das nossas proteínas? Identifique substâncias que são classificadas como proteínas e suas respectivas funções”.*

Etapa 6 (Enfoque CTS)

Neste instante, através de um texto elaborado pelo professor, discutiu-se sobre a importância dos alimentos para a proteção da saúde: alimentos ultraprocessados e *in natura*.

Etapa 7 (Geração de resíduos)

Na sala de aula:

Nesta etapa, o professor mostrou como utilizar as cascas dos ovos para a fabricação de adubo para as plantas, visto que as mesmas são ricas em cálcio, sendo necessário apenas limpar as cascas dos ovos em água corrente e bater no liquidificador até virar pó, que será absorvido mais rapidamente pelos vegetais.

3.4.2 Detalhamento das etapas da Atividade 2 - Prato principal (alcatra assada)



Fonte: <https://br.freepik.com/search?format=search&page=3&query=carne+assada>

Etapa 1 (Questionamento Inicial)

Em sala de aula foi feito o seguinte questionamento inicial:

Carnes seladas e assadas ficam com uma casquinha escura e saborosa, além de ficarem vermelhinhas e suculentas por dentro. Qual a relação das proteínas da carne com esses fenômenos?

Etapa 2 (Observação macroscópica)

Na sala de aula:

A carne já tinha sido temperada previamente e foi levada ao forno elétrico para assar. Os alunos observaram os fenômenos que estavam acontecendo com a carne ao ser assada e foram feitos os seguintes questionamentos:

- Quais os nutrientes (substâncias) presentes na carne de boi?; e quais as proteínas presentes na carne?; a carne bovina apresenta grande quantidade de gordura e colesterol?; a que se deve a cor vermelha da carne bovina?; por que, ao ser assada, a carne escurece, apresenta aroma agradável e muda a sua estrutura? O que é a reação de Maillard?; as proteínas da carne são fibrosas ou globulares? são simples ou conjugadas?

Etapas 3 e 4 (Interpretação submicroscópica/ Expressão representacional)

Nesta etapa, em sala de aula, professor e alunos discutiram sobre a estrutura primária, secundária, terciária e quaternária das proteínas. Comentou-se sobre as diferenças entre uma proteína fibrosa, globular, simples e conjugada. Utilizou-se figuras, vídeo e foi feita uma analogia com os antigos fios de telefone.

Etapa 5 (Retomada da pergunta inicial)

Em sala de aula, os estudantes responderam ao seguinte questionamento:

“Uma proteína assume quatro formas básicas. Quais são essas quatro estruturas e quais as diferenças entre elas?”. Todos fizeram uma síntese/revisão sobre o assunto estudado.

Etapa 6 (Enfoque CTS)

Em sala de aula, discutiu-se sobre o tema: Alimentação e saúde: problemas de saúde relacionados a alimentação: obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares.

Etapa 7 (Geração de resíduos)

Os resíduos de carne foram descartados em depósito apropriado, que foram utilizados na alimentação de porcos.

3.4.3 Detalhamento das etapas da Atividade 3 – Sobremesa (doce de leite caseiro)



Fonte: <https://www.cozinhaaz.com/receita/doce-de-leite-caseiro-e-cremoso-com-3-ingredientes/>

Etapa 1 (Questionamento Inicial)

Utilizou-se o seguinte questionamento inicial:

“Qual a razão da mudança de textura e de coloração do leite quando ele é aquecido com açúcar? Por que às vezes o leite coalha (coagula, talha) quando a gente ferve? E se pingarmos limão ou microrganismos ao leite, ele também vai coalhar? Qual é o constituinte presente no leite envolvido com a sua coagulação?”

Etapa 2 (Observação macroscópica)

Na cantina da escola preparou-se o doce de leite com o auxílio das merendeiras. Inicialmente o leite foi ao forno. Ao iniciar a fervura, colocou-se o açúcar e mexeu até engrossar. Durante o preparo da receita, foram feitas as seguintes discussões:

- Quais os nutrientes presentes no leite de vaca?; e quais as proteínas presentes no leite?; por que às vezes o leite coalha quando a gente ferve ou quando pingamos limão?; por que o doce de leite fica com a coloração de caramelo (ocorre reação de Maillard)?; intolerância a lactose é o mesmo que alergia a proteína do leite?; por que o leite derrama quando ferve?

Etapas 3 e 4 (Interpretação submicroscópica/ Expressão representacional)

Nesta etapa, em sala de aula, professor e alunos discutiram sobre desnaturação proteica: o que é a desnaturação, quais os agentes causadores, vantagens e desvantagens. Foi feita a representação de uma proteína com um plástico maleável, e em seguida modificou-se a sua forma para demonstrar seu formato desnaturado. Foi feita uma analogia com um pote de plástico normal (proteína) e um pote de plástico danificado (proteína desnaturada, com função modificada). Falou-se da importância da desnaturação para a culinária e no processo de digestão dos alimentos. Em seguida, discutiu-se sobre a importância das enzimas e como se dá o processo de digestão das proteínas no organismo humano.

Etapa 5: Retomada da pergunta inicial

Em sala de aula os estudantes responderam ao seguinte questionamento: *“Como o limão atua no processo de desnaturação das proteínas do leite?”*

Etapa 6: Enfoque CTS

Nessa etapa conversou-se sobre as implicações sociais e ambientais do consumo de alimentos.

Etapa 7: Geração de resíduos

As caixas de leite foram designadas para a cooperativa de reciclagem existente na cidade de Caririaçu.

3.5 COLETA, TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram obtidos por meio da resolução do questionário inicial, dos problemas (diário culinário), das gravações de áudio das aulas e da resolução dos mapas conceituais. Deu-se uma ênfase para as respostas aos questionamentos contidos no diário culinário - instrumento para registro de observações dos estudantes, referentes aos problemas da problematização inicial e dos experimentos demonstrativo-investigativos culinários (mostrados no **quadro 6**).

O questionário foi analisado a partir de cada questão formulada, assim como os demais registros textuais efetuados nos diários culinários. Os áudios das aulas foram transcritos. Tanto essas transcrições quanto as respostas dos estudantes às questões presentes no material escrito produzido e as impressões e anotações do professor-pesquisador, ao longo do processo de ensino, foram tratados e analisados conjuntamente. O tratamento e a análise dos dados foram realizados de acordo com os pressupostos teórico-metodológicos relativos à Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011).

Em algumas situações, a abordagem quantitativa, relativa à estatística descritiva, foi utilizada para reforçar o aspecto qualitativo da pesquisa. Ela foi empregada para mensurar a frequência com que apareceram determinadas características do conteúdo nas interpretações de dados coletados.

As apresentações dos dados e discussões dos resultados estão baseadas em argumentações apoiadas em formas de registros, como falas e ilustrações. Os estudantes foram identificados por códigos alfa numéricos, garantindo o anonimato e assegurando que nenhum constrangimento fosse gerado a estes. Todas as falas do professor-pesquisador e dos estudantes foram marcadas em itálico para que, dessa forma, fossem distinguidas das demais ideias apresentadas no decorrer do texto.

A análise desses dados serviu como parâmetro para a construção do nosso produto educacional. Elaboramos uma sequência didática orientada pela metodologia da experimentação demonstrativo-investigativa, proposta por Silva, Machado e Tunes (2010). Nosso produto didático envolve diferentes estratégias de atividades, que foram utilizadas durante esta pesquisa e que apresentaram resultados satisfatórios. É, portanto, um recurso pedagógico que pode ser utilizado pelos professores em suas salas de aula.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentamos e discutimos os resultados da pesquisa desenvolvida. Os parâmetros utilizados para a análise destes resultados seguem a fundamentação do encaminhamento metodológico desta pesquisa e se baseia na confrontação de dados entre as verificações dos conhecimentos prévios dos alunos e as observações dos resultados obtidos durante a aplicação da sequência didática.

4.1 CONHECIMENTOS DOS ESTUDANTES SOBRE A TEMÁTICA PROTEÍNAS

Inicialmente foi realizado um levantamento das concepções prévias dos 10 (dez) estudantes, identificados por A1 a A10, através de um questionário com 20 (vinte) questões relacionadas ao tema Proteínas e alimentos (**quadro 5**). É necessário inteirar-se dos conhecimentos iniciais dos estudantes a respeito do assunto em estudo, pois, de acordo com Ramos e Moraes (2019), aprender é ampliar o significado sobre o já conhecido, visto que toda nova aprendizagem se realiza sobre uma aprendizagem anterior, acrescentando novos sentidos àqueles anteriormente produzidos.

A primeira questão solicitava que os estudantes *“avaliassem a importância das proteínas para os seres humanos”*. As respostas foram semelhantes, em que a maioria dos alunos citaram que as mesmas são importantes para o bom funcionamento do corpo, para se ter uma vida saudável ou para o crescimento e desenvolvimento de um ser vivo. Um aluno foi mais específico citando sua importância para a reconstrução do tecido muscular e outros dois relacionaram as proteínas com a produção de energia, apesar desta não ser a função principal dessas biomoléculas. A partir da análise das respostas obtidas, 05 alunos (50%) responderam de forma satisfatória. Contudo, pôde-se notar que os estudantes percebem a importância das mesmas para o nosso organismo, ainda que expliquem de forma superficial ou reduzida. Em seguida são descritas algumas respostas satisfatórias dos estudantes.

A3: *“Sua importância é para a reconstrução do tecido muscular”*.

A5: *“Crescimento ou desenvolvimento de um ser vivo”*.

A2, A6: *“Funcionamento do corpo”*.

A7: *“Nutrição para os seres vivos”*.

Quando foram feitas interrogações mais específicas sobre as Proteínas, as respostas continham informações incompletas ou erradas, o que demonstrou a falta de conhecimento

acadêmico sobre o tema. No questionamento **“Qual é a abundância das proteínas nos seres humanos, em termos de composição química, quando comparada com as demais substâncias orgânicas?”**, apenas dois alunos responderam, ainda que de forma incompleta. Os demais alunos (80%) não responderam ou citaram que não sabiam. Em seguida, são descritas as respostas dos alunos.

Aluno A5: *“Extremamente grande”*.

Aluno A9: *“São normais”*.

Demais estudantes: *“Não sei”* ou não responderam.

Quando foram questionados sobre **“as unidades básicas de uma proteína”, “as quatro estruturas básicas das mesmas” e “a ligação que ocorre entre essas unidades básicas”** (questões 3, 4 e 5), nenhum aluno (0%) respondeu corretamente. Apenas o aluno A2 citou que as proteínas são constituídas de C, N, O e H. O estudante A3 citou que a ligação que ocorre entre as unidades básicas das proteínas são ligações covalentes, provavelmente porque o assunto havia sido estudado no início da eletiva de Química Orgânica. Não houve nenhuma alusão aos aminoácidos como os constituintes das moléculas das proteínas; não foram citadas as estruturas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias; também não houve alguma referência às ligações peptídicas. Entendemos que por se tratar de questões mais particulares acerca do conteúdo e como ainda não tinham assistido a nenhuma aula sobre a temática, os estudantes não conseguiram responder corretamente.

Com relação aos questionamentos **“Cite o nome de 3 (três) proteínas e suas funções”**; **“Indique 5 (cinco) funções que as proteínas exercem no nosso organismo”**; **“Quais os principais nutrientes proteicos presentes no ovo, na carne e no leite?”**; **“O que são enzimas e qual a sua importância?”** e **“Precisamos ingerir proteínas em nossa dieta alimentar? Por quê?”** (questões 6, 7, 8, 9 e 10) percebeu-se que os estudantes, apesar de compreenderem que as proteínas são importantes em nosso organismo, não citaram o nome de nenhuma proteína corretamente. Isso mostra que os mesmos não sabem que as proteínas fornecem material tanto para a construção como manutenção de todos os nossos órgãos e tecidos e não reconhecem como proteínas os hormônios, as enzimas, os anticorpos e outras substâncias presentes no ser humano, evidenciando novamente uma limitação sobre a temática. Alguns alunos citaram como proteínas os sais minerais, como podemos observar nas respostas do estudante A10: *“São proteínas o cálcio, nutrientes e vitaminas”* e do aluno A7: *“Ferro, cálcio e zinco”*. Isso revela que os estudantes não sabem diferenciar as proteínas dos demais constituintes bioquímicos presentes nos seres vivos. Apenas o aluno A3 citou uma

função corretamente, ao dizer que *“as proteínas são importantes na reconstrução do tecido muscular”*. Nenhum aluno conseguiu apontar a albumina como um nutriente proteico do ovo ou a caseína como um nutriente proteico do leite. De maneira análoga, a maioria dos estudantes não conseguiu conceituar as enzimas, e apenas o discente A2 mencionou que *“existem enzimas digestivas”*.

Sobre os *alimentos que são muito ricos em proteínas* (questionamento 11) foram citados corretamente carne vermelha, frango, ovo, leite, peixe, queijo, feijão, além de outras fontes alimentícias como frutas, verduras, sucos, beterraba, melancia, laranja, banana, alface, mamão, repolho, tomate, amendoim, legumes, folhas escuras e sementes. Percebe-se que os estudantes apresentam uma noção sobre os alimentos com concentração acentuada de proteínas, contudo, citam outras fontes alimentícias que são mais ricas em outros nutrientes, como as frutas e verduras. Dos alunos entrevistados, 08 alunos (80%) responderam de forma satisfatória, citando principalmente carne, ovo ou leite. Porém, eles não conseguiram citar os cinco alimentos pedidos na questão.

A questão 13 pretendia investigar se os estudantes sabem *como metabolizamos e produzimos essas biomoléculas no organismo*. Nenhum aluno apresentou alguma resposta, todos citaram que não sabiam responder tal questionamento. Isso mostra que os mesmos não compreendem o processo de digestão ou de síntese das proteínas.

As questões 14 e 15 tinham relação com o processo de desnaturação das proteínas e sua importância: *“Os alimentos perdem suas proteínas após serem cozidos, fritos ou assados?”* e *“O que acontece com as proteínas do ovo, do leite e da carne quando são cozidos, fritos, assados e/ou colocados em contato com soluções ácidas?”*. Com relação à primeira pergunta, 4 (quatro) alunos citaram que os alimentos perdem sim suas proteínas quando assados ou cozidos, outros 5 (cinco) alunos afirmaram que não perdem e 1 (um) aluno disse que alguns alimentos perdem as proteínas e outros não. As respostas à segunda pergunta foram feitas de forma análoga a primeira. Observa-se que os discentes não compreendem a importância da desnaturação proteica para a digestão do alimento e que não há perda da proteína, apenas mudança na sua configuração espacial. Em seguida são descritas as respostas de alguns estudantes às duas perguntas acima, respectivamente:

Aluno A2: *“Boa parte é perdida” / “As proteínas tendem a diminuir a quantidade”*.

Aluno A4: *“Sim. Menos quando eles são cozidos” / “Elas são quebradas”*.

Aluno A9: *“Alguns sim. Porém outros potencializam as proteínas” / “Normalmente potencializam”*.

Os alunos também foram questionados a respeito de temáticas que envolvem os alimentos nas questões 12, 16, 17, 18, 19 e 20: *“Quais as vantagens e desvantagens de se consumir alimentos proteicos in natura, sem nenhum tratamento?”*; *“Quais as implicações sociais e ambientais das demandas proteicas associadas ao aumento da população mundial?”*; *Como os níveis proteicos das dietas podem se relacionar com problemas de saúde, como obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares?”*; *Alimentos orgânicos são melhores para saúde que os alimentos convencionais?”*; *Quais são os alimentos mais saudáveis: alimentos in natura ou ultraprocessados? Por quê?”*; *“Que procedimentos podem ser utilizados para a conservação dos alimentos proteicos?”* e *“Como evitar o desperdício de alimentos de base proteica”*. Sobre os alimentos *in natura*, orgânicos, ultraprocessados e convencionais, 50% dos estudantes citaram que os alimentos *in natura* são mais ricos em nutrientes, da mesma forma afirmaram que os alimentos orgânicos são melhores para a saúde e os ultraprocessados perdem suas proteínas durante o tratamento. Sobre os métodos de conservação dos alimentos, 70% dos estudantes apontaram que os alimentos proteicos podem ser conservados com resfriamento ou através da utilização de sal; 30% dos alunos citaram que é preciso conservar os alimentos de forma adequada e não os consumir de forma exagerada. A respeito das implicações sociais e ambientais provocadas pelas demandas proteicas devido ao aumento da população, apenas um aluno citou que *“o aumento da população mundial provocará aumento na produção agropecuária, causando necessidade de novos pastos e aumento dos níveis de gás metano”*. Apesar de alguns estudantes não terem respondido a esses questionamentos, observou-se respostas coerentes e mais homogêneas, provavelmente porque o assunto faz parte do cotidiano dos discentes.

As respostas dos alunos aos questionamentos evidenciaram pouco conhecimento científico ou informações errôneas sobre o assunto, mas que podem ser aprendidas corretamente ou ampliadas a partir das atividades e discussões propostas na sequência didática. *“Aprender implica questionar o que se conhece para buscar consciência sobre o que não se conhece, sobre as dúvidas, sobre as perguntas ainda não respondidas e até sobre as perguntas ainda não feitas”* (Ramos; Moraes, 2019).

O **quadro 8** contém todas as respostas e contribuições dos estudantes sobre as 20 (vinte) questões propostas no levantamento prévio e a **figura 7** revela se as respostas dadas aos questionamentos são adequadas ou insuficientes.

Quadro 8 - Descrição das respostas dos estudantes ao questionário prévio aplicado antes do início da sequência didática.

PERGUNTAS	RESPOSTAS DOS ALUNOS
<p>1. Avalie a importância das proteínas para os seres vivos.</p>	<p>A1, A9: Citaram que as proteínas têm relação com a produção de energia. A4: “Para uma vida mais saudável”. A3: “Sua importância é para a reconstrução do tecido muscular”. A5: “Crescimento ou desenvolvimento de um ser vivo”. A2, A6: “Funcionamento do corpo”. A7: “Nutrição para os seres vivos”. A8: “Benefício na convivência em geral, saúde, etc”.</p>
<p>2. Qual é a abundância das proteínas nos seres humanos, em termos de composição química, quando comparada com as demais substâncias orgânicas?</p>	<p>A5: “Extremamente grande”. A9: “São normais”. Demais estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>3. Quais são os constituintes das moléculas de proteínas (suas unidades básicas)? Desenhe a representação estrutural de alguma delas.</p>	<p>A2: “C, N, O, H. Não sei sua representação estrutural”. Demais estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>4. As proteínas podem adquirir quatro estruturas básicas. Você sabe como elas são chamadas e o que as diferencia?</p>	<p>Todos os estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>5. Como é chamada a ligação entre as unidades básicas que formam a cadeia das proteínas?</p>	<p>A3: Ligação covalente (cadeia carbônica) A9: “Ligação simples, dupla, tripla”. Demais estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>6. Cite o nome de 3 (três) proteínas e suas funções.</p>	<p>A3: Cálcio, fortalecimento dos ossos A7: “Ferro, Cálcio e Zinco”. A10: “Cálcio, nutrientes e vitaminas”. Demais estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>7. Indique 5 (cinco) funções que as proteínas exercem no nosso organismo. Caso consiga, dê exemplos de proteínas com essas funções.</p>	<p>A3: Reconstrução do tecido muscular, fortalecimento dos ossos A8: “Evitar doenças, deixar nosso corpo mais forte”. A9: “Produzir energia no nosso corpo”. Demais estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>8. Quais os principais nutrientes proteicos presentes no ovo, na carne e no leite?</p>	<p>A8: “Cálcio” Todos os estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>9. O que são enzimas e qual a sua importância?</p>	<p>A2: “Sei que existem enzimas digestivas, mas pouco sei sobre o assunto”. A5: “Isso é nos hormônios”. A9: “Enzima é um ácido”. Demais estudantes: “Não sei” ou não responderam.</p>
<p>10. Precisamos ingerir proteínas em nossa dieta alimentar? Por quê?</p>	<p>A1: “São necessários para um bom funcionamento físico”. A2: “Sem elas não ocorreriam as reações metabólicas do nosso organismo”.</p>

- A3:** “Para manter uma alimentação saudável”.
- A4, A9, A10:** “Ficar saudável e nos dar mais energia”.
- A5:** “Porque se não morre”.
- A6:** “É melhor para nossa saúde”.
- A7:** “Nutrir”.
- A8:** “Fortalecer o corpo”.
- A1, A2:** “carne, ovo, leite.
- A3:** “carne, ovo, leite, peixes e queijo
- A4:** carne, frango, sementes
- A5:** feijão, sucos, beterraba, melancia, laranja”.
- A6:** alface, mamão, tomate, repolho, laranja.
- A7:** ovo, feijão, amendoim, leite, frango.
- A8:** peixe, carne, leite, frutas, legumes.
- A9:** banana, leite, carne, ovos, peixe.
- A10:** carne, ovos, folhas escuras, sementes.
- A2, A3, A9:** “Pode prejudicar sua saúde”.
- A4:** “Alimentos naturais são mais ricos em nutrientes e mais bonitos”.
- Demais estudantes:** “Não sei” ou não responderam.
- Todos os estudantes:** “Não sei” ou não responderam.
- A1, A5, A7, A8, A10:** “Não”.
- A2, A4, A6:** “Sim”.
- A9:** “Alguns sim, porém outros potencializam as proteínas”.
- A3:** “Não sei”.
- A2, A5:** “Perdem parte das proteínas”.
- Demais estudantes:** “Não sei” ou não responderam.
- A2:** “Ocorrerá aumento na produção agropecuária, causando necessidade de novos pastos e aumento dos níveis de gás metano”.
- Demais estudantes:** “Não sei” ou não responderam.
- A2:** “Em muita quantidade não são digeridos como deveriam, e, em pouca, ocorre uma necessidade delas”.
- A8:** “A falta de proteínas faz nosso corpo desenvolver doenças”.
- Demais estudantes:** “Não sei” ou não responderam.
- A2, A8:** “Orgânicos são melhores para a saúde”.
- A4:** “Ultraprocessados perdem as proteínas durante o processo”.
- A5, A9, A10:** “in natura”.
- A6:** “Alimentos convencionais”.
- A1, A3, A7:** “Não responderam”.
- 11.** Cite 5 (cinco) **alimentos que são muito ricos em proteínas**
- 12.** Quais as **vantagens e desvantagens de se consumir alimentos proteicos *in natura***, sem nenhum tratamento?
- 13.** Como **metabolizamos** e como **produzimos** essas **biomoléculas no nosso organismo**?
- 14.** Os **alimentos perdem suas proteínas após serem cozidos, fritos ou assados**?
- 15.** **O que acontece** com as proteínas do ovo, do leite e da carne quando são cozidos, fritos, assados e/ou colocados em contato com soluções ácidas?
- 16.** Quais as **implicações sociais e ambientais das demandas proteicas associadas ao aumento da população mundial**?
- 17.** Como os **níveis proteicos das dietas podem se relacionar com problemas de saúde, como obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares**?
- 18.** Alimentos **orgânicos são melhores** para saúde que os alimentos convencionais? Quais são os alimentos **mais saudáveis: alimentos *in natura* ou ultraprocessados**? Por quê?

19. Que **procedimentos** podem ser utilizados **para a conservação dos alimentos proteicos?**

A1, A2, A3, A4, A5, A8, A9: “Resfriamento, podem ser salgados”.

A6, A7, A10: “Não sei” ou não responderam.

20. Como evitar o desperdício de alimentos de base proteica.

A2: “Conservando-os devidamente”.

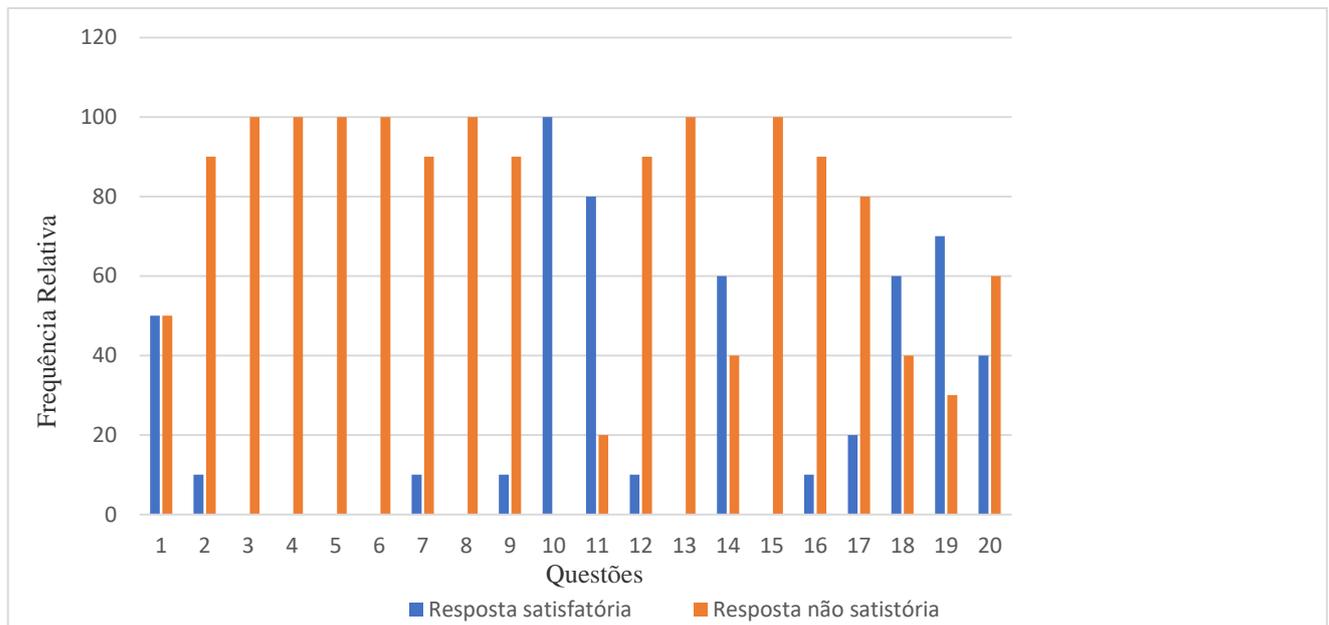
A3, A8: “Não exagerar na compra de alimentos”.

A4: “Transformando-os em adubo para as plantas”.

A1, A5, A6, A7, A9, A10: “Não sei” ou não responderam.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 7 - Síntese das respostas dos estudantes ao questionário prévio.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A sondagem do levantamento de repertório dos estudantes foi fundamental para que o professor elaborasse as atividades da sequência didática de acordo com o nível de sua turma e construísse o conhecimento fazendo sempre uma relação entre aquilo que o aluno já sabia e o que era novo para ele. Guimarães (2009) cita que “quando não há relação entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele está aprendendo, a aprendizagem não é significativa”.

Outro aspecto: fazendo uma análise do **quadro 8** e da **figura 7** observamos que a maioria das respostas dos estudantes são insatisfatórias, pois os alunos não compreendem os conceitos científicos sobre o tema e suas explicações utilizam sobretudo o senso comum. Por exemplo, de acordo com a pergunta 10, os alunos sabem que precisamos ingerir proteínas em nossa dieta alimentar, mas não conseguem explicar o porquê disso cientificamente. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) citam que o professor deve apreender o

conhecimento já construído pelo aluno para problematizá-lo, para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cortejado com o conhecimento científico.

Faz-se necessário confrontar os conhecimentos prévios dos estudantes, desestabilizar suas afirmações, desestruturar as explicações contidas no conhecimento de senso comum para levá-los à compreensão de outro conhecimento, distintamente estruturado (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2009). Por esses motivos, o questionário prévio foi essencial para percebermos o nível de conhecimento sobre o tema dos nossos estudantes e, a partir daí, promovermos a construção de novas aprendizagens.

4.2 A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Após o levantamento dos conhecimentos prévios, foi entregue aos alunos o “**Diário Culinário**”, que continha quatro questionamentos envolvendo as preparações gastronômicas. O primeiro problema – **Problematização geral** – foi apresentado antes de iniciarmos a sequência didática e *solicitava que os alunos explicassem, com base em seus conhecimentos sobre proteínas, os fenômenos ocorridos em três preparações culinárias (ovos de galinha cozidos recheados com maionese, alcatra assada e doce de leite caseiro) elaboradas por uma chefe de cozinha em um restaurante*. Novamente, observou-se explicações contraditórias e lacunas nos conceitos químicos (os alunos desconheciam o termo desnaturação proteica, já observado anteriormente no questionário prévio), todavia, o problema provocou a curiosidade dos discentes fazendo-os perceber a necessidade de aquisição de novos conhecimentos para solucionar o problema proposto. Pois, como diz Carvalho (2018), “o problema surge como elemento promotor da investigação”. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) complementam: “o ponto culminante da problematização é fazer que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém”.

Os outros três questionamentos foram discutidos no início de cada receita culinária, ao longo da sequência didática investigativa, visando despertar nos estudantes a curiosidade e o interesse pelo tema. Como diz Carvalho (2008), “o ensino por investigação é caracterizado por um problema a ser resolvido”. Partimos de quatro problemas, e a partir deles, fomos explorando diversos fenômenos e construindo conhecimentos e habilidades sobre o assunto das Proteínas.

Em seguida, foram realizadas duas **aulas dialogadas** sobre as Proteínas, em que se discutiu suas funções, sua abundância, características e propriedades dos aminoácidos e suas quatro estruturas. Durante a discussão foram exibidos dois **vídeos** e, ao final, os estudantes

foram desafiados a construir, a partir de **modelos moleculares**, a representação dos aminoácidos e de estruturas proteicas. Foram utilizados cliques coloridos, barbantes, máscaras descartáveis, além dos modelos moleculares existentes na escola, como pode ser observado nas fotos abaixo. Inicialmente, alguns alunos demonstraram dificuldade na montagem das moléculas, pois deveriam colocar a cor certa para cada elemento químico. Mas como citou o aluno A7: - “Essa atividade lembra aquelas brincadeiras de montagem de robôs de quando eu era criança”, a tarefa apresentou ludicidade e, com o auxílio do professor, todos os discentes montaram as moléculas corretamente.

Essa atividade foi bastante produtiva e permitiu compreender melhor a estrutura básica dos aminoácidos, além de analisar as cadeias laterais “R” presentes nos mesmos, e entender como elas se ligam entre si, formando as estruturas secundárias. Observou-se ainda tópicos que não estavam previstos anteriormente, como por exemplo, a diferença entre o carbono tetraédrico (carbono quiral do aminoácido) e o trigonal (carbono do grupo carboxila). A **figura 8** abaixo traz o registro dessas aulas.

Figura 8: Aula dialogada com construção de aminoácidos e peptídeos pelos alunos com modelos moleculares.



A: Aluno construindo peptídeos com modelos moleculares; B: Modelos moleculares de um peptídeo pronto; C: Aula dialogada sobre as Proteínas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Nas duas aulas seguintes, foi realizado o **experimento culinário investigativo I** (ovos de galinha cozidos com maionese). Inicialmente, os alunos foram estimulados a responderem ao segundo questionamento: “Segundo a revista *Isto é Gente*, de 25/08/2021, a musa fitness Gracyanne Barbosa afirmou comer 40 ovos por dia. Por que os as claras e as gemas dos ovos cozidos possuem aqueles aspectos? Por que os praticantes de musculação costumam alimentar-se de ovos nas refeições? Ou seja, qual o nutriente existente nos ovos que tem tamanha importância para os esportistas e para que servem?” Mais uma vez as respostas dos alunos apresentaram-se incompletas. Eles não citaram a desnaturação proteica para a mudança de aspecto e não sabiam o nome da principal proteína presente no ovo, mas citaram corretamente que os ovos são ricos nessas biomoléculas.

Enquanto os ovos estavam sendo cozidos na cantina da escola, o professor, juntamente com os discentes, preparou a maionese na própria sala de aula. Durante a preparação da receita culinária, vários tópicos foram sendo abordados por todos, previamente já estabelecidos pelo professor. Foram eles: as substâncias presentes no ovo (clara e gema); as funções das proteínas; os alimentos ricos em proteínas (de origem animal e vegetal); como transformamos a albumina do ovo em proteínas para o nosso corpo; a função da substância lecitina no preparo da maionese e a importância da educação alimentar. Outros aspectos que não estavam previstos anteriormente também entraram em discussão, como o fato de as gemas ficarem esverdeadas após um certo tempo de cozimento ou como descobrir se um ovo está ou não velho.

Todas as sete etapas do método demonstrativo-investigativo (i - formulação de pergunta, ii - observação macroscópica, iii - interpretação submicroscópica, iv - expressão representacional, v - retomada da pergunta inicial, vi - enfoque CTS, vii - geração de resíduos) estiveram presentes nessa dinâmica: i – o questionamento inicial buscava discutir sobre o tema proteínas, suas funções e constituição; ii – a observação macroscópica e as discussões sobre os fenômenos aconteceram durante a realização das preparações culinárias; iii e iv – a interpretação submicroscópica e a expressão representacional foi abordada ao apresentarmos as estruturas dos aminoácidos e as ligações peptídicas através dos modelos moleculares e da aula dialogada; v – a retomada à pergunta inicial utilizou os conceitos científicos discutidos para responder todas as dúvidas dos questionamentos iniciais; vi – o enfoque CTS permitiu debater sobre as implicações de uma má alimentação e a diferença entre alimentos industrializados e *in natura*; vii – a geração de resíduos proporcionou o diálogo sobre o que poderíamos fazer com as cascas dos ovos.

É importante contemplar que as etapas aconteceram de forma bastante homogênea, e os três níveis de representação da Química foram contemplados, como propõem Silva, Machado e Tunes (2019): o macroscópico, onde os processos químicos são observados; o submicroscópico, onde os fenômenos são explicados; e o representacional (simbólico), em que os fenômenos são representados com fórmulas, equações e modelos representacionais.

Estas duas aulas aconteceram de forma bastante agradável. Antes de realizarmos a prática, tínhamos a preocupação de que os estudantes não quisessem participar da dinâmica proposta ou se comportassem de forma indisciplinada. No entanto, a condução das etapas de forma organizada pelo professor, a busca pelas respostas dos questionamentos e, especialmente, a inovação da preparação da receita na escola, tornou a aula uma experiência bastante positiva. Após o preparo, os alunos saborearam a receita na sala de aula. A **figura 9** abaixo traz o registro dessa atividade.

Figura 9: Registros do primeiro experimento culinário.



A



B



C



D

A: Ovos sendo cozidos na cantina da escola; B: Ovos cozidos e maionese prontos para serem consumidos;
C: Estudantes mostrando a maionese no pátio da escola; D: Aula dialogada sobre os ovos

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

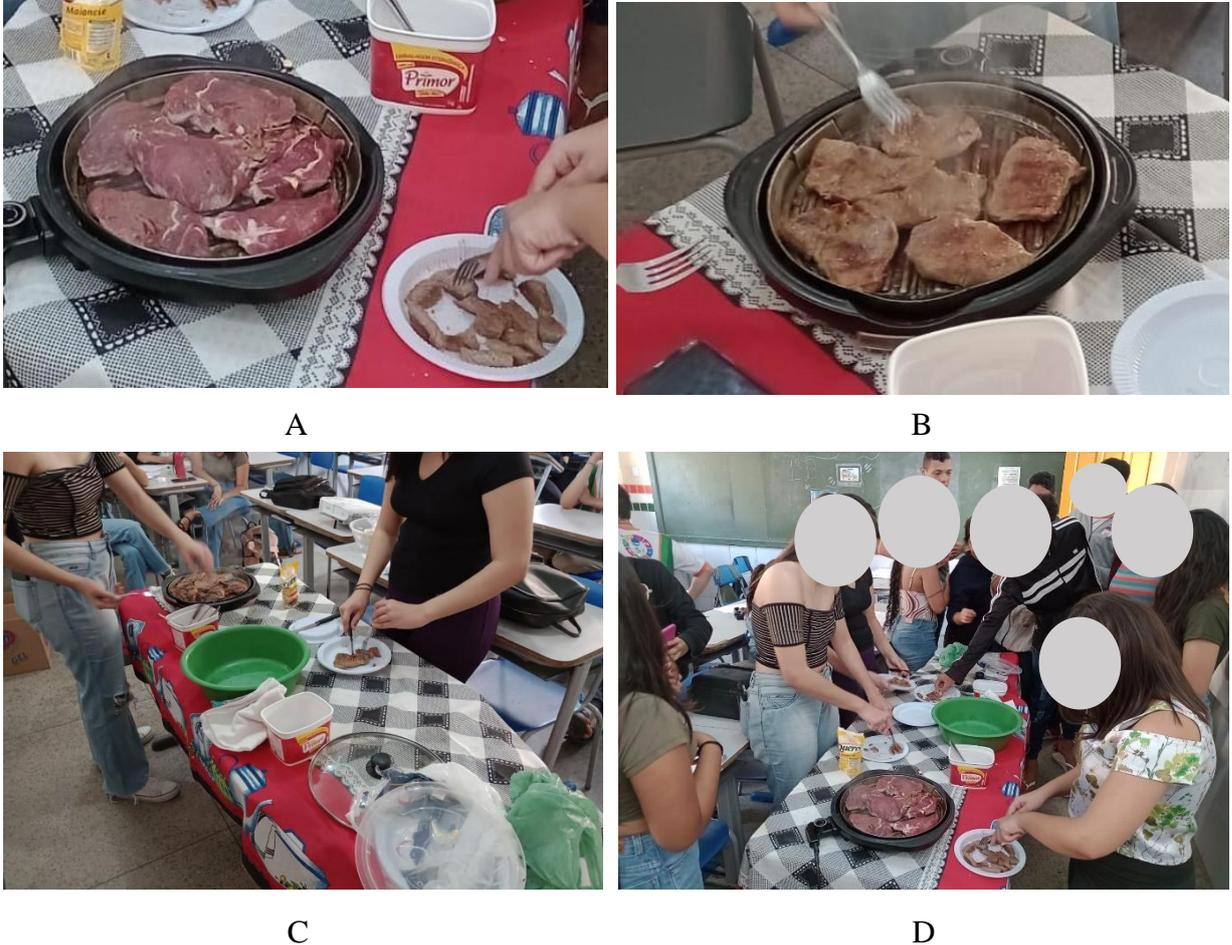
Nas duas aulas seguintes, foram realizados os **experimentos culinários II e III**. Durante a execução do **experimento II** (alcatra assada), foi feito o seguinte questionamento inicial (etapa 1 da atividade experimental demonstrativo-investigativa): *Carnes seladas e assadas ficam com uma casquinha escura e saborosa, além de ficarem vermelhinhas e suculentas por dentro. Qual a relação das proteínas da carne com esses fenômenos?* Alguns alunos citaram, corretamente, que a carne ao ser assada, deveria sofrer reações químicas, e isso provocaria um sabor e aroma agradáveis. Apesar de estarem corretos, eles não sabiam falar em Reação de Maillard ou não sabiam dizer que as proteínas continham a capacidade de reter água, uma das causas da suculência da carne.

O professor organizou todos os materiais previamente e a preparação culinária (etapa 2 da atividade demonstrativo-investigativa) foi conduzida na própria sala de aula, de forma descontraída, mas buscando-se sempre manter o foco nas discussões propostas. Os estudantes participaram de forma bastante dinâmica, demonstrando entendimento aos aspectos estudados. Neste momento foi possível discutir sobre: proteínas da carne e reação de Maillard. Durante a preparação da receita foi ainda possível discutir sobre as estruturas das proteínas e a classificação das mesmas (etapas 3 e 4: interpretação submicroscópica e expressão representacional). Em seguida, retomou-se o questionamento inicial para observar se o conhecimento havia sido apreendido pelos estudantes. Para finalizar, discutiu-se sobre dietas proteicas, problemas de saúde associados a alimentação (obesidade, anorexia, bulimia e doenças cardiovasculares); vantagens e desvantagens de se consumir alimentos proteicos *in natura* e ultraprocessados e desperdício de alimentos. Na etapa 7, os resíduos de carne foram descartados em depósito apropriado e destinados para a alimentação de porcos nas vizinhanças da escola. Observamos que todas as etapas da atividade demonstrativo-investigativa foram evidenciadas de forma articulada e não segmentada, de forma a proporcionar uma maior interação dos estudantes entre si e com o professor. “As atividades investigativas fazem com que os alunos, quando devidamente engajados, tenham um papel intelectual mais ativo durante as aulas” (Zömpero; Laburu, 2019).

Essa dinâmica proporcionou aos estudantes o conhecimento de temas inéditos e a resolução correta a um questionamento evidenciado no seu cotidiano. Zömpero e Laburu (2019) citam que é necessário que as atividades investigativas proporcionem aos estudantes o contato com as novas informações e é necessária a comunicação das novas informações obtidas pelos alunos de forma oral ou escrita. Outro aspecto: observamos que a dinâmica proposta proporcionou a discussão de atitudes responsáveis com o meio ambiente, formando

um indivíduo mais consciente de seu papel na sociedade. A **figura 10** abaixo mostra registros fotográficos do experimento culinário.

Figura 10 - Registros do segundo experimento culinário.



A: carne sendo assada na sala de aula; B: carne já assada (questionamentos sendo realizados pelo professor);
 C: estudantes ajudando a cortar a carne para os demais colegas; D: estudantes degustando a carne assada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em seguida, na cantina da escola, foi feito o **experimento culinário III** (doce de leite caseiro). A aula iniciou com o seguinte questionamento (etapa 1): “*Qual a razão da mudança de textura e da coloração do leite quando ele é aquecido com açúcar? Por que às vezes o leite coalha (coagula, talha) quando a gente ferve? E se pingarmos limão ou adicionarmos microrganismos ao leite, ele também vai coalhar? Qual é o constituinte presente no leite envolvido com a sua coagulação?*”.

A discussão foi bastante significativa. Os alunos A2 e A4 citaram que “*o derretimento do açúcar juntamente com o leite gerava a mudança na sua textura e a coloração amarronzada*”. O aluno A5 disse que “*o leite coagulava porque mudava a estrutura da proteína do leite*”, demonstrando assimilação do conteúdo falado nas aulas anteriores. O aluno A7 citou que “*o leite coagula porque está perto de se estragar*”. Os demais alunos

concordaram com os colegas. Durante o preparo da receita (etapas 2, 3 e 4) foi discutido sobre as proteínas e demais nutrientes do leite; o fenômeno da desnaturação proteica (conceito, agentes causadores, vantagens e desvantagens); a reação de Maillard; as enzimas e a digestão das proteínas. Fez-se a representação, com plásticos maleáveis, de uma proteína normal e uma proteína desnaturada. Evidenciou-se como as enzimas atuam na quebra das moléculas. Foi feita a representação do trajeto do alimento no sistema digestório. Na etapa 5, os estudantes explicaram que o limão desnatura a proteína, pois sua acidez é capaz de modificar sua estrutura tridimensional. O mesmo acontece no estômago humano: a digestão das proteínas inicia-se no estômago, que contém uma substância ácida (ácido clorídrico) que provoca sua desnaturação. Na etapa 6, discutiu-se sobre as implicações sociais e ambientais do consumo de alimentos. Nesta etapa não foram gerados resíduos.

É importante que os estudantes tenham compreendido os assuntos discutidos durante as preparações culinárias para que o problema inicial proposto no início da sequência didática fosse respondido corretamente. A **figura 11** ilustra a produção do doce de leite.

Figura 11 - Registros do terceiro experimento culinário.



A

B

C

A: leite colocado no fogão da escola; B: doce de leite fervendo no fogão da cantina escolar;

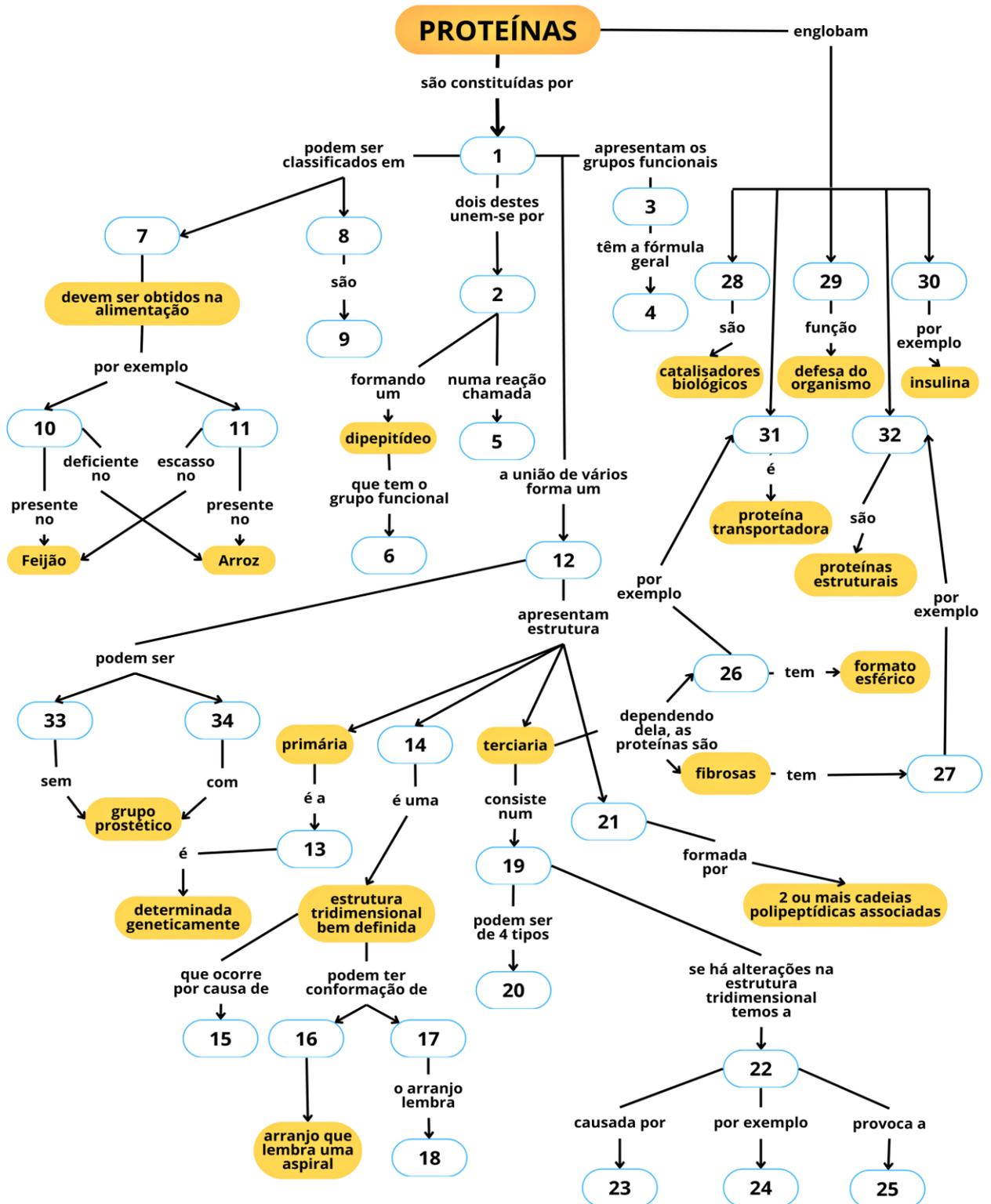
C: doce de leite pronto sendo colocado nas xícaras para os alunos degustarem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na penúltima aula, os estudantes foram desafiados, em duplas, a completarem dois **mapas conceituais** elaborados previamente pelo professor. O primeiro mapa continha informações relacionadas à parte química das proteínas e os estudantes deveriam preencher os 34 (trinta e quatro) espaços vazios com termos que foram estudados durante a sequência didática. Essa atividade tinha como objetivo verificar a aprendizagem dos estudantes. Das 5 (cinco) equipes, 3 (três) conseguiram preencher mais de 80% do mapa corretamente. A equipe “A” acertou todos os termos perfeitamente e as equipes “B” e “C” acertaram 30 termos sem

erros. As outras duas duplas acertaram entre 60% e 80% dos termos. A equipe “D” acertou 25 termos e a equipe “E” acertou 22. Nenhuma equipe obteve resultado inferior a 60%. Observou-se, através dessa tarefa, que os alunos conseguiram compreender corretamente os tópicos relacionados à constituição das proteínas, suas funções, suas estruturas, mas ainda tiveram dificuldades em citar os grupos funcionais dos aminoácidos, ou com informações mais específicas, como o nome da reação entre dois aminoácidos e como ocorrem as ligações que dão origem a estrutura secundária das proteínas, por exemplo. As **figuras 12 e 13** mostram o primeiro mapa conceitual e a realização da atividade pelos discentes e o **quadro 9** contém os termos que preenchem corretamente o primeiro mapa conceitual.

Figura 12 - Primeiro mapa conceitual (sem respostas)

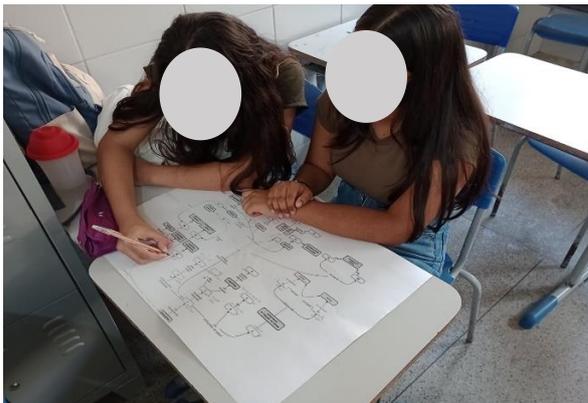


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

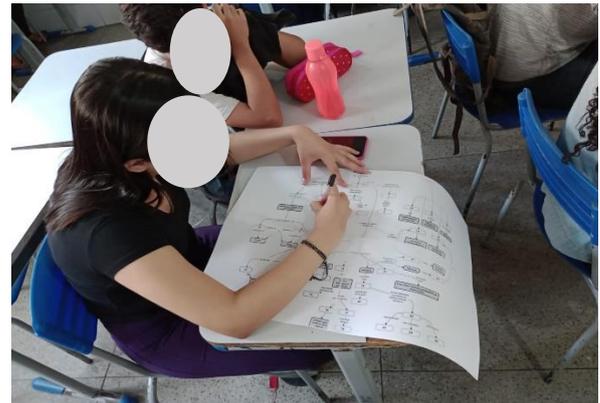
Quadro 9 – Termos que preenchem corretamente o primeiro mapa conceitual

1 – Aminoácidos	19 – Arranjo tridimensional proveniente das interações entre os grupos laterais
2 – Ligações Peptídicas	20 – Ligações de Hidrogênio, iônicas, dissulfeto e interações hidrofóbicas
3 – Amina e Ácido Carboxílico	21 – Quaternária
4 – A fórmula geral está na pág. 24	22 – Desnaturação Proteica
5 – Condensação ou síntese por desidratação	23 – Aquecimento, agitação, mudança de pH, entre outros
6 – Amida	24 – Cozimento de um ovo
7 – Essenciais	25 – Perda da função da proteína
8 – Não essenciais	26 – Globulares
9 – Sintetizados por nosso organismo	27 – Formato de longos filamentos
10 – Lisina	28 – Enzimas
11 – Metionina	29 – Anticorpos
12 – Polipeptídeo ou Proteína	30 – Hormônios
13 – Sequência linear de aminoácidos	31 – Hemoglobina
14 – Secundária	32 – Colágeno e queratina
15 – Ligações de Hidrogênio	33 – Simples
16 – α -hélice	34 – Conjugadas
17 – Folha β -pregueada	
18 – Folha de papel dobrada em ziguezague	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 13 - Estudantes em duplas realizando a atividade avaliativa.

A



B

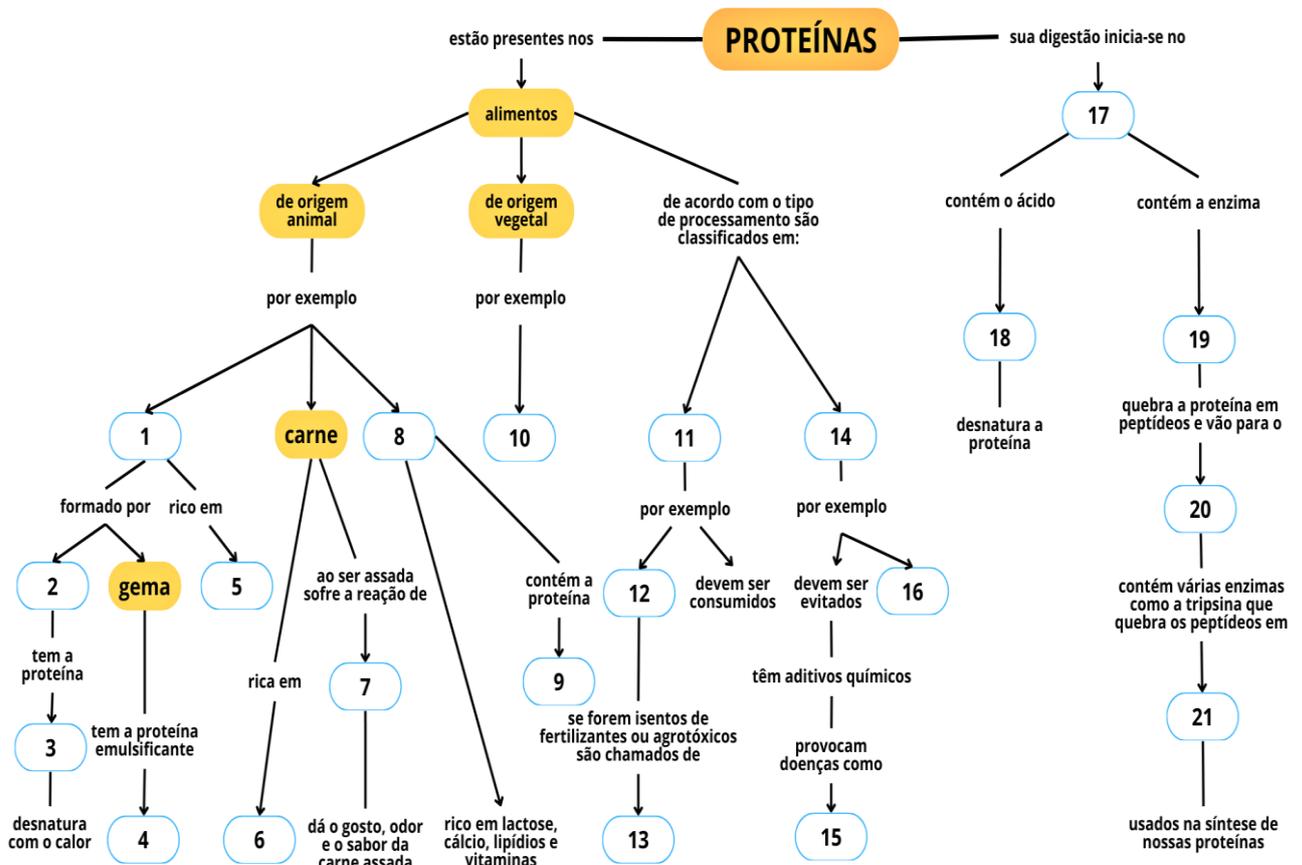
A: Dupla C preenchendo o mapa conceitual; B: Dupla E preenchendo o mapa conceitual.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Em seguida, foi solicitado que os estudantes fizessem a resolução do segundo **mapa conceitual**. Eles deveriam preencher os 21 (vinte e um) espaços vazios do mapa que continha informações sobre: o ovo, a carne e o leite; alimentos *in natura* e ultraprocessados; enzimas e digestão das proteínas. As equipes “A” e “B” preencheram 20 termos corretamente. As equipes “C” e “D” acertaram 18 termos e a equipe “E” acertou 15 termos. Os estudantes tiveram dificuldades em lembrar informações mais específicas, como: o nome da substância existente na gema do ovo de função emulsificante; o nome da proteína do leite; o nome do ácido e da enzima presente no estômago; e o nome da reação que provoca o escurecimento nos alimentos (Maillard). Contudo, todas as duplas preencheram corretamente mais de 70%

do mapa e afirmaram que a resolução deste segundo mapa foi mais fácil do que a resolução do primeiro. Esse segundo mapa continha informações mais relacionadas ao dia a dia dos discentes, enquanto o primeiro não continha informações do cotidiano. As **figuras 14 e 15** mostram, respectivamente o segundo mapa conceitual e a realização da atividade pelos discentes e o **quadro 10** contém os termos que preenchem corretamente o segundo mapa conceitual.

Figura 14 - Segundo mapa conceitual contendo informações sobre os alimentos de base proteica e a digestão das proteínas.

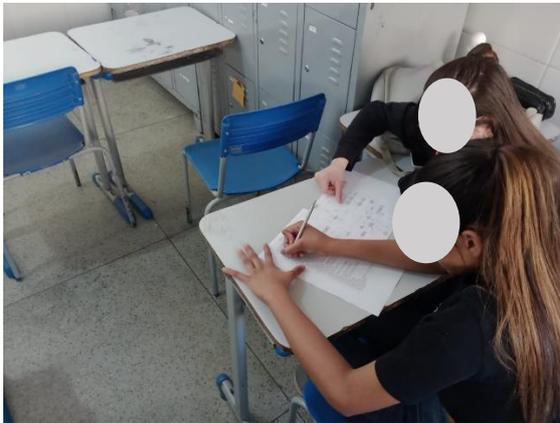


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 10 – Termos que preenchem corretamente o segundo mapa conceitual

1 – Ovo	12 – Frutas, legumes, verduras, raízes, carnes, leite, arroz, leguminosas, castanhas.
2 – Clara	13 – Orgânicos
3 – Albumina	14 – Ultraprocessados
4 – Lecitina	15 – Obesidade
5 – Vitaminas: A, D, E, K, B1, B2, B12; aminoácidos essenciais; ferro, gorduras.	16 – Pratos prontos congelados, empanados, refrigerantes, achocolatados, biscoitos recheados, salgadinhos em pacote, guloseimas em geral, entre outros.
6 – Aminoácidos essenciais, ácidos graxos, vitaminas do complexo B, minerais: Fe e Zn.	17 – Estômago
7 – Maillard	18 – Clorídrico
8 – Leite	19 – Pepsina
9 – Caseína	20 – Intestino delgado
10 – Soja, feijão, trigo, arroz, milho, lentilhas, ervilhas, amendoim, entre outros.	21 – Aminoácidos
11 – <i>In natura</i>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 15 - Resolução do segundo mapa conceitual pelos estudantes.

A



B

A: Dupla A preenchendo o mapa conceitual; B: Dupla D preenchendo o mapa conceitual.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na última aula foi solicitado que os estudantes respondessem individualmente à problematização geral que foi discutida no início da sequência didática:

“Uma chefe de cozinha é chamada por um dos clientes de um restaurante para explicar como produziu uma refeição tão especial, saboreada por ele e por seus convidados em dada noite. Cordial e pacientemente, ela lembrou-lhe o cardápio: i) **uma entrada contendo ovos de galinha cozidos, recheados com maionese caseira**; ii) **como prato principal, uma alcatra assada, perfeitamente selada, caramelizada externamente e succulenta no seu interior**; e, iii) **como sobremesa, um doce de leite, bem cremoso e caramelizado**, também produzido na casa. Depois, ela completou: apenas aproveitei o processo de desnaturação das proteínas dos alimentos utilizados, para preparar e oferecer uma refeição nutritiva e saborosa. Ao final, ainda sorrindo, ela agradeceu a presença e o elogio, e sugeriu que os clientes voltassem para verificar a aplicação desse mesmo processo em

outras preparações deliciosas. Com base em seus conhecimentos sobre proteínas, **explique os fenômenos ocorridos nas três preparações culinárias** saboreadas nessa refeição tão elogiada”.

Dos dez alunos, seis (60%) responderam de forma satisfatória. Sobre o cozimento do ovo, os estudantes citaram que, no aquecimento, a proteína globular albumina presente na clara é desnaturada, mudando de uma solução límpida para um sólido branco. E que esse fenômeno é uma alteração nas estruturas secundárias e terciárias das biomoléculas. Isso mostra que houve entendimento desses estudantes acerca das estruturas das proteínas e do processo de desnaturação. Alguns discentes ainda acrescentaram que a desnaturação das proteínas dos alimentos é algo bom do ponto de vista nutricional, facilitando o processo de digestão. Essa última afirmação mostra que estes discentes compreenderam que o cozimento do alimento não significa a destruição de suas proteínas, como havia sido afirmado antes da sequência didática, e sim, a perda da forma da proteína. Foi citado ainda que a molécula da lecitina, presente na gema do ovo, é um agente emulsificante, sendo responsável pela textura e consistência das maioneses. Em seguida são descritas as respostas de alguns alunos sobre a primeira preparação culinária.

Quadro 11 - Respostas consideradas satisfatórias sobre a primeira preparação culinária.

<p>Aluno A1: <i>“O ovo tem a albumina que coagula ao ser cozido”.</i> Aluno A2: <i>“As proteínas do ovo se desnaturam devido ao calor”.</i> Aluno A4: <i>“Os ovos ao serem cozidos sofrem desnaturação da proteína albumina. A desnaturação é a perda da estrutura terciária da proteína”.</i> Aluno A6: <i>“A responsável pra unir os ingredientes da maionese é uma proteína presente na gema do ovo (não lembro o nome)”.</i> Aluno A8: <i>“A desnaturação é a quebra da estrutura terciária da proteína que ocorre na clara do ovo ao ser cozido”.</i> Aluno A10: <i>“A desnaturação das proteínas dos alimentos é muito boa para a digestão”.</i></p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 12 - Respostas consideradas insatisfatórias sobre a primeira preparação culinária.

<p>Aluno A3: <i>“Não sei”</i> Aluno A5: <i>“Desnaturação”.</i> Aluno A7: <i>“São meio que condensadas as proteínas”. “Os ovos acabam perdendo as suas proteínas com o cozimento”.</i> Aluno A9: <i>“Por causa da desnaturação”.</i></p>
--

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Sobre os fenômenos envolvidos na preparação da carne assada, sete (70%) alunos afirmaram que o calor provoca a desnaturação de suas proteínas, e também pode haver endurecimento da carne devido à perda de água. As modificações na cor, no aroma e no sabor da carne ocorrem devido a uma série de reações que formam pigmentos escuros. Essa reação é chamada Reação de Maillard e também é a responsável pelo dourado no pãozinho, no café

torrado, no chocolate, nos bolos e outros. Apesar dos sete alunos citarem a Reação de Maillard, eles não souberam explicar que a reação ocorre entre um açúcar e um aminoácido e que nesta reação a mioglobina, que dá a cor vermelha da carne se transforma em melanoidinas, de coloração amarronzada. Foi citado ainda que a carne é rica em aminoácidos essenciais, além de ácidos graxos, vitaminas e minerais, como o ferro. Os outros alunos não falaram na reação de Maillard e citaram apenas que o aumento da temperatura provoca transformações químicas na carne que alteram sua estrutura. Os estudantes não lembraram de citar que a suculência e maciez da carne também está associada à sua capacidade de retenção de água pelas proteínas da própria carne. Em seguida são descritas as respostas de alguns alunos sobre a segunda preparação culinária.

Quadro 13 - Respostas consideradas satisfatórias sobre a segunda preparação culinária.

<p>Aluno A1: <i>“Carne Assada: Há a desnaturação das proteínas da carne por causa do aquecimento, havendo também a reação de Maillard, que dá o gosto, o cheiro e a nova cor da carne.</i></p> <p>Aluno A2: <i>“A reação de Maillard é a responsável pela cor marrom da carne assada e só ocorre em temperaturas altas.</i></p> <p>Aluno A4: <i>“Carne: Desnaturação das fibras musculares e reação de Maillard.</i></p> <p>Aluno A6: <i>“Provavelmente ocorre também pela desnaturação das proteínas da carne e há acúmulo de líquidos em seu interior”</i></p> <p>Aluno A7: <i>“A carne sofre várias reações, dentre elas a reação de Maillard. Mas se ficar muito tempo no fogo ela fica dura, pois perde água”.</i></p> <p>Aluno A8: <i>“Na reação de Maillard uma substância se transforma em outra que dá a cor marrom à carne assada.</i></p> <p>Aluno A10: <i>“A reação de Maillard muda a cor dos alimentos que vão ao forno como o pão, bolos, etc”</i></p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 14 - Respostas consideradas insatisfatórias sobre a segunda preparação culinária.

<p>Aluno A3: <i>“A carne mudou sua estrutura pois foi ao fogo”</i></p> <p>Aluno A5: <i>“Reação química”.</i></p> <p>Aluno A9: <i>“Não sei responder”.</i></p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Sobre os fenômenos envolvidos na preparação do doce de leite, 06 (60%) alunos deram respostas consideradas satisfatórias, pois continham os conhecimentos bioquímicos abordados na aula. Os discentes afirmaram que o leite apresenta a proteína caseína, além de carboidratos (lactose), lipídios, vitaminas e minerais, como o cálcio. Eles citaram que a reação de Maillard também ocorre na preparação do doce de leite. Entretanto, não souberam explicar que esta reação ocorre entre o açúcar – que pode ser a galactose – com o aminoácido – que pode ser as lisinas presentes na caseína, havendo reação em cadeia e formando ao final as melanoidinas. Observou-se com as respostas dos alunos que eles compreenderam, em parte, os fenômenos ocorridos no preparo dos alimentos. Em seguida são descritas as respostas dos dez alunos sobre a terceira preparação culinária.

Quadro 15 - Respostas consideradas satisfatórias sobre a terceira preparação culinária.

Aluno A1: *“A proteína do leite coagula no fogo, dando-lhe coloração amarronzada devido as reações que vão acontecendo até virar o doce”.*
 Aluno A2: *“O açúcar deve ser adicionado ao leite depois que ele ferve, pois em alta temperatura a reação de Maillard ocorre melhor”.*
 Aluno A4: *“A reação de Maillard também acontece no doce de leite. A proteína do leite é a caseína. O leite tem cálcio e lactose”.*
 Aluno A5: *“Desnaturação da caseína que é uma proteína”.*
 Aluno A6: *“O leite apresenta a proteína caseína e o açúcar é adicionado na preparação do doce. Tem-se aí os dois ingredientes básicos para que haja a reação de Maillard.”*
 Aluno A10: *“O leite ao ser aquecido com açúcar sofre reação de Maillard e as proteínas coagulam. O leite é rico em vitaminas, cálcio, lactose, água.”*

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 16 - Respostas consideradas insatisfatórias sobre a terceira preparação culinária

Aluno A3: *“A lactose do leite”*
 Aluno A7: *“Reações que acontecem no leite”*
 Aluno A8: *“O açúcar derrete no leite”*
 Aluno A9: *“O açúcar dissolve com o leite”.*

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Fazendo uma análise das respostas dos estudantes às atividades avaliativas, pôde-se observar que houve uma evolução no entendimento da temática Proteína, visto que no início da sequência didática nenhum aluno soube responder questões simples a respeito da constituição, estrutura ou desnaturação das proteínas, e, após a metodologia aplicada, grande parte dos estudantes (60%) conseguiu relacionar a desnaturação proteica com o processo de quebra das estruturas secundária e terciária de uma proteína. Além disso, a maior parte dos discentes (70%) conseguiu solucionar os mapas conceituais de forma correta, revelando a aprendizagem do assunto estudado.

Carvalho e Perez (2001) citam que “[...] é preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras [...]” e as receitas culinárias tornaram as aulas mais descontraídas, despertando o interesse dos estudantes para as atividades propostas. Os alunos puderam evidenciar que os conhecimentos químicos são importantes para entendermos os fenômenos que ocorreram nas preparações, e que cada ingrediente é formado por moléculas que apresentam uma propriedade importante para aquela receita. Finalmente, durante o preparo da refeição, despontaram outros questionamentos envolvendo a Química e a culinária, assim como vários conceitos científicos foram explorados além do estudo das proteínas e dos alimentos: reações químicas, emulsão e agente emulsificante, ponto de ebulição, densidade, interações intermoleculares, geometria molecular, carbono quiral e trigonal, carboidratos, lipídios, vitaminas, sais minerais, grupos funcionais, funções orgânicas, digestão, enzimas e ácidos.

Observou-se que as três atividades experimentais culinárias se complementaram, pois promoveram o estudo de todas as temáticas relacionadas às proteínas, que são recomendadas nos documentos oficiais da educação. Durante o primeiro experimento estudou-se sobre a importância das proteínas e sua constituição básica. A segunda receita culinária permitiu dialogar sobre as estruturas das proteínas e a classificação das mesmas. Com o terceiro experimento enfatizou-se a desnaturação proteica, o papel das enzimas e a digestão das proteínas no organismo. Entretanto, o planejamento dessas atividades foi feito com bastante antecedência, já que precisávamos do auxílio das merendeiras, dos próprios estudantes e de materiais incomuns em uma sala de aula como a churrasqueira elétrica, o liquidificador e os alimentos.

Outro ponto que merece ser destacado é a realização de experimentos fora do laboratório de Ciências, pois, como diz Silva, Machado e Tunes (2019), “há necessidade de se modificar drasticamente o que entendemos por laboratório, ampliando o conceito de atividades experimentais. Nesta ampliação cabem como atividades experimentais aquelas realizadas em espaços como a cozinha da escola”. Notou-se que a saída da sala de aula para a cantina já proporcionou uma participação maior dos estudantes e oportunizou a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos conceituais, pois mais importante do que o experimento em si foram as discussões que ele provocou na turma. Existem muitos fatores que influenciam na aprendizagem dos estudantes, contudo, as atividades experimentais problematizadoras têm poder contributivo na aquisição de novos conhecimentos.

É importante salientar que o Documento Curricular Referencial do Ceará: etapa ensino médio (2021) destaca o “estudo das bases químicas da vida e sua relação com a função dos alimentos”. E de acordo com Leal e Fonseca (2013), “uma sequência didática precisa abordar estratégias de ensino diversificadas”. Vê-se que a sequência didática proposta nesta pesquisa utiliza o estudo das proteínas fazendo a associação com a culinária, utilizando ainda metodologias diversificadas para oportunizar a aprendizagem dos discentes.

De modo geral, os estudantes apresentaram-se bastante interessados nas atividades propostas, e ficaram ainda mais envolvidos durante as preparações das receitas culinárias, o que fez com que eles tivessem uma melhor participação nas discussões propostas nesses momentos, tornando o ensino-aprendizagem mais significativo, menos abstrato, evidenciando que a culinária e a temática dos alimentos podem contribuir positivamente para o ensino de Química.

Após a aplicação da pesquisa com os estudantes, construiu-se o produto didático com o título: Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição

completa. O produto educacional apresenta, inicialmente, a problematização geral, que deve ser discutida com os estudantes a fim de avivar sua curiosidade sobre o tema Proteínas. Em seguida, são apresentadas as três receitas culinárias mostradas nesta pesquisa. E cada preparação envolve: objetivos a serem alcançados; problematização inicial; método de preparo da receita; questionamentos acerca do alimento proteico e da preparação culinária; informações sobre o conteúdo proteínas; texto sobre a temática alimentos; sugestão de vídeos; utilização de modelos moleculares; e resolução de mapas conceituais, sendo que este último pode ser utilizados como atividade avaliativa. Portanto, o produto educacional segue uma sequência linear que pode ser trabalhada pelos professores, abrangendo todo o conteúdo das Proteínas, de forma contextualizada com a preparação culinária, com as transformações químicas e físicas que são observadas ao longo do experimento e com as funções dos alimentos em nossas vidas. Ele foi idealizado de acordo com a metodologia demonstrativo-investigativa, proposta por Silva, Machado e Tunes (2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que, inicialmente, os estudantes exibiam poucos conhecimentos científicos sobre o tema “alimentos”, a partir da utilização de conceitos relacionados ao conteúdo “proteínas”. Nesse contexto, exibiam concepções equivocadas, carregadas de compreensões cientificamente inadequadas ou erradas, que os levavam a confundir as proteínas com outras biomoléculas orgânicas e até com os sais minerais. Parte da problemática constatada antes da aplicação da SDI também envolvia o desconhecimento sobre os aminoácidos e de suas funções como constituintes proteicos; os estudantes sequer associavam o termo aminoácido às proteínas. De modo semelhante, desconheciam como metabolizamos e produzimos essas biomoléculas em nosso organismo. Um aspecto positivo é que eles conheciam alguns alimentos com concentração acentuada de proteínas, contudo, citavam outras fontes alimentícias que são mais ricas em outros nutrientes, demonstrando um conhecimento parcial do assunto.

A SDI permitiu a realização de uma abordagem temática e interdisciplinar do conteúdo proteínas, entre a Química e a Biologia. A associação entre as proteínas e a temática alimentação permitiu operacionalizar junto aos estudantes uma relação entre a ciência Química e a realidade cotidiana. Essa forma de contextualização no ensino de proteínas via receitas culinárias e a alimentação contribuindo positivamente na formação cognitiva dos estudantes. Conforme verificado nas observações das aulas realizadas, nos diários culinários e na resolução dos mapas conceituais, os estudantes conseguiram demonstrar compreensões de conteúdos químicos relacionados às proteínas, em relação à constituição, estrutura e desnaturação. Também demonstraram entendimentos em assuntos associados aos 3 (três) alimentos proteicos explorados nas receitas culinárias (ovo, carne e leite), quanto aos nutrientes presentes nos alimentos e processos químicos sofridos ao longo das preparações culinárias.

A abordagem dos experimentos culinários mostrou-se uma estratégia bastante destacada para o processo de aprendizagem de conteúdos químicos. O conjunto dos 3 (três) experimentos culinário-proteicos, baseados em uma refeição completa, efetivaram-se em receitas atrativas, de fácil execução e realizadas em tempo hábil. Eles puderam ser realizados na presença dos estudantes, que auxiliaram nos procedimentos iniciais e finais - na organização e limpeza do material, do equipamento e do ambiente - sem atrapalhar a rotina da cantina escolar. O preparo dos pratos aconteceu de forma bastante prazerosa, com o

engajamento dos estudantes, de forma descontraída e sem desordem, diferente de algumas aulas experimentais realizadas em outras circunstâncias.

A SDI permitiu constatar a possibilidade de se efetuar atividades experimentais em espaços não formais, indicando a opção de realizar a experimentação (bio)química sem a necessidade de laboratórios específicos. Além disso, a realização dos experimentos culinários na escola também possibilitou a vinculação de outras estratégias de ensino para a abordagem do conteúdo bioquímico: resolução de problemas, aulas dialogadas, construção de modelos moleculares, vídeos didáticos, leitura de textos e resolução de mapas conceituais. As diferentes estratégias de ensino utilizadas contribuíram para tornar as aulas mais dinâmicas, estimulando os estudantes a participarem mais ativamente e a abordagem exitosa do tema, ficando mais animados e participativos nas tarefas propostas, do que normalmente verificado no dia a dia da rotina escolar.

Apesar de todo empenho em elaborarmos uma sequência didática que possa ser aplicada em sala de aula, observamos que a mesma apresenta limitações: a quantidade de conteúdos propostos e atividades a serem desenvolvidas pode demandar um número maior de aulas. Por exemplo, não abordamos o processo da síntese de proteínas (tradução) de forma detalhada, contudo, é uma temática que pode ser explorada de forma pormenorizada.

A sequência didática com os experimentos demonstrativo-investigativos culinários está presente no e-book “Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição completa”, com o objetivo de disseminar em outros docentes a tarefa de ensinar de forma prazerosa, dinâmica, contextualizada, propiciando a discussão de questionamentos presentes no cotidiano dos estudantes.

Esperamos que os resultados obtidos nesta pesquisa contribuam para promover o interesse pela realização de atividades semelhantes por outros professores em sala de aula. Que as potencialidades e as limitações deste trabalho desafiem outros pesquisadores a novos estudos, para que sejam vivenciadas novas experiências e contribuições importantes para o campo do ensino de Química. Que a experiência aqui vivenciada estimule outras ideias. Por exemplo, vários outros aspectos relacionados ao tema alimentos proteicos podem ser explorados, como: a influência da temperatura nas preparações gastronômicas ou a utilização da cachaça ou do vinho como um ingrediente que realça o sabor dos alimentos. De modo semelhante, podem ser utilizadas outras receitas culinárias para a aprendizagem de conhecimentos químicos, além dos relacionados às proteínas. Portanto, há muitas possibilidades de pesquisa sobre o tema. Aos que se interessarem: desejamos-lhes que sejam tão boas e saborosas quanto a nossa!

REFERÊNCIAS

- ABIA (Associação brasileira da indústria de alimentos); ITAL (Instituto de tecnologia de alimentos). **Alimentos industrializados: quer saber mais?** 2021. Disponível em: z2021113Alimentocienciafolder.pdf (abia.org.br)
- ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- ALCÂNTARA, N. R.; MORAES FILHO, A. V. Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de bioquímica: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. **Revista de Ensino de Bioquímica**. São Paulo, v. 13, n. 3, p. 54-72, 2015.
- ALMEIDA, A. G. C. **Elaboração de um manual de experimentos de Bioquímica para professores do ensino Médio**. 2020. 170 p. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de Biologia em rede nacional – PROFBIO). UnB, Brasília. 2020.
- ALMEIDA, C. C.; CARLOS A. C. J.; OLIVEIRA, A.C. Proteína do soro do leite: composição e suas propriedades funcionais. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1840-1854. 2013.
- ANDRIGUETTO, J. M. *et al.* **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**: revisão 92. Curitiba: Nobel, 2002. 140 p.
- ANGELOS, A. G. dos. **Produção de queijos - uma temática para o ensino de química no Agreste Pernambucano através de uma sequência didática**. 2021. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso. UFPE, Caruaru-PE. 2021.
- ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri-SP: Manole, 2003.
- ANTUNES, C. **Vygotsky, quem diria?! Em minha sala de aula**. 10 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.
- ARAUJO, C. M.; FONSECA, M. R.; LEAL, A. D. Sequência didática sobre paleontologia: uma experiência com alunos do ensino fundamental. **Educon**, Aracaju, v. 11, n. 1, p.1-8, 2017.
- AZEVEDO, E. de. **Alimentos orgânicos**: ampliando os conceitos de saúde humana, ambiental e social. São Paulo: Editora Senac, 2012.
- BALDASSO, C. **Concentração, purificação e fracionamento das proteínas do soro lácteo através da tecnologia de separação por membranas**. 2008. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.
- BALDWIN, D. E. Sous vide cooking: a review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p. 15-30, 2012.
- BARBOZA, D. A. P. **Desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio de uma sequência de aulas experimentais investigativas de química orgânica no ensino médio**.

2021. 135 p. Dissertação (Mestrado profissional em Química em rede nacional – PROFQUI). UFRGS, Porto Alegre. 2021.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARROS, A. A. de; BARROS, E. B. de P. **A química dos alimentos: produtos fermentados e corantes** (Coleção Química no cotidiano). v. 4. São Paulo: SBQ, 2010. 88 p.

BEGO, A. M.; ALVES, M.; GIORDAN, M. O planejamento de sequências didáticas de química fundamentadas no modelo topológico de ensino: potencialidades do Processo EAR (Elaboração, Aplicação e Reelaboração) para a formação inicial de professores. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, p. 625-645, 2019.

BELL, P. Design of a food chemistry-themed course for nonscience majors. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 10, p. 1631-1636, 2014.

BERTECHINI, A. G. Mitos e verdades sobre o ovo e consumo. In: **Conferência APINCO 2001 de Ciência e Tecnologia Avícolas**. Santos, v.1, p.19-26. 2003.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001.

BORBA, C. M. *et al.* Avaliação físico-química de hambúrguer de carne bovina e de frango submetidos a diferentes processamentos térmicos. **Brazilian Journal of Food & Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 1-7. 2013.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC/Semtec, 2020.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. v. 2. Brasília: MEC/Semtec, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (PCNEM) - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Ensino Médio - Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde, Secretaria de atenção à saúde, Departamento de atenção básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL, R. B. *et al.* Estrutura e estabilidade das micelas de caseína do leite bovino. **Ciência Animal**, v. 25, n. 2, p. 71-80, 2015.

BREWER, M. S. *et al.* Thermal gelation properties of myofibrillar protein and gelatin combinations. **Journal of Muscle Foods**. Connecticut, v. 16, n. 2, p. 126-140, 2005.

BRUCE, P. Y. **Química Orgânica**. 4 ed. v. 2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CALIL, V. M. L. T.; FALCÃO, M. C. Composição do leite humano: o alimento ideal. **Revista de Medicina**. São Paulo, 82.1-4:1-10. 2003.

CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. **Bioquímica**. 5 ed. Editora Combo, 2007.

CAMPOS, Ana Cristina. **IBGE: Insegurança alimentar grave atinge 10,3 milhões de brasileiros**. Agência Brasil. Rio de Janeiro: 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-09/ibge-inseguranca-alimentar-gravatinge-103-milhoes-de-brasileiros>.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. de (org.) **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. de; PEREZ, D G. O saber e o saber fazer dos professores. In.: Castro, A.D. e Carvalho, A.M.P. de. **Ensinar a Ensinar: Didática para a escola fundamental e média**. São Paulo: Pioneira Thonsom Learning, 2001.

CARVALHO, J. C. Q. de; COUTO, S. G. do; BOSSOLAN, N. R. S. Algumas concepções de alunos do ensino Médio a respeito das proteínas. **Revista Ciência e Educação**. Bauru, v. 18, n. 4, p. 897-912, 2012.

CEARÁ, Secretaria da Educação do Estado do Ceará. **Diretrizes e Orientações Pedagógicas: Escolas de Ensino Médio em tempo integral - EEMTI**. Fortaleza: SEDUC, 2020.

CEARÁ, Secretaria da Educação do Estado do Ceará. **Documento Curricular Referencial do Ceará: educação infantil e ensino fundamental**. Fortaleza: SEDUC, 2019.

CEARÁ, Secretaria da Educação do Estado do Ceará. **Documento Curricular Referencial do Ceará: ensino Médio (versão preliminar)**. Fortaleza: SEDUC, 2021.

CHEMELLO, E. A Química na Cozinha apresenta: As cebolas. **Série Química na cozinha**. São Paulo: Editora cia da escola - Zoom, 2005.

CHRISTENSEN, L. B. *et al.* Effect of prolonged heat treatment from 48 °C to 63 °C on toughness, cooking loss and color of pork. **Meat Science Barking**, v. 88, n. 2, p. 280-285, 2011.

CONSIDINE, T. *et al.* Interaction of milk proteins during heat and high hydrostatic pressure treatments. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 8, 1-23, 2007.

- CORNFORTH, D. Spectrophotometric and reflectance measurements of pigments of cooked and cured meats. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, New York, v. 3, n. 2, 2011.
- CORREIA, P. R. M. *et al.* Bioquímica como ferramenta interdisciplinar: Vencendo o Desafio da Integração de Conteúdos no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 19, p. 19-23, 2004.
- COSTA, C. da; SANTOS, E. R. dos; GALEMBECK, E. O vigésimo primeiro e o vigésimo segundo aminoácidos: o código genético expandido. **Genética na escola**. v. 11. nº 02, 2016.
- COSTA, R. G. *et al.* Características sensoriais da carne ovina: sabor e aroma. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 157-171, 2009.
- COUTO, M. Diversidade nas técnicas de esterilização. **Revista da Sociedade Brasileira de Controle de Contaminação (online)**. v. 53, p. 10-17, 2012.
- COZZOLINO, S. M. F. *et al.* **Grupo das carnes e ovos**. In Pirâmide dos alimentos – fundamentos básicos da nutrição / Org. Sonia Tucunduva Philippi. 2. ed. Barueri-SP: Ed. Manole, 2015.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- DELLA TORRE, J. C. M. D.; BERAQUET, N. J. Composição centesimal e teor de colágeno em carne bovina moída. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 64, n. 2, p. 223-231, 2005.
- DUARTE, D. M. **Abordagem interdisciplinar no ensino de Bioquímica através de aulas práticas em escola pública estadual de Fortaleza-CE**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em ensino de Biologia em rede nacional – PROFBIO). UECE, Fortaleza.
- DUNKER, K. L. L. *et al.* **Grupo do leite, queijo e iogurte**. In Pirâmide dos alimentos – fundamentos básicos da nutrição / Org. Sonia Tucunduva Philippi. 2. ed. Barueri-SP: Ed. Manole, 2015.
- FERREIRA SEGUNDO, R. *et al.* Salmonelose ocasionada por produtos de origem animal e suas implicações para saúde pública: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3715-3746, 2020.
- FERRIER, D. R. **Bioquímica ilustrada**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.
- FIGUEIRA, A. C. M.; ROCHA, J. B. T. da. Concepções sobre proteínas, açúcares e gorduras: uma investigação com estudantes de ensino básico e superior. **Revista Ciências & Ideias [recurso eletrônico]**. Nilópolis, RJ. vol. 7, n. 1, p. 23-34, 2016.

FRANCISCO JR, W. E. Bioquímica no ensino médio?! (De)Limitações a partir da análise de alguns livros didáticos de Química. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 2, 2007.

FRANCISCO JR, W.E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para aplicações em salas de aula de ciências. **Revista Química Nova na Escola**. n. 30, p. 34-41, 2008.

FREITAS FILHO, J. R. de. *et al.* Modelos Mentais dos Estudantes do Ensino Médio e a Química dos alimentos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. v. 2, n. 3, 2009.

GARCÍA-SEGOVIA, P. *et al.* Effect of cooking method on mechanical properties, colour and structure of beef muscle (M). pectoralis. **Journal of Food EngineeringEssex**, v. 80, n. 3, p. 813-821, 2007.

GIL, P.; TORREGROSA, J. M. **La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa**. Madri: Ministério de Educación y Ciencia, 1987.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F.; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre a sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Campinas, v. 8, p. 1-12, 2011.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 2, p. 187-207, 2008.

GOMES, P. E. de B. **Desenvolvimento de ovoproduto à base de gema de ovo para fios de ovos**. 2012. 128 p. Dissertação de mestrado em Biotecnologia. Universidade de Aveiro.

GONÇALVES, F.P.; GALIAZZI, M.C. **A natureza das atividades experimentais no ensino de Ciências: um programa de pesquisa educativa nos cursos de Licenciatura**. In: MORAES, R.; MANCUSO, R. (Orgs.). Educação em Ciências: produção de currículos e formação de professores. Ijuí: Unijuí, 2004. p. 237-252.

GONDIM, M. S. **Ensino de Ciências: Sequência Didática Multissensorial sobre Solos**. 2016. 64f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**. v. 31. n 3, p. 198-202, 2009.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Elementos para validação de sequências didáticas. **Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 9, p. 1-8, 2013.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 875-882, 2011.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C. de; PAULA, H. de. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de nutrição**, v. 19, p. 479-488, 2006.

HAUMONT, R. **Um químico na cozinha**: a ciência da gastronomia molecular. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2016.

HOMRICH, A. M.; RUPPENTHAL, N.; MARQUES, C. A. Alimentação e o ensino de química: uma análise de livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018. **Química nova na escola**. São Paulo, v. 41, n. 1, p. 108-116, 2019.

HOPPE, T. D. **O uso de imagens digitais na química**: um experimento didático para a determinação de proteínas em amostras de alimentos. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Blumenau. Licenciatura em Química. 2021.

JELLEN, P.; RATTRAY, W. Thermal denaturation of whey proteins. In: **HeatInduced Changes in Milk**, 4, p. 66-85, Brussels: IDF, 1995.

JIMENEZ, A. M. P.; PUIG, B. **Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias**: el caso de la inteligencia. *Alambique*. v. 15, n. 63, p.11-18, 2010.

KING, N. J.; WHYTE, R. Does it look cooked? A review factors that influence cooked meat color. **Journal of Food Science Champaign**, v. 71, p. 31-40, 2006.

KONG, F. B. *et al.* Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. **Journal of Food Engineering**. v. 83, n. 4, p. 510-520, 2007.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LEAL, M. C. **Didática da Química** - fundamentos e práticas para o ensino médio. Belo Horizonte: Editora Dimensão, 2009.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. Rio de Janeiro: E.P.U, 1986.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia**. Editora Axcel Books, 2004.

MARCELINO JR, C. de A. C. **Desenvolvimento de um sistema didático para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, em licenciandos em Química, na perspectiva da teoria de P. Ya Galperin**. 2014. 317f. Tese (Doutorado em Educação). Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2014.

MARCHON, A. **Experimentos culinários como metodologia para o ensino de Química nas escolas de nível médio**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em ensino de Química em rede nacional – PROFQUI). UFRJ, Rio de Janeiro.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

MAZZUCO, H. **Ovo: alimento funcional perfeito à saúde**. Instituto ovos brasil. 2008. Disponível em: Microsoft Word - ArtigoHelenice_RevAvicInd (ovosbrasil.com.br). Acesso em: 01/02/2022.

McMURRY, J. **Química Orgânica** - vol. 2. Editora CENGAGE Learning. Tradução da 6ª Edição Norte Americana, 2008.

MELO, A. G. de; SANTOS, M. L. dos; ARAÚJO, C. S. T. Sequências didáticas no ensino de química: possibilidades para a experimentação. **Revista Ciências & Ideias**, v. 12, n. 3, p. 173-193, 2021.

MELO, A. S. de. **Educação alimentar e nutricional: Estratégias lúdicas facilitadoras do ensino de Biologia na Educação de Jovens e Adultos**. 2019, Dissertação (Mestrado Profissional em ensino de Química em rede nacional – PROFQUI). UFPB, João Pessoa.

MIRANDA, M. de S.; MARCONDES, M. E. R.; SUART, R. de C. Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de Química: contribuições para a formação inicial docente. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 17, p. 555-583, 2015.

MÓL, G. de S. Pesquisa qualitativa em ensino de Química. **Revista Pesquisa Qualitativa**. v. 5. n. 9. p. 495-513. 2017.

MORAES, C. da S. *et al.* **Métodos experimentais no estudo de proteínas**. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, 2013.

MORAES, F.; RODRIGUES, N. S. S. Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 2. ed. Campinas: Papirus, 2007.

MOREIRA, E. de C. **Análise das características investigativas expressas em uma sequência didática sobre alimentação**. 2015. Monografia. Especialização em Ensino por Investigação. Universidade Federal de Minas Gerais.

MORRISON, R.T.; BOYD, R.N. **Química orgânica**. 14 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2005.

MURRAY, R. K. *et al.* **Bioquímica ilustrada de Harper**. 29 ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

NASSU, R. T.; TULLIO R. R. **Qualidade de carne**. Embrapa Pecuária Sudeste - Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SEMANA DO ESTUDANTE, 18, 2007, Anais... São Carlos, SP. Palestras... São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- NGUYEN, J. G.; KEUSEMAN, K. J. Chemistry in the kitchen laboratories at home. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 9, p. 3042-3047, 2020.
- NIKMARAM, P. *et al.* The effect of cooking methods on textural and microstructure properties of veal muscle (Longissimus dorsi). **Global Veterinaria**. Pakistan, v. 6, p. 201-207, 2011.
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.
- OLIVEIRA, N. de; SOARES, M.H.F.B. **As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico**. In: XV encontro nacional de ensino de química, Brasília: Universidade de Brasília, 2010.
- ORNELAS, L. H. **Técnica dietética** - seleção e preparo de alimentos. 8 ed. São Paulo: Atheneu, 2007.
- PAIS, L. C. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.
- PALERMO, J. R. **Bioquímica da Nutrição**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2014.
- PAZ, I. D. da; LEÃO, M. F. O uso de estratégias de ensino diferenciadas para promover aprendizagens significativas em aulas de química. **Revista Educação - UNG - Ser**, v. 13, n. 1, p. 45-58, 2018.
- PAZINATO, M. S. **Alimentos: uma temática geradora do conhecimento químico**. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da vida e Saúde). UFSM, Santa Maria-RS.
- PEIXOTO, M.; PINTO, H. S. **Desperdício de Alimentos**: questões socioambientais, econômicas e regulatórias. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/ Senado, fevereiro/2016 (Boletim Legislativo nº 41, de 2016).
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale. 2013.
- PUGGIAN, C.; MORAIS, Z. F. B. de; LOPES, C. V. N. B. Ensino de reações químicas em laboratório: articulando teoria e prática na formação e ação docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 3, p. 697-708, 2012.
- RAJENDIRAN, N.; THULASIDHASAN, J. Study of the binding of thiazolyazoresorcinol and thiazolyazocresol dyes with BSA and adenine by spectral, electrochemical and molecular docking methods. **Canadian Chemical Transactions**, v. 3, p. 291-307, 2015.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

ROSA NETO, C. *et al.* **Qual é a participação da agricultura familiar na produção de alimentos no Brasil e em Rondônia?** Embrapa, Rondônia: 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55609579/artigo---qual-e-a-participacao-da-agricultura-familiar-na-producao-de-alimentos-no-brasil-e-em-rondonia>.

RUÍZ, J. Cocina al vacío y a temperaturas controlada. **Revista de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular**. Barcelona, v. 166, p. 11-14, 2010.

RUÍZ, J. *et al.* Science and technology for new culinary techniques. **Journal of Culinary Science & Technology**. Binghamton, v. 11, n. 1, p. 66-79, 2013.

SANTANA, F. C. de O. **Caracterização, capacidade espumante e estabilidade de espumas de claras de ovos frescas, pasteurizadas e desidratadas**. 2017. 194 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis. 2017.

SANTIAGO, R. de A. C. **Desenho de alimento extrusado para intervenção nutricional à base de milho (*Zea mays L.*) e pulmão bovino**. 2002. 108 p. Tese de Doutorado em Nutrição. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.

SANTOS, R. F. **Propriedade proteica e calórica de suplementos alimentares a base de Whey Protein**. 2015. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão-PR. 2015.

SANTOS, V. G.; GALEMBECK, E. Sequência Didática com Enfoque Investigativo: alterações significativas na elaboração de hipóteses e estruturação de perguntas realizadas por alunos do ensino Fundamental I. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 18, n. 3, p.12-15, 2018.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. da. **Características dos ovos**. UFES, Espírito Santo, p. 1-6, 2007.

SCARLASSARI, N. T.; SOCHA, R. R.; LOPES, C. E. **A apropriação de saberes estatísticos no estudo da composição química dos alimentos**. VI SHIAM. Campinas-SP, 17 a 19 de julho de 2017.

SCHIMIDT, D. B. *et al.* Mapas conceituais no ensino de bioquímica, uma integração entre os conceitos científicos. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 12, n. 2, p. 7-23, 2014.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v. 24, p. 895-904, 2011.

SILVA, A. A. T. da; CATÃO, V.; SILVA, A. de F. A. da. Análise de uma sequência didática investigativa sobre estequiometria abordando a Química dos sabões e detergentes. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 2, p. 1256-1277, 2020.

- SILVA, D. P. da. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química**: reflexões de um grupo de professores. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – área Ensino de Química) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.
- SILVA, J. L. G. da. **Aportes do uso de modelos moleculares no ensino da bioquímica no 3º ano do ensino médio**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. UFPE, Caruaru-PE. 2022.
- SILVA, K. M. A.; MACIEL, J. C. S. Aspectos sociocientíficos no ensino de Biologia: uma sequência didática sobre alimentos transgênicos, convencionais e orgânicos. **Revista de Ensino de Biologia**. Niterói-RJ, v. 11, n. 1, p. 5-24, 2018.
- SILVA, P. E. **Processo produtivo e boas práticas em fábrica de ração**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Zootecnia), Instituto Federal Goiano, Ceres, 2022.
- SILVA, R. R. da; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: **Ensino de Química em foco**. SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L. (Org.). 2. ed. Ijuí-RS: Unijuí, 2019. Cap. 10.
- SILVEIRA, J. T.; ROCHA, J. B. T. da. Produção científica sobre estratégias didáticas utilizadas no ensino de Bioquímica: uma revisão sistemática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 14, n. 3, p. 7-21, 2016.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B; SNYDER, S. A. **Química Orgânica**, 10ª ed., vol. 1 e 2, LTC, Rio de Janeiro, 2012.
- SOUZA, A. B. **Avaliação da influência tecnológica da relação soroproteína/caseína durante condições simuladas de processamento térmico**. 2013. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG. 2013.
- SOUZA, P. H. de *et al.* **Temas geradores no ensino de bioquímica**: o caso do queijo e do doce de leite. 2020. 115 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO.
- SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de Química. **Ciências & Cognição**. v. 14, p. 50-74, 2009.
- SUN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. Chicago, v. 10, p. 33-51, 2011.
- TAYLOR, R. G. Connective tissue structure, function and influence on meat quality. In: JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. (Ed.). **Encyclopedia of meat sciences**. Oxford: Academic Press, p. 306-313, 2004.
- TORNBERG, E. Effect of heat on meat proteins: implications on structure and quality of meat products. **Meat Science Barking**, v. 70, n. 3, p. 493-508, 2005.

VALLE, E. R. do. **Mitos e realidades sobre o consumo de carne bovina**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2000. 33 p.

VAUDAGNA, S. R. *et al.* Sous vide cooked beef muscles: effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments in their quality characteristics and storage stability. **International Journal of Food Science & Technology**. Oxford, v. 37, n. 4, p. 425-441, 2002.

VELASCO, X. E. C. **Estado nutricional e consumo alimentar de crianças e adolescentes vegetarianos**. 2011. 119 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Nutrição). UFRGS. Porto Alegre. 2011.

VIDAL, A. M. C.; SARAN NETTO, A. **Obtenção e processamento do leite e derivados**. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga-São Paulo, 2018.

VIDRIK, E. C. F. O Ensino de Química e a formação continuada de professores no contexto brasileiro: contribuições, possibilidades e algumas questões para refletir. **Investigación en la Escuela**, 101, p.118-127, 2020.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. New York: Taylor & Francis Group, 2006.

WANDERLEY, K. A. *et al.* **Pra gostar de química: um estudo das motivações e interesses dos alunos da 8ª série do ensino fundamental sobre química**. Resultados preliminares. Resumo para o I Congresso Norte-Nordeste de Química, 2007

WOLKE, R. L. **O Que Einstein disse a seu cozinheiro 2**. Zahar, 2010.

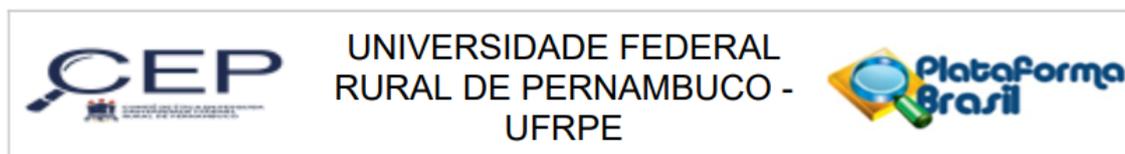
XAVIER, O. S.; FERNANDES, R. C. de A. A aula em espaços não convencionais. In: VEIGA, I. P. A. **Aula: Gênese, Dimensões, Princípios e Práticas**. Campinas: Papirus, 2008.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas para as aulas de Ciências: um diálogo com a teoria da aprendizagem significativa**. Curitiba: Editora Appris, 2016.

ANEXOS

ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO ACEITE DO PROJETO DE PESQUISA JUNTO AO CEP/UFRPE.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVO-INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS.

Pesquisador: JHONNATA SANTOS BESERRA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 62372022.3.0000.9547

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO- UFRPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.912.189

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa traz um tema bastante interessante, que está bem delineado nos seus objetivos e na metodologia empregada. Trata-se de um projeto de pesquisa vinculado ao PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL – PROFQUI, da UFRPE, sob orientação do Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr, com início de coleta de dados prevista para o 1º trimestre de 2023.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou pendências e lista de inadequações".

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou pendências e lista de inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todos os documentos atendem as normas regulamentadoras do sistema CEP/CONEP/CNS/MS.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 27 de Fevereiro de 2023

Assinado por:
ANNA CAROLINA SOARES ALMEIDA
(Coordenador(a))

APÊNDICES

APÊNDICE A - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL
(PROFQUI)/UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (UFRPE)

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos você _____, após autorização dos seus pais (ou dos responsáveis legais), para participar como voluntário(a) da pesquisa: “A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVO-INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS”. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador Jhonnata Santos Beserra, telefone para contato: (88) 99607-1643, e-mail: jhonnatabeserra1@hotmail.com. E está sob a orientação do Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., e-mail: cristianomarcelinojr@gmail.com.

Você será esclarecido(a) sobre qualquer dúvida com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo lhe será entregue para que seus pais ou responsáveis possam guardá-la e a outra ficará com o pesquisador responsável. Você estará livre para decidir participar ou se recusar. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

• **Descrição da pesquisa** - A presente pesquisa será desenvolvida pelo professor da escola, dentro da disciplina de “Química Orgânica”. A pesquisa tem como principal objetivo avaliar o ensino-aprendizagem do conteúdo proteínas junto a estudantes do 1º ano do Ensino Médio, matriculados na disciplina de “Química Orgânica”, a partir da utilização de uma Sequência Didática baseada em um conjunto de atividades experimentais culinárias. Também será produzido um material didático, intitulado “Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição completa”, na forma de um material digitalizado, em formato PDF. Ele será utilizado para auxiliar a atingir alguns dos objetivos específicos da pesquisa, incluindo a produção um instrumento pedagógico para ser utilizado em aulas do Ensino Médio, especialmente de Escolas Públicas. Os estudantes ficarão livres,

dentro de uma mediação com o professor-pesquisador, sob responsabilidade do mesmo, conforme acontece nas demais atividades da escola.

• **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de aulas** - O período programado para a intervenção será durante o primeiro trimestre de 2023. A pesquisa será realizada ao longo de 4 (quatro) dias, que envolverão 2 (duas) aulas de 50min por dia, totalizando 8 (oito) aulas, com previsão de início às 9:50h e com término previsto até às 11:30h.

• **Riscos diretos para o voluntário** – Em todas as atividades, incluindo os experimentos demonstrativos culinários, realizados em sala de aula ou na cozinha da escola, as condições de segurança, conforto e bem-estar oferecidas durante os procedimentos da pesquisa concorrem para a não ocorrência de danos físicos ou psicológicos às/aos participantes. Particularmente em relação aos experimentos, eles serão realizados exclusivamente pelo professor-pesquisador e os estudantes estarão a distância segura, apenas observando, discutindo e fazendo anotações sobre os fenômenos. Caso ocorram, as situações de descontentamento e/ou insatisfação da/do participante serão resolvidas com escuta e respeito. Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre de deixar de participar da pesquisa a qualquer momento.

Haverá, ao longo das aulas: preenchimento de questionários, referentes ao ensino-aprendizagem do conteúdo proteínas; gravações em vídeos e áudios, referentes aos diálogos gerais; e observações referentes ao desenvolvimento dos grupos. Somente os dois pesquisadores da equipe terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Os dados serão tratados e analisados conjuntamente. O material coletado em questionário impresso, fotos e vídeos poderá ficar sob posse do professor-pesquisador Jhonnata Santos Beserra e do orientador Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., podendo se fazer uso das respectivas imagens em formato de fotografia e videografia, garantindo-se que os dados digitais, em hipótese alguma, serão comercializados. As informações obtidas serão utilizadas apenas para os fins dessa pesquisa. São garantidos a confidencialidade das respostas e o sigilo dos dados, que estarão armazenados e analisados em bases nas quais os nomes ou qualquer identificação dos participantes não serão incluídos. Os resultados serão apresentados sem qualquer fornecimento de identidade dos participantes, ou seja, não se fará qualquer ligação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos participantes.

Não há qualquer obrigatoriedade da participação e, se quando estiver participando, uma(a) estudante resolver desistir, não haverá qualquer consequência. Além disso, a participação na pesquisa não envolverá qualquer despesa da parte dos estudantes. Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária. Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, pode-se consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

Assinatura do pesquisador

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, portador(a) do documento de identidade _____, abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa “A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVOS-INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS”, como voluntário(a). Fui informado(a) e esclarecido(a) pelo professor-pesquisador sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação.

Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data: _____

Assinatura do(a) menor: _____

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores): Nome: Nome:
Assinatura: Assinatura:

Nome:	Assinatura:
Nome:	Assinatura:

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL/UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO (PROFQUI/UFRPE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA PESQUISA

Pesquisa: A abordagem do conteúdo proteínas por meio de uma sequência didática com ênfase em experimentos demonstrativo-investigativos culinários.

Pesquisador: Jhonnata Santos Beserra, mestrando do PROFQUI/UFRPE e professor da disciplina eletiva de “Química Orgânica” na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral São Pedro, em Caririaçu, Ceará.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., professor do corpo docente do PROFQUI/UFRPE.

Participantes: 10 (dez) adolescentes e jovens, na faixa etária entre 14 e 17 anos, regularmente matriculados no 1º ano do Ensino Médio.

Objetivo geral: Avaliar o ensino-aprendizagem do conteúdo proteínas junto a estudantes do Ensino Médio, a partir da utilização de uma Sequência Didática baseada em um conjunto de atividades experimentais culinárias.

Objetivos específicos

- Diagnosticar as concepções prévias dos estudantes sobre as fontes, a constituição e o metabolismo das proteínas, e das suas relações com a alimentação.
- Elaborar um conjunto de experimentos culinário-proteicos, com base em um cardápio voltado a uma refeição contendo: entrada, prato principal e sobremesa.
- Estruturar uma Sequência Didática, dentro da temática culinária, com ênfase em atividades experimentais, para a abordagem conteúdo proteínas.
- Realizar uma abordagem temática e interdisciplinar, entre a Química e a Biologia, do conteúdo proteínas, junto a estudantes do ensino médio.
- Verificar a aprendizagem dos estudantes sobre o conteúdo proteínas.
- Confeccionar um produto didático, na forma de um material digitalizado, em formato PDF, intitulado “Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição completa”

Metodologia: Pesquisa-ação; abordagem qualitativa; questionários; registros em videografia e fotografia.

Procedimentos: Realização de experimentos demonstrativos-investigativos na cozinha da escola e/ou em sala de aula. Aplicação de questionários. Aulas dialogadas. Elaboração de mapas conceituais. Fotografia e videogravação da intervenção didática. 8 (oitos) aulas, de 50min (cinquenta minutos) cada, 2 (duas) aulas/dia, respeitando a dinâmica e o espaço dos estudantes dentro da disciplina eletiva. Videogravação de entrevistas com os(as) estudantes, sobre a experiência didática vivenciada.

• **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de aulas** - O período programado para a intervenção será durante o primeiro trimestre de 2023.

Riscos: Em todas as atividades, incluindo os experimentos demonstrativos culinários, realizados em sala de aula ou na cozinha da escola, as condições de segurança, conforto e bem-estar oferecidas durante os procedimentos da pesquisa concorrem para a não ocorrência de danos físicos ou psicológicos às/aos participantes. Particularmente em relação aos experimentos, eles serão realizados exclusivamente pelo professor-pesquisador e os estudantes estarão a distância segura, apenas observando, discutindo e fazendo anotações sobre os fenômenos. Caso ocorram, as situações de descontentamento e/ou insatisfação da/do participante serão resolvidas com escuta e respeito. Em caso de qualquer incompatibilidade, a/o participante é livre de deixar de participar da pesquisa a qualquer momento

Confidencialidade: Somente os dois pesquisadores da equipe terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Os dados serão tratados e analisados conjuntamente. O material coletado em questionário impresso, fotos e vídeos poderá ficar sob posse do professor-pesquisador e do orientador, podendo se fazer uso das respectivas imagens em formato de fotografia e videografia, garantindo-se que os dados digitais, em hipótese alguma, serão comercializados. São garantidos a confidencialidade das respostas e o sigilo dos dados, que estarão armazenados e analisados em bases nas quais os nomes ou qualquer identificação dos participantes não serão incluídos. As informações obtidas serão utilizadas apenas para os fins dessa pesquisa, com possíveis socializações dos resultados em textos acadêmico-científicos (dissertação, capítulos de livros e/ou artigos publicados em congressos e/revistas científicas). Os resultados serão apresentados sem qualquer fornecimento de identidade dos participantes, ou seja, não se fará qualquer ligação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos participantes.

Pagamento: Participação voluntária, de todos(as) envolvidos, sem nenhum tipo de remuneração.

Garantia de esclarecimentos: Em caso de alguma dúvida ou necessidade de mais informações sobre a investigação, as/os participantes podem entrar em contato com o pesquisador e/ou o orientador desta pesquisa: Jhonnata Santos Beserra, telefone para contato: (88) 99607-1643, e-mail: jhonnatabeserra1@hotmail.com; mestrando do PROFQUI/UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife - PE, 52171-900 E-mail: coordenacao.profqui@ufrpe.br (Coordenação do PROFQUI/UFRPE); Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr., professor do corpo docente do PROFQUI/UFRPE, e-mail: cristianomarcelinojr@gmail.com.

Garantidas as questões acima mencionadas, eu,

, portador (a) do CPF _____, mãe/pai/responsável por

assino o presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Estou ciente do teor deste documento e certifico que recebi uma cópia do mesmo.

Caririaçu, ____ de _____ de 2023.

Assinatura da(o) mãe/pai/responsável

APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA NA UNIDADE ESCOLAR / TERMO DE ANUÊNCIA

SEDUC**SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO**
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**ESCOLA DE ENSINO MÉDIO EM TEMPO INTEGRAL
SÃO PEDRO**

CNPJ: 07.954.514/0596-38 | INEP: 23156201

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos o pesquisador JHONNATA SANTOS BESERRA, a desenvolver o seu projeto de pesquisa - A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVO-INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS, que está sob a coordenação/orientação do Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr, cujo objetivo é avaliar o ensino-aprendizagem do conteúdo proteínas junto a estudantes do ensino Médio, a partir da utilização de uma sequência didática investigativa baseada em um conjunto de atividades experimentais culinárias, na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral São Pedro.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do pesquisador aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados o pesquisador deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Caririaçu-CE, em 02/08/2022.

Múcio Lacerda Botelho
Diretor Escolar da EEMTI São Pedro

Múcio Lacerda Botelho
Diretor Administrativo
D.O. 08 de Junho de 2018

APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL

**Entrada,
Prato Principal e
Sobremesa:
A Química das Proteínas
em uma refeição completa**

**Jhonnata Santos Beserra
Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr**



FICHA TÉCNICA:

O ebook “ENTRADA, PRATO PRINCIPAL E SOBREMESA: A QUÍMICA DAS PROTEÍNAS EM UMA REFEIÇÃO COMPLETA” é uma publicação produzida como produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química em rede nacional – PROFQUI da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, vinculado à dissertação “A ABORDAGEM DO CONTEÚDO PROTEÍNAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ÊNFASE EM EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVO-INVESTIGATIVOS CULINÁRIOS”, redigida por Jhonnata Santos Beserra sob orientação do Professor Doutor Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior.

Editores: Jhonnata Santos Beserra e Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior.

Capa, diagramação e fotografias: Jhonnata Santos Beserra.

Fontes das imagens da capa:

Ovos cozidos: <https://images.app.goo.gl/9WwvAmTPYVGRQqy19>

Carne: <https://br.freepik.com/search?format=search&page=3&query=carne+assada>

Doce de leite: <https://www.cozinhaaz.com/receita/doce-de-leite-caseiro-e-cremoso-com-3-ingredientes/>

Área de concentração: Ensino de Química.

Linha de pesquisa: Novas tecnologias e comunicação.

BESERRA, J. S.; MARCELINO Jr, C. de A. C. **Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição completa.**

Este produto educacional, no formato e-book, é destinado a todos da comunidade escolar da educação básica. Trata-se de um material didático e instrucional tendo como finalidade a apresentação de propostas para o ensino de Química. Não é permitida a comercialização deste material, sendo sua reprodução permitida apenas para fins acadêmicos e científicos, desde que haja a identificação dos autores, título, instituição e ano do material.



Apresentação

O ebook, **Entrada, prato principal e sobremesa: a química das proteínas em uma refeição completa**, foi desenvolvido durante o curso de mestrado profissional em Química em rede nacional – PROFQUI / UFRPE, de modo a ser utilizado por professores da área das Ciências da Natureza, especialmente no ensino de Química. Nele, há uma proposta de sequência didática sobre o conteúdo Proteínas, com foco em três experimentos demonstrativo-investigativos culinários.

Inicialmente é apresentada uma problematização geral, que se trata de uma situação do cotidiano criada pelo pesquisador, e está envolvida com o tema em estudo, mas que necessita de conhecimentos científicos para compreendê-la. Esta problematização deve ser discutida com os estudantes antes da aplicação da sequência didática, pois busca apreender o que o aluno já sabe e avivar sua curiosidade para novas aprendizagens.

Em seguida são apresentadas três receitas culinárias de uma refeição. Cada preparação envolve: objetivos a serem alcançados, problematização inicial, método de preparo da receita, questionamentos acerca do alimento proteico e da preparação culinária, informações sobre o conteúdo proteínas, texto sobre a temática alimentos, sugestão de vídeos, utilização de modelos moleculares e resolução de mapas conceituais, sendo que estes últimos podem ser utilizados como atividades avaliativas.

A sequência didática revela caráter interdisciplinar, ao relacionar áreas afins, como a Biologia e a Química; possibilita a busca de explicações para os fatos estudados recorrendo a conhecimentos científicos e proporciona um ensino mais significativo para os estudantes ao contextualizar as preparações culinárias e os alimentos ao conhecimento escolar em estudo. Espera-se que este produto educacional contribua com os professores no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo Proteínas.

Sumário

Proteínas	p. 05
Problematização Geral	p. 06
ENTRADA: Ovos temperados com maionese caseira	p. 07
PRATO PRINCIPAL: Alcatra assada	p. 15
SOBREMESA: Doce de leite caseiro	p. 20
Referências	p. 27

PROTEÍNAS

As proteínas são as macromoléculas mais abundantes que, ocorrendo em todas as células e em todas as suas partes, controlam praticamente todos os seus processos, exibindo uma diversidade de funções, quase infinita (NELSON; COX, 2014).

Elas atuam como biocatalisadores, controlando diversas atividades metabólicas (enzimas), protegem o organismo contra agentes estranhos (anticorpos), agem na coagulação do sangue (fibrinogênio e trombina), realizam o transporte de substâncias (hemoglobina), funcionam como elementos estruturais da pele e dos ossos (colágeno, queratina), atuam nas contrações musculares permitindo a locomoção (actina e miosina), servem como fonte de energia na ausência de carboidratos e lipídios, podem armazenar substâncias para serem usadas pelo organismo (albumina do ovo), apresentam função hormonal ou regulatória (insulina), agem como neurotransmissores em específicos tipos de neurônios (glutamato), são fonte de aminoácidos essenciais, necessários ao homem e aos animais, além de outras funções (ALBERTS et. al. 2011).

As proteínas são compostos orgânicos de alto peso molecular, representam cerca de 50% a 80% do peso seco da célula, e entre 12% a 15% da massa corporal humana é formada por elas (PALERMO, 2014). Há aproximadamente cem mil proteínas em nosso organismo, com uma variedade estrutural e funcional extremamente grande. E apesar de contribuírem para o funcionamento da célula, um sistema biológico extremamente complexo, quimicamente, os componentes básicos que formam as proteínas são compostos surpreendentemente simples, os aminoácidos. É o conjunto de apenas 22 diferentes aminoácidos que produzem essas biomoléculas.

Sem proteínas, nenhum ser vivo existiria. E elas estão presentes nos diversos tipos de alimentos, em quantidades variadas. Quando ingeridas e metabolizadas, são utilizadas para a produção de novas proteínas desempenharem as diferentes funções no organismo. Por isso, são indispensáveis na dieta. Entre os alimentos mais ricos em proteínas estão os de origem animal: as carnes, os ovos, o leite e os seus derivados (MARZZOCO; TORRES, 2015); e os de origem vegetal: trigo, arroz, soja, milho, feijão, lentilhas, grão de bico, ervilhas e amendoim (BOBBIO e BOBBIO; 2001). Como se pode ver, as proteínas são moléculas fascinantes e indispensáveis ao nosso organismo.

Olá, professor!
Olá, professora!

As atividades investigativas no ensino de Ciências consistem em momentos didáticos com base na resolução de problemas cotidianos e/ou científicos. (ZÔMPERO; LABURU, 2016). Contudo, é preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem nos seus conceitos...(CARVALHO; PEREZ, 2001). Sugerimos, então, que VOCÊ inicie a sequência didática com a seguinte problematização.

Problematização Geral

Uma chefe de cozinha é chamada por um dos clientes de um restaurante para explicar como produziu uma refeição tão especial, saboreada por ele e por seus convidados em dada noite. Cordial e pacientemente, ela relembrou-lhe o cardápio: i) **uma entrada contendo ovos de galinha cozidos, recheados com maionese caseira**; ii) **como prato principal, uma alcatra assada, perfeitamente selada, caramelizada externamente e suculenta no seu interior**; e, iii) **como sobremesa, um doce de leite, bem cremoso e caramelizado**, também produzido na casa. Depois, ela completou: apenas aproveitei o processo de desnaturação das proteínas dos alimentos utilizados, para preparar e oferecer uma refeição nutritiva e saborosa. Ao final, ainda sorrindo, ela agradeceu a presença e o elogio, e sugeriu que os clientes voltassem para verificar a aplicação desse mesmo processo em outras preparações deliciosas.

Com base em seus conhecimentos sobre proteínas, **explique os fenômenos ocorridos nas três preparações culinárias** saboreadas nessa refeição tão elogiada.

Deseja-se com a problematização inicial aguçar explicações contraditórias e localizar as lacunas do conhecimento dos estudantes. O ponto culminante é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de novos conhecimentos que ainda não detém. (DELIZOICOV; ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2009). Os estudantes devem assumir uma postura, na qual é preciso o envolvimento nas discussões e nas interações, tanto entre si, quanto com o professor e com o material didático (ZÔMPERO; LABURU, 2016).

Entrada: Ovos temperados com maionese

Objetivos:

- Reconhecer a importância dos aminoácidos e proteínas como bases químicas da vida, nas diferentes formas de manifestação e níveis de organização;
- Descrever fenômenos, substâncias, materiais, propriedades e eventos químicos, biológicos, bioquímicos e nutricionais, relacionados a aminoácidos, peptídeos e proteínas, utilizando símbolos, códigos e nomenclatura próprias da linguagem científica;
- Analisar a contribuição dessas biomoléculas nas propriedades dos alimentos.

Tempo previsto: 2 aulas

Inicie a aula com o seguinte questionamento

Segundo a revista Isto é Gente, de 25/08/2021, a musa fitness Gracyanne Barbosa afirmou comer 40 ovos por dia. *Por que os as claras e as gemas dos ovos cozidos possuem aqueles aspectos? Por que os praticantes de musculação costumam alimentar-se de ovos nas refeições? Ou seja, qual o nutriente existente nos ovos que tem tamanha importância para os esportistas e para que servem?*

Agora vamos fazer a preparação culinária

Cozinhando os ovos de galinha

Coloque os ovos em uma panela com água e, depois que a água ferver, cozinhe-os por 7 minutos. Retire-os e coloque-os numa vasilha com água fria e gelo. Assim a casca se soltará mais facilmente. Corte cada ovo ao meio e transfira as gemas cozidas para uma vasilha. Misture-as com a maionese. Acrescente cebola, sal e pimenta, a gosto. Com a ajuda de uma colher de chá, preencha cada clara com a gema temperada, arrume num prato, salpique com salsinha picada e sirva.

Preparando a maionese

Coloque dois ovos no liquidificador. Acrescente uma pitada de sal, salsinha, cebolinha e o suco de meio limão. Em seguida, coloque a tampa do liquidificador e agite rapidamente. Com o liquidificador ligado, pela abertura da tampa, adicione, lenta e continuamente, o fio de óleo de soja até ficar uma mistura homogênea. Quando chegar ao ponto de cremosidade, desligue o liquidificador. Com o auxílio de uma espátula ou de uma colher, utilize a maionese para temperar os ovos. Depois, transfira o restante da maionese para um frasco de vidro limpo e feche bem.

Enquanto as receitas estiverem sendo preparadas, o professor deve explorar os fenômenos envolvidos nesta ação.

Veja só quantos questionamentos podem ser discutidos com os estudantes.

Quais as substâncias (nutrientes) presentes nos ovos?

O ovo é um dos alimentos mais completos para o ser humano, fornecendo elementos essenciais à saúde. Apresentam as vitaminas A, D, E, K, B1, B2 e B12. A **clara do ovo** é rica na proteína ALBUMINA, que tem alto valor biológico e contém todos os aminoácidos essenciais. A **gema do ovo** é rica em fósforo, ferro, gorduras (colesterol) e sua coloração se deve a presença de carotenoides. Quanto mais escura for a gema, mais vitamina ela tem. (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Há problema em comer muitos ovos por dia?

O consumo da **clara** é liberado sem restrições, pois ela é livre de gorduras; no entanto é aconselhável que haja consumo limitado da **gema**, não ultrapassando uma por dia, devido a quantidade de gorduras presentes. (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Os ovos podem ser consumidos crus?

Não. Os ovos crus podem apresentar aparência e cheiro normais, mas estarem contaminados pela *Salmonella*, bactéria transmitida ao ser humano através da ingestão de alimentos de origem animal contaminados. Porém, o cozimento do ovo é capaz de matar a *salmonella*. (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Por que a clara do ovo fica esbranquiçada após o cozimento?

O aquecimento provoca a desnaturação das proteínas do ovo, sem alterar seu valor nutritivo. A **clara** do ovo coagula a aproximadamente 60°C e a **gema** a 68°C. (FERREIRA SEGUNDO *et al.*, 2020)

Por que a gema do ovo fica esverdeada se tiver muito tempo de cozimento?

Dependendo do tempo de cozimento, a coloração da gema muda. É que, ao aquecermos o ovo, o hidrogênio e o enxofre presente nas proteínas da clara se combinam formando o gás sulfeto de hidrogênio – H₂S. O aumento da temperatura diminui sua solubilidade na clara e ele é forçado para dentro da gema, reagindo com íons ferro presentes e gerando o **sulfeto de ferro II** – FeS, que tem coloração esverdeada. (WOLKE, 2010).

Por que se consegue preparar uma emulsão (maionese) unindo apenas o óleo e a gema do ovo?

A gema do ovo contém a **LECITINA**, uma **substância emulsificante**, tendo na sua molécula uma parte polar (que se adere a água) e uma parte apolar (que se adere ao lipídio), sendo a responsável pela consistência da maionese. (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Como saber se um ovo é fresco ou velho?

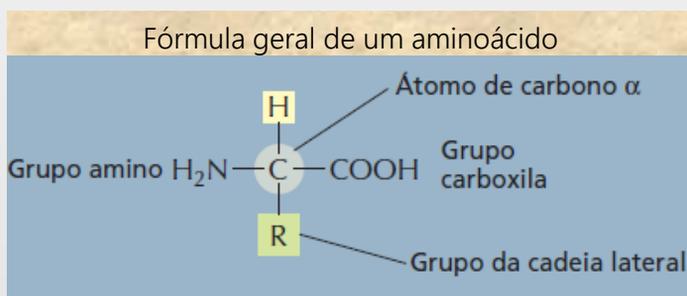
É só colocar numa vasilha com água. Se o ovo afundar, ele é fresco; se não afundar, ele é velho. Ou seja, **a densidade do ovo fresco é maior que a do ovo velho**. Isso acontece porque, com o passar do tempo, a clara do ovo vai perdendo água através da casca deixando esse espaço vazio ocupado por ar, que ocasiona a diminuição da densidade do ovo mais velho. (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Agora vamos aprender informações mais específicas sobre as Proteínas.

AS PROTEÍNAS PRESENTES NOS ALIMENTOS FORNECEM MATERIAL PARA A CONSTRUÇÃO DE TODAS AS NOSSAS PROTEÍNAS.

Quando ingerimos proteínas dos alimentos, elas são quebradas durante o processo de digestão transformando-se em **AMINOÁCIDOS**, que serão utilizados por nosso organismo para produzir **NOSSAS PROTEÍNAS**. Então, Proteína é uma macromolécula formada por aminoácidos. (MARZOCCO, TORRES, 2015).

As proteínas desempenham papel importante em nosso organismo. Elas atuam como biocatalisadores, (**enzimas**), protegem o organismo contra agentes estranhos (**anticorpos**), agem na coagulação do sangue (**fibrinogênio e trombina**), realizam o transporte de substâncias (**hemoglobina**), atuam nas contrações musculares (**actina e miosina**), apresentam função hormonal ou regulatória (**insulina**), além de outras funções. (MARZOCCO, TORRES, 2015).



Fonte: (ALBERTS et al, 2011).

- ❖ Os aminoácidos apresentam um grupo funcional **carboxila** e um grupo **amino**.
- ❖ O átomo de **carbono α** é um carbono **assimétrico** (quiral). É também **tetraédrico**. No aminoácido **glicina**, o carbono α não é quiral, visto que a cadeia lateral R é um átomo de Hidrogênio. O **carbono do grupo carboxila** é **trigonal plano**. Quando os aminoácidos são sintetizados na natureza, apenas o enantiômero L é formado. Portanto, os aminoácidos conhecidos são do tipo L-aminoácidos.
- ❖ Há **22** tipos de aminoácidos que diferem entre si pela cadeia lateral R. Em uma proteína, a ordem no qual os aminoácidos estão dispostos altera sua forma e função. Ainda, em uma proteína podem se repetir aminoácidos. Portanto, apenas esses 22 aminoácidos podem dar origem a milhares de proteínas distintas.
- ❖ Dos 22 aminoácidos, **9** são chamados de **essenciais**, pois devem ser obtidos através da alimentação. São eles: valina, lisina, treonina, leucina, isoleucina, triptofano, fenilalanina e metionina. **A histidina é considerada essencial para crianças**. Os demais aminoácidos são produzidos em nosso organismo e são chamados de **não-essenciais**. (PALERMO, 2014). Bruice (2006) cita também a **arginina** como aminoácido essencial para crianças. Para a autora, são 10 os aminoácidos essenciais.

SAIBA MAIS! As **proteínas de origem vegetal** raramente apresentam todos os aminoácidos essenciais em sua composição. E geralmente possuem teores de alguns aminoácidos inferiores aos mínimos recomendados para a dieta humana. As fontes mais ricas e mais usadas de proteínas vegetais são: trigo, arroz, soja, milho, feijão, lentilhas, grão de bico, ervilhas e amendoim (BOBBIO e BOBBIO; 2001).

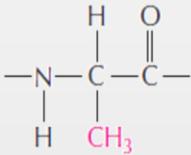
- ✓ O **Arroz e feijão** juntos têm um sabor indiscutível e proporcionam um invejável arranjo de nutrientes. O **arroz é rico no aminoácido essencial metionina** enquanto o **feijão é rico no aminoácido essencial lisina**. Daí a combinação dos dois alimentos torna-se uma boa fonte de proteínas (LEAL, 2012). A **proteína do trigo** é deficiente no aminoácido lisina (BRUICE, 2006).

Os aminoácidos são classificados de acordo com suas cadeias laterais R em polares, apolares, ácidos e básicos.

AMINOÁCIDOS COM CADEIAS LATERAIS APOLARES

Alanina

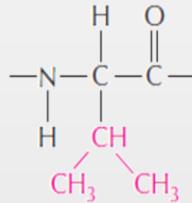
(Ala ou A)



ALANINA: cadeia lateral metílica.
VALINA: cadeia lateral isopropílica.

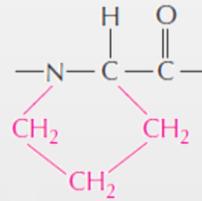
Valina

(Val ou V)



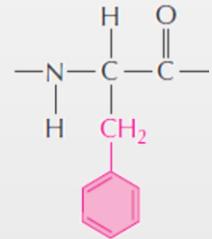
Prolina

(Pro ou P)



Fenilalanina

(Phe ou F)

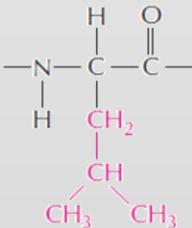


PROLINA: único aminoácido que contém um grupo amino secundário. Os demais têm grupo amino primário.

FENILALANINA: aminoácido essencial, pois possui anel aromático e nosso organismo não o sintetiza. A tirosina também apresenta o anel aromático, mas pode ser obtido da fenilalanina.

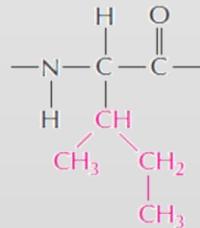
Leucina

(Leu ou L)



Isoleucina

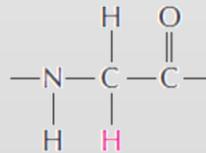
(Ile ou I)



A encefalina é uma substância sintetizada pelo organismo para controlar a dor e é formada por 5 aminoácidos: TYR-GLY-GLY-PHE-LEU.

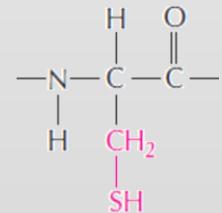
Glicina

(Gly ou G)



Cisteína

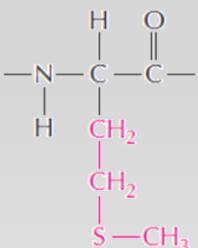
(Cys ou C)



Entre as cadeias laterais de dois resíduos de CISTEÍNA podem formar ligações dissulfeto. A cisteína contém um grupo tiol (-SH).

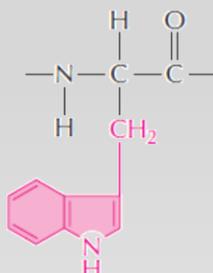
Metionina

(Met ou M)



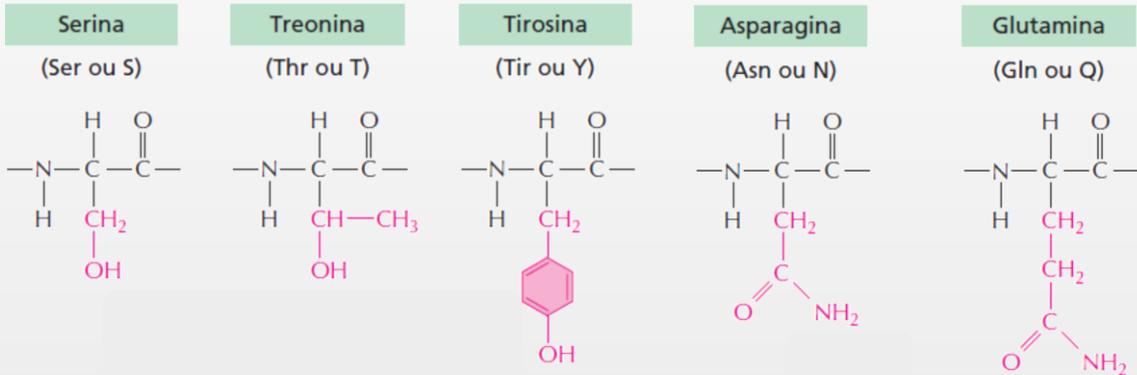
Triptofano

(Trp ou W)



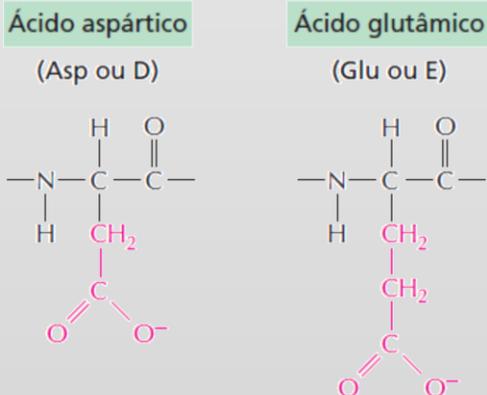
A melatonina (hormônio que regula o ciclo do sono) é um hormônio sintetizado a partir do aminoácido TRIPTOFANO.

AMINOÁCIDOS COM CADEIAS LATERAIS POLARES NÃO CARREGADAS



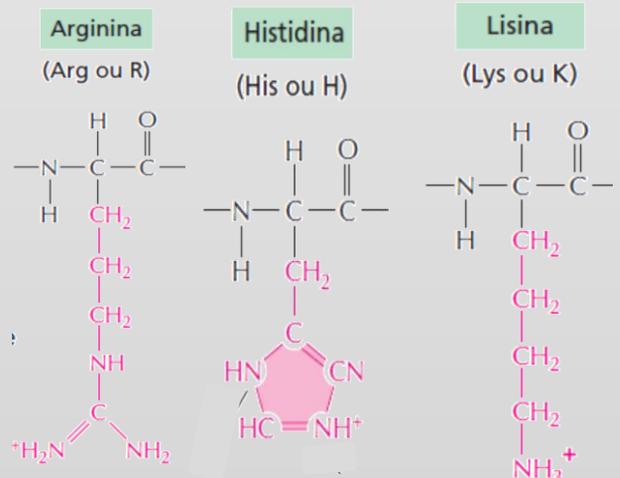
A tiroxina é um hormônio que regula a taxa metabólica. Os humanos obtêm tiroxina a partir do aminoácido TIROSINA e do iodo. Níveis cronicamente baixos de tiroxina causam aumento da glândula tireóide, doença conhecida como bócio.

AMINOÁCIDOS COM CADEIAS LATERAIS ÁCIDAS



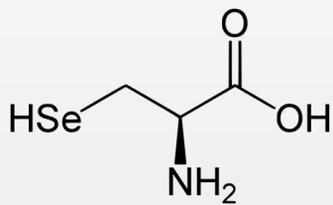
O adoçante sintético aspartame (cerca de 200 vezes mais doce que a sacarose) é um éster metílico de um dipeptídeo de L-ÁCIDO ASPÁRTICO E L-FENILALANINA.

AMINOÁCIDOS COM CADEIAS LATERAIS BÁSICAS



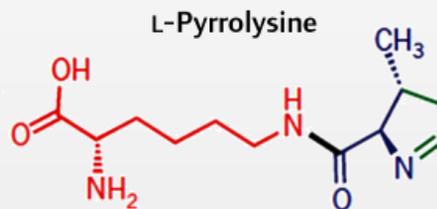
A HISTIDINA é considerada um aminoácido essencial para crianças (PALERMO, 2014). A ARGININA é também considerada um aminoácido essencial. Embora os seres humanos possam sintetizá-la, para o seu crescimento são necessárias quantidades maiores do que as que podem ser sintetizadas pelo organismo (BRUICE, 2006).

Os dois últimos aminoácidos que foram descobertos mais recentemente são: SELENOCISTEÍNA (descoberto em 1986) e a PIRROLISINA (descoberto em 2002)



SELENOCISTEÍNA
21º aminoácido

Tem estrutura química semelhante a cisteína, com um átomo de selênio no lugar do enxofre. A selenocisteína possui código genético.

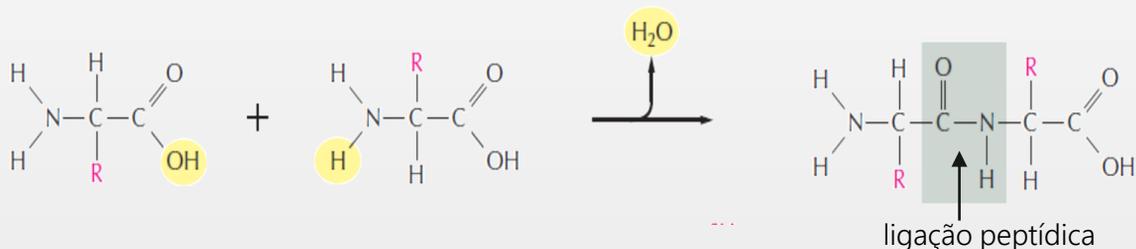


PIRROLISINA
22º aminoácido

Componente de poucas proteínas. Sua distribuição está restrita a certas arqueas metanogênicas e a um número reduzido de bactérias.

Fonte: COSTA; SANTOS; GALEMBECK, 2016.

A ligação entre dois aminoácidos é chamada de **LIGAÇÃO PEPTÍDICA** e ocorre entre o carbono do grupo carboxila e o nitrogênio do grupo amina, formando um dipeptídeo com grupo funcional amida. Essa reação é chamada de **REAÇÃO DE SÍNTESE POR DESIDRATAÇÃO OU REAÇÃO DE CONDENSACÃO**, pois há liberação de uma molécula de água a cada ligação estabelecida.



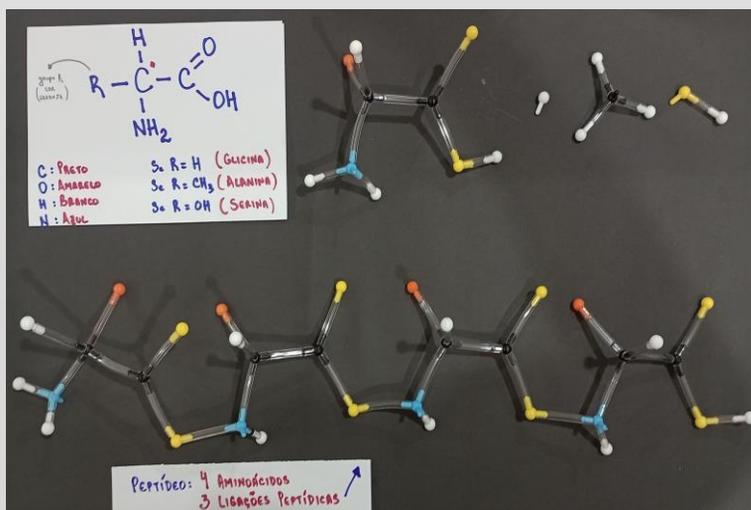
Fonte: ALBERTS et al, 2011.

SAIBA MAIS! A **ocitocina** (hormônio que, entre outras funções, facilita o parto normal) foi o primeiro peptídeo pequeno a ser sintetizado em laboratório. Ele é um **nonapeptídeo** formado pelos aminoácidos: **CIS-TYR-ILE-GLN-ASN-CYS-PRO-LEU-GLY**. (BRUCE, 2006).

Após o estudo sobre as Proteínas, sugerimos as seguintes atividades:

Modelos Moleculares

O professor pode realizar a construção de **MODELOS MOLECULARES** de aminoácidos e fragmentos de peptídeos. Essa ação permite evidenciar as estruturas das moléculas, as interações entre essas estruturas e o arranjo espacial das moléculas. O uso dos modelos dinamiza a aula, estimula a abstração e provoca a curiosidade dos estudantes. (BORGES, 1999). Além disso, torna o assunto estudado mais compreensível fazendo com que os objetivos de aprendizagem sejam alcançados mais facilmente.



Fonte: Foto feita pelo pesquisador durante a aplicação da sequência didática (2023)

Sugestão de Vídeo

Aminoácidos e Funções das Proteínas

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ntOlxxZuUGU>

Nesse momento, é importante que o professor relacione o conteúdo Proteínas com a temática dos alimentos. Sugerimos a leitura e discussão do texto:

IMPORTÂNCIA DOS ALIMENTOS PARA A PROTEÇÃO DA SAÚDE: ALIMENTOS ULTRAPROCESSADOS E *IN NATURA*

A classificação dos alimentos por grau de processamento é a chave para entender o que é uma alimentação saudável de verdade.

Alimentos ultraprocessados: são formulações feitas nas fábricas a partir de diversas etapas de processamento e que combinam muitos ingredientes, como *espessantes, emulsificantes, corantes, aromatizantes, realçadores de sabor* e *vários outros aditivos*. Costumam conter muito açúcar, sal e gordura. Devido a essa formulação, são viciantes, por isso tendem a ser consumidos em excesso e a excluir a comida de verdade. No ultraprocessamento, os alimentos podem perder características sensoriais, como cor, sabor, aroma e textura. Para se tornarem atraentes e mais palatáveis, recebem substâncias químicas que reproduzem artificialmente as características originais dos alimentos naturais, além de doses enormes de açúcar, sal e gordura.

Por exemplo: Pratos prontos congelados que vão direto para o forno (lasanha, pizza, etc.), carnes temperadas e empanadas, macarrão instantâneo, molho de tomate pronto, refrigerantes, sucos adoçados (inclusive em pó), mistura para bolo, achocolatado, biscoito recheado, sorvetes, balas e guloseimas em geral, salgadinhos de pacote, barrinha de cereal industrializada, bebidas lácteas e iogurtes adoçados e aromatizados, salsichas e pães de fôrma. A gelatina de abacaxi é um ultraprocessado: tem cor, sabor e até cheiro de abacaxi, mas nenhum nutriente da fruta.

Alimentos *in natura* ou minimamente processados: devem ser a base da nossa alimentação. Eles são os alimentos vendidos como foram obtidos, diretamente de plantas ou de animais, ou que passaram por pequenas intervenções, mas que não receberam nenhum outro ingrediente durante o processo (nada de sal, açúcar, óleos, gorduras ou aditivos). Os melhores alimentos – *in natura* e minimamente processados – não têm rótulo. Por exemplo: Frutas, legumes e verduras (mesmo os congelados, desde que sem nenhum tipo de aditivo), raízes, ovos, carnes de boi, de porco, de aves e de peixes, leite, iogurte natural sem açúcar nem adoçante (nem outros aditivos químicos), arroz, feijão e outras leguminosas (como lentilha e grão-de-bico), ervas frescas e secas, especiarias, farinhas (de milho, de trigo, de mandioca), frutas secas, cogumelos e castanhas.

Fonte: BRASIL, 2014.

O que fazer com os resíduos gerados na preparação culinária?

Você pode utilizar as cascas de ovos, ricas em cálcio, para a produção de adubo de plantas: Basta lavar as cascas dos ovos com água corrente e bater no liquidificador até virar pó.

Prato Principal: Alcatra assada

Objetivos:

- Reconhecer as diferentes estruturas das proteínas e compreender as interações intra e intermoleculares proteicas;
- Compreender a importância das transformações químicas que ocorrem com aminoácidos e proteínas para a nutrição e para a saúde;
- Obter informações a respeito de segurança alimentar e doenças associadas à alimentação.

Tempo previsto: 2 aulas

Inicie a aula com o seguinte questionamento

Carnes seladas e assadas ficam com uma casquinha escura e saborosa, além de ficarem vermelhinhas e suculentas por dentro. *Qual a relação das proteínas da carne com esses fenômenos?*

Agora vamos fazer a preparação culinária

A carne pode ser temperada apenas com sal e deve ser levada numa churrasqueira elétrica ou "grill" para assar. Não havendo uma churrasqueira, a carne pode ser envolvida com temperos variados (azeite, alho, cebola, coentro, açafrão, manjeriço, hortelã, sal), selada e assada no forno da cantina da escola com batatas em rodela.

Nesse momento, o professor pode explorar os fenômenos observados nesta ação.

Quais os nutrientes presentes na carne do boi?

A **carne** é rica em todos os aminoácidos essenciais, ácidos graxos, vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, ácido pantotênico, vitaminas B6 e B12) e minerais como o Mg, K, P e principalmente Fe e Zn.

O ferro encontrado na carne é o mais facilmente absorvido pelo organismo. E de todas as carnes, a bovina é a que apresenta os maiores teores de ferro. Ele dá suporte ao sistema imunológico e faz parte da composição da hemoglobina.

A carne bovina também tem uma das maiores concentrações de zinco, mineral importante na maioria dos processos metabólicos do organismo. Sua deficiência pode afetar a função de mais de 60 enzimas.

Quais são as proteínas presentes na carne?

As proteínas mais importantes da carne são as do músculo (miofibrilares). Nela, estão presentes a **actina** e a **miosina**. Além do tecido muscular, a carne é composta de tecido conjuntivo (**colágeno** e **elastina**) com função estrutural e o tecido adiposo. Há ainda as proteínas sarcoplasmáticas (**mioglobina** e a **hemoglobina**).

A que se deve a cor vermelha da carne bovina?

A cor vermelha tem relação com as fibras musculares, principalmente com o teor de **mioglobina**. Com o cozimento, a mioglobina adquire cor marrom, se transformam em melanoidinas.

Fonte: VALLE, 2000.

Por que a carne escurece ao ser levada ao forno ou assada?

Por causa da Reação de Maillard.

A Reação de Maillard é uma complexa cascata de reações em cadeia que acontece principalmente durante o aquecimento. Essa reação química ocorre inicialmente entre um aminoácido e um carboidrato redutor, obtendo-se produtos que dão sabor, odor e cor aos alimentos (nesse último caso, as melanoidinas). A casquinha escura e o sabor e aroma da carne após assada é resultado de produtos gerados através da reação de Maillard.

A maioria dos alimentos industrializados que chegam à população sofrem processamento térmico, o que garante a segurança microbiológica, a degradação de substâncias tóxicas e o desenvolvimento de substâncias resultantes da reação de Maillard, responsáveis pelo aroma, sabor e cor do alimento.

O armazenamento prolongado de alimentos que contêm proteínas e açúcares redutores também podem sofrer a reação de Maillard. Essas reações foram primeiramente descritas em 1912 pelo bioquímico francês Louis-Camille Maillard. Mas foi em só 1940 que as pessoas notaram a conexão entre a reação de escurecimento e o sabor, a partir de uma queixa dos soldados da 2ª guerra mundial, que reclamavam que seus ovos em pó ficavam escuros e desenvolviam sabores indesejáveis. Nesse último caso, a reação de Maillard promove a formação de substâncias indesejáveis. (SHIBAO; BASTOS, 2011).

Por que a carne muda sua estrutura ao ser levada ao forno?

A principal alteração na carne pelo efeito do calor é a **desnaturação das proteínas** (quebra de interação nas moléculas das proteínas), resultando na expulsão de água e reduzido o rendimento da carne. O aumento da temperatura pode causar endurecimento, devido essa perda de água. São as fibras de elastina (presentes no tecido conjuntivo) que conferem textura de borracha na carne cozida, pois não são desnaturadas pelo efeito do calor. (VALLE, 2000).

A carne bovina apresenta grande quantidade de gordura e colesterol?

O consumo excessivo de gordura (principalmente a saturada) é um fator importante no desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Mas os teores de calorias, colesterol e gordura da carne bovina magra (sem a gordura de cobertura) são baixos, semelhantes aos da carne branca das aves, e podem ser consumidos sem exageros. É importante ressaltar que a gordura é um componente essencial na dieta humana pois auxilia no transporte e absorção das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K pelo intestino. (VALLE, 2000).

Há uma relação da suculência da carne com as proteínas?

Sim. As proteínas têm uma capacidade de aprisionar água e isso está associado à suculência e maciez da carne (DAMODARAN et al, 2010).

Agora vamos dar continuidade ao estudo das proteínas.
Vamos conhecer as suas quatro estruturas básicas.

A **ESTRUTURA DAS PROTEÍNAS** pode ser descrita em quatro níveis de organização:

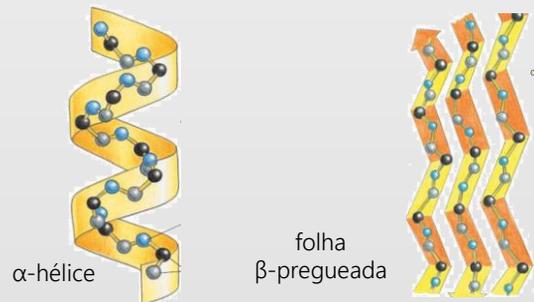
ESTRUTURA PRIMÁRIA: É a **sequência linear de aminoácidos** da cadeia polipeptídica, é determinada geneticamente e é específica para cada proteína. A modificação de apenas um aminoácido altera a estrutura primária e forma uma proteína diferente.

A **caseína**, proteína encontrada no leite bovino, é constituída por 199 resíduos de aminoácidos. Abaixo, temos a sequência dos 21 primeiros aminoácidos da caseína.



SAIBA MAIS! A **hemoglobina**, responsável pelo transporte de oxigênio na corrente sanguínea, apresenta 574 aminoácidos. A substituição do sexto aminoácido da sequência, um ácido glutâmico por uma valina, provoca a doença **anemia falciforme**, caracterizada por apresentar glóbulos vermelhos com formato altamente distorcido.

ESTRUTURA SECUNDÁRIA: Consiste num **arranjo tridimensional** proveniente de **ligações de hidrogênio** entre o grupo N-H de uma aminoácido e o grupo C=O de outro aminoácido, (Esses grupos são vistos exatamente na ligação peptídica). As duas estruturas secundárias comuns são a α -hélice e a folha β -pregueada.



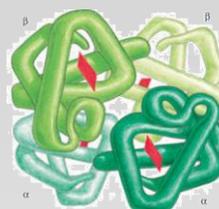
ESTRUTURA TERCIÁRIA: Consiste num **arranjo tridimensional** proveniente das **interações** entre os grupos "R" laterais dos aminoácidos. Podem ser interações iônicas, ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas, ligações dissulfeto.



Estrutura terciária da proteína ALBUMINA

- **Interações iônicas:** São interações decorrentes da atração entre cargas de sinais opostos. Ocorre entre aminoácidos com grupos R de carga negativa com outros com carga positiva.
- **Ligações de Hidrogênio:** Ocorrem entre aminoácidos que apresentam grupamentos laterais R contendo o grupo -OH ou -NH₂.
- **Interações Hidrofóbicas:** Ocorrem entre aminoácidos com grupos R apolares (com apenas átomos de Carbono e Hidrogênio).
- **Ligações Dissulfeto:** São ligações covalentes que ocorrem entre dois aminoácidos do tipo cisteína, que se ligam entre dois átomos de enxofre.

ESTRUTURA QUATERNÁRIA: É a **associação de duas ou mais cadeias polipeptídicas** para compor uma proteína funcional.

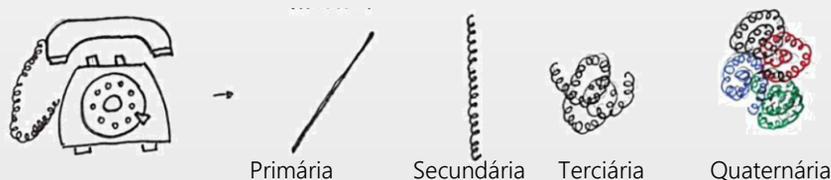


Representação da proteína HEMOGLOBINA, formada por quatro cadeias polipeptídicas.

Fontes das ilustrações: ALBERTS et al, 2011.

Para que os estudantes compreendam melhor a estrutura das proteínas, o professor pode fazer uma **ANALOGIA** com os antigos fios de telefone. “A ideia básica da analogia é a comparação. Para o ensino, a analogia permite a comparação entre dois domínios, o análogo, o qual representa o conhecimento familiar aos alunos, e o alvo, que representa o conhecimento desconhecido”. (LEAL, 2012).

Dessa forma, o **fio do telefone sem estar enrolado** dá a representação da estrutura primária das proteínas; o **fio enrolado em espiral** dá a representação da estrutura secundária em α -hélice; o **fio enrolado sobre si mesmo** dá a representação da estrutura terciária; e **dois ou mais fios de telefones diferentes enrolados** dão a representação da estrutura quaternária. Observe a ilustração abaixo:



Fonte: (LEAL, 2012).

Fonte da ilustração: (PERUZZO; CANTO, 2010).

SAIBA MAIS!

- A **insulina** foi a primeira proteína a ter sua sequência primária determinada pelo cientista inglês Frederick Sanger em 1953. (BRUICE, 2006).
- O cabelo é feito da proteína **queratina**, e esta contém um grande número do aminoácido cisteína, que realiza muitas ligações dissulfeto para manter a estrutura tridimensional da proteína. Pode-se alterar a estrutura do cabelo mudando a posição das ligações dissulfeto. Um agente redutor é aplicado no cabelo para reduzir as ligações dissulfeto. Em seguida, um agente oxidante é aplicado no cabelo para dar a forma desejada (BRUICE, 2006).

Sugestão de Vídeo

Estrutura Primária, Secundária, Terciária e Quaternária
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Js3ePgRrrOk>

Nesse momento, é importante que o professor relacione novamente o conteúdo Proteínas com a temática dos alimentos. Sugerimos a leitura e discussão do texto:

ALIMENTAÇÃO E SAÚDE

Padrões de alimentação estão mudando rapidamente na grande maioria dos países e, em particular, naqueles economicamente emergentes. As principais mudanças envolvem a substituição de alimentos *in natura* ou minimamente processados de origem vegetal (arroz, feijão, mandioca, batata, legumes e verduras) e preparações culinárias à base desses alimentos por produtos industrializados prontos para consumo.

Essas transformações, observadas com grande intensidade no Brasil, determinam, entre outras consequências, o desequilíbrio na oferta de nutrientes e a ingestão excessiva de calorias. Nesses países, a frequência da **obesidade** e do **diabetes** vem aumentando rapidamente. De modo semelhante, evoluem outras **doenças crônicas** relacionadas ao consumo excessivo de calorias e à oferta desequilibrada de nutrientes na alimentação, como a **hipertensão** (pressão alta), **doenças do coração** e **certos tipos de câncer**. Inicialmente apresentados como doenças de pessoas com idade mais avançada, muitos desses problemas atingem agora adultos jovens e mesmo adolescentes e crianças. Em contraste com a obesidade, a tendência mundial de evolução da **desnutrição** tem sido de declínio, embora haja grandes variações entre os países e ainda que o problema persista com magnitude importante na maioria dos países menos desenvolvidos.

Adotar uma alimentação saudável não é meramente questão de escolha individual. Muitos fatores – de natureza física, econômica, política, cultural ou social – podem influenciar positiva ou negativamente o padrão de alimentação das pessoas. Contudo, é importante que as pessoas, famílias e comunidades conheçam sobre os alimentos e procurem adotar práticas alimentares promotoras da saúde.

Alimentos de origem animal são boas fontes de proteínas e da maioria das vitaminas e minerais de que necessitamos, mas não contêm fibra e podem apresentar elevada quantidade de calorias por grama e teor excessivo de gorduras não saudáveis (chamadas gorduras saturadas), características que podem favorecer o risco de obesidade, de doenças do coração e de outras doenças crônicas. Por sua vez, **alimentos de origem vegetal** costumam ser boas fontes de fibras e de vários nutrientes e geralmente têm menos calorias por grama do que os de origem animal. Mas, individualmente, tendem a não fornecer, na proporção adequada, todos os nutrientes de que necessitamos. A combinação de alimentos de origem animal com alimentos de origem vegetal – vários tipos de grãos, raízes, tubérculos, farinhas, legumes, verduras, frutas e castanhas – constituem base excelente para uma alimentação nutricionalmente balanceada e saborosa.

Óleos, gorduras, sal e açúcar são produtos alimentícios com alto teor de nutrientes, mas devem ser usados em pequenas quantidades ao temperar e cozinhar alimentos e criar preparações culinárias. O consumo excessivo de sódio e de gorduras saturadas aumenta o risco de doenças do coração, enquanto o consumo excessivo de açúcar aumenta o risco de cárie dental, de obesidade e de várias outras doenças crônicas. Além disso, óleos, gorduras e açúcar têm elevada quantidade de calorias por grama. Óleos e gorduras têm 6 vezes mais calorias por grama do que grãos cozidos e 20 vezes mais do que legumes e verduras após cozimento. O açúcar tem 5 a 10 vezes mais calorias por grama do que a maioria das frutas.

É também importante fazer suas refeições diárias em horários semelhantes, comer devagar, em ambiente apropriado onde não haja estímulo para o consumo de quantidades ilimitadas de alimentos, e comer em companhia, pois evita que comamos muito rapidamente. Há muitas informações sobre alimentação e saúde, mas poucas são de fontes confiáveis. Para ter informações corretas, consulte o guia alimentar para a população brasileira, desenvolvido pelo Ministério da Saúde.

Fonte: BRASIL, 2014.

Sobremesa: Doce de leite caseiro

Objetivos:

- Investigar a desnaturação proteica do leite;
- Explicar transformações químicas relacionadas ao metabolismo das proteínas em nosso organismo;
- Avaliar a contribuição dessas biomoléculas sobre as propriedades dos alimentos e nas suas relações com o organismo humano, com a sociedade e com o meio ambiente.

Tempo previsto: 2 aulas

Inicie a aula com o seguinte questionamento

Qual a razão da *mudança de textura e de coloração do leite* quando ele é aquecido com açúcar? Por que às vezes o *leite coalha* (coagula, talha) quando a gente ferve? E se pingarmos limão ou microrganismos ao leite, ele também vai coalhar? Qual é o *constituente presente no leite envolvido com a sua coagulação*?

Agora vamos fazer a preparação culinária

Para prepararmos o doce de leite, os ingredientes são apenas o leite de vaca e açúcar. Para cada litro de leite você deve usar 200 gramas de açúcar. Nesta receita foram utilizados dois litros de leite e 400g de açúcar. Inicialmente o leite irá ao fogo. Ao iniciar a fervura, coloca-se o açúcar e mexe-se até engrossar e formar o doce.

Nesse momento, o professor pode explorar os fenômenos observados nesta ação.

Quais os nutrientes presentes no leite de vaca?

O **leite** é um alimento de alto valor biológico por conter na sua composição uma variedade de nutrientes como proteínas, lipídios, carboidratos (lactose), minerais (Ca, P, Mg, Zn e Fe) e vitaminas (A, D, E, K e do complexo B). (ANTUNES, 2003).

A **lactose** é a fonte de energia mais importante durante o primeiro ano de vida dos mamíferos, e tem apenas um terço da doçura da sacarose, e possui várias aplicações em processos produtivos.

E quais as proteínas presentes no leite?

Há vários grupos de proteínas no leite: aproximadamente 80% são do grupo das **caseínas**, que são fosfoproteínas ricas em fósforo e no aminoácido prolina e estão presentes no leite na forma de partículas coloidais (micelas). Grande parte do cálcio do leite está ligada a micelas da caseína, que também é uma proteína de fácil digestão e alto valor biológico; aproximadamente 20% correspondem às **proteínas do soro do leite**, que são ricas em aminoácidos essenciais, altamente digeríveis e rapidamente absorvidas pelo organismo, sendo utilizadas na indústria alimentícia na forma de suplementos alimentares, como no *whey protein* e BCAA.

Por que às vezes o leite coalha (coagula, talha) quando a gente ferve? E se pingarmos limão ou microrganismos ao leite, ele também vai coalhar?

É a proteína do leite (caseína) que faz o leite coalhar, em condições favoráveis, como calor e acidez. Quando o leite coalha, de forma natural, sem nenhum ingrediente adicionado a ele, é porque a temperatura pode ter aumentado muito, ou ainda o período de validade do leite expirou. Às vezes, também ocorre o coalho do leite pelo aumento das bactérias já existentes nele, que tornam o meio ácido. Os aditivos ácidos (como o limão ou vinagre) fazem com que a caseína induza a produção de ácido láctico, causando o coalho (desnaturação) do leite. (SOUZA, 2013).

Ocorre também a reação de Maillard ao se produzir o doce de leite?

Sim. Ocorre a reação entre a galactose do leite (devido a suas carbonilas) e aminoácidos do tipo lisina da proteína caseína, havendo em seguida a reação em cadeia e formando produtos que dão cor, sabor e aroma próprios ao doce de leite.

O que é a intolerância à lactose?

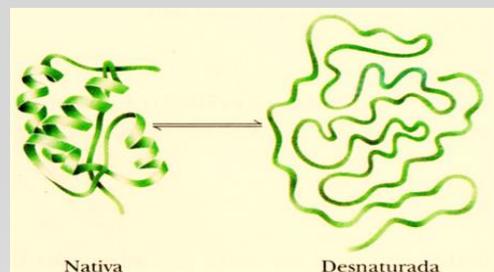
É a incapacidade de digerir a lactose devido à ausência ou quantidade insuficiente de enzimas digestivas, provocando diarreias e cólicas abdominais e isso pode acontecer no ser humano devido à genética, idade ou doença. A intolerância atinge cerca de 75% da população mundial. Na maioria dos mamíferos, a atividade da lactase (enzima responsável pela hidrólise da lactose) diminui após o desmame, mas, em alguns grupos étnicos, como na Europa Ocidental e seus descendentes, a atividade da enzima lactase se mantém na vida adulta, permitindo total digestão de grandes quantidades de lactose na dieta. (RAMALHO; GANECO, 2016)

Por que o leite derrama quando ferve?

O calor separa a água e a gordura, que tende a subir formando uma película. O vapor d'água exerce grande pressão que rompe esta barreira e faz com que o leite transborde.

Agora vamos dar continuidade ao estudo das Proteínas.
Vamos falar sobre a desnaturação proteica.

A destruição das estruturas secundária e terciária de uma proteína altamente organizada é chamada **DESNATURAÇÃO PROTEICA**. Como as ligações responsáveis por manter a forma tridimensional das proteínas são ligações mais fracas, as proteínas são facilmente desnaturadas. As proteínas podem ser desnaturadas por: **aquecimento**, **agitação vigorosa** (ao aumentar o movimento molecular, rompe as forças de atração), **alterações no pH** (modifica as cargas nas cadeias laterais dos aminoácidos interrompendo interações iônicas), **solventes orgânicos e detergentes** (interrompem as interações hidrofóbicas).



Fonte: CAMPBELL; FARRELL, 2007

VÁRIOS FENÔMENOS DO DIA A DIA QUE ENVOLVEM A DESNATURAÇÃO DE PROTEÍNAS.

- Ao esterilizar equipamentos cirúrgicos desnaturamos as proteínas de bactérias, provocando a morte desses organismos.
- Quando a clara do ovo é batida há a desnaturação da albumina.
- Na preparação do ceviche, ao adicionar limão ao peixe cru, ocorrerá a desnaturação das proteínas do peixe.

Sugestão de Vídeo

Desnaturação das Proteínas

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=S_IRXWVaiTc

Agora vamos dar continuidade ao estudo das Proteínas.
Vamos falar sobre a digestão das proteínas em nosso organismo.

Como METABOLIZAMOS as proteínas alimentares em nosso organismo?

Nosso organismo não utiliza as proteínas da dieta diretamente, elas são processadas e apenas os seus aminoácidos constituintes são utilizados pelo corpo.

A **digestão das proteínas** ocorre inicialmente no estômago, sob a ação do **ácido clorídrico** que confere ao meio um pH entre 1 e 2. Essa condição provoca a **desnaturação da proteína**, abrindo a cadeia e facilitando a ação das enzimas digestivas. Para estas agirem é necessário que as ligações peptídicas estejam expostas.

A **pepsina**, que é produzida por glândulas situadas nas paredes do estômago, **hidrolisa as ligações peptídicas** formando moléculas menores de polipeptídeos que seguirão para o intestino delgado.

No intestino delgado, os **polipeptídeos** provenientes do estômago sofrem a ação de **três sucos digestivos: do pâncreas, do próprio intestino delgado e do fígado**. Esses sucos são alcalinos e, por isso, elevam o pH dos conteúdos ácidos do estômago a um valor próximo de 8. No intestino delgado, **os polipeptídeos sofrem a ação das enzimas tripsina, quimiotripsina, elastase, dipeptidases e exopeptidases**.

Após a ação dessas enzimas, **as proteínas ingeridas são totalmente hidrolisadas obtendo-se aminoácidos livres e peptídeos não digeríveis**. Os aminoácidos livres que atravessam as paredes do intestino delgado são absorvidos, passam para a circulação sanguínea e serão utilizados para a síntese das proteínas necessárias ao organismo. Os peptídeos que não foram digeridos são eliminados pelas fezes.

(NELSON; COX, 2014)

Nesse momento, é importante que o professor relacione o conteúdo Proteínas com a temática dos alimentos. Sugerimos a leitura e discussão do texto:

IMPLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DO CONSUMO DE ALIMENTOS

A opção por vários tipos de alimentos de origem vegetal e pelo limitado consumo de alimentos de origem animal implica indiretamente a opção por um sistema alimentar socialmente mais justo e menos estressante para o ambiente físico, para os animais e para a biodiversidade em geral. O consumo de arroz, feijão, milho, mandioca, batata e vários tipos de legumes, verduras e frutas tem como consequência natural o estímulo da agricultura familiar e da economia local, favorecendo assim formas solidárias de viver e produzir e contribuindo para promover a biodiversidade e para reduzir o impacto ambiental da produção e distribuição dos alimentos.

A diminuição da demanda por alimentos de origem animal reduz notavelmente as emissões de gases de efeito estufa (responsáveis pelo aquecimento do planeta), o desmatamento decorrente da criação de novas áreas de pastagens e o uso intenso de água. O menor consumo de alimentos de origem animal diminui ainda a necessidade de sistemas intensivos de produção animal, que são particularmente nocivos ao meio ambiente. Típica desses sistemas é a aglomeração de animais, que, além de estressá-los, aumenta a produção de dejetos por área e a necessidade do uso contínuo de antibióticos, resultando em poluição do solo e aumento do risco de contaminação de águas subterrâneas e dos rios, lagos e açudes da região. Sistemas intensivos de produção animal consomem grandes quantidades de rações fabricadas com ingredientes fornecidos por monoculturas de soja e de milho. Essas monoculturas, por sua vez, dependem de agrotóxicos e do uso intenso de fertilizantes químicos, condições que acarretam riscos ao meio ambiente, seja por contaminação das fontes de água, seja pela degradação da qualidade do solo e aumento da resistência de pragas, seja ainda pelo comprometimento da biodiversidade.

Alimentos de origem vegetal ou animal oriundos de sistemas que promovem o uso sustentável dos recursos naturais, que produzem alimentos livres de contaminantes, que protegem a biodiversidade, que contribuem para a desconcentração das terras produtivas e para a criação de trabalho e que, ao mesmo tempo, respeitam e aperfeiçoam saberes e formas de produção tradicionais são chamados de **alimentos orgânicos e de base agroecológica**. Quanto mais pessoas buscarem por alimentos orgânicos e de base agroecológica, maior será o apoio que os produtores da agroecologia familiar receberão e mais próximos estaremos de um sistema alimentar socialmente e ambientalmente sustentável.

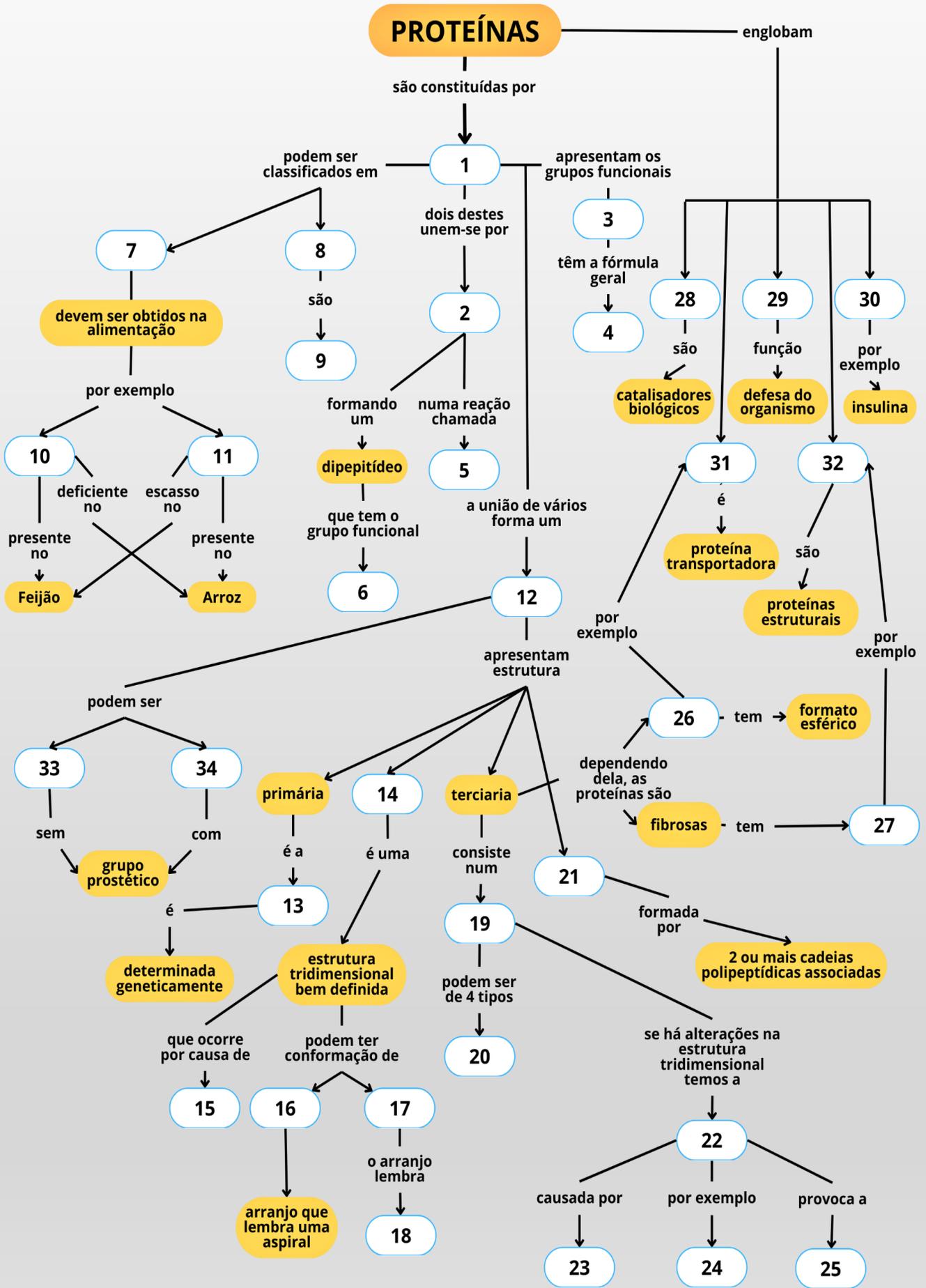
Fonte: BRASIL, 2014.

Após o estudo sobre as Proteínas, sugerimos a seguinte atividade:

Mapa Conceitual

O professor deve solicitar aos alunos a resolução dos MAPAS CONCEITUAIS sobre as temáticas estudadas durante a sequência didática. "Mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos. A discussão de mapas conceituais em sala podem contribuir para que os alunos estabeleçam uma compreensão mais coerente e articulada de uma determinada rede conceitual". (LEAL, 2010)

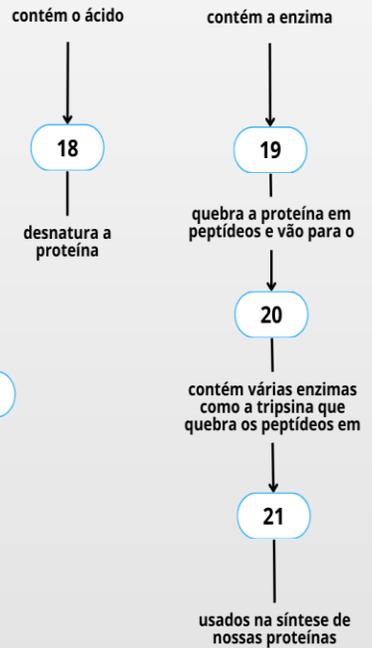
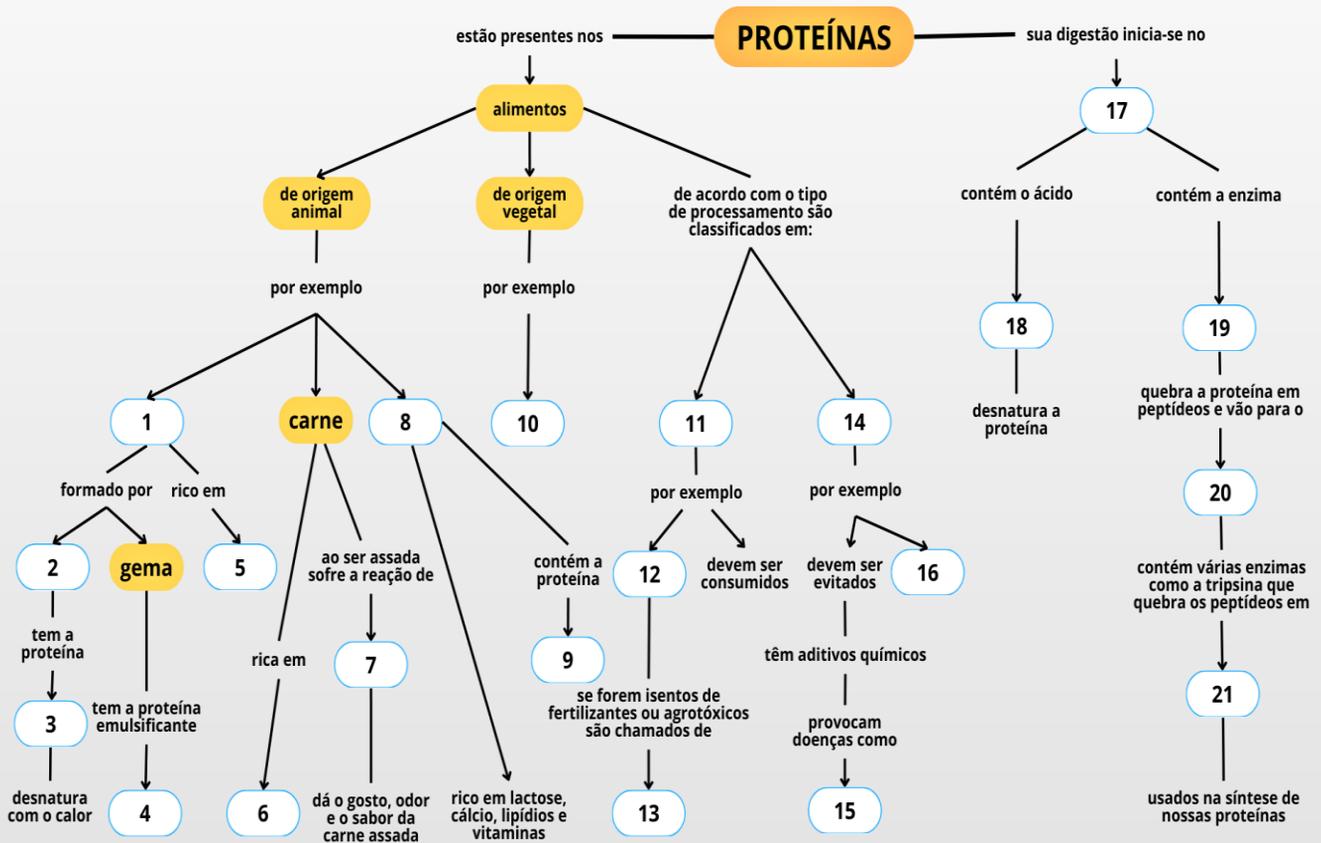
PROTEÍNAS



TERMOS QUE PREENCHEM CORRETAMENTE O MAPA 1

- 1 – Aminoácidos
- 2 – Ligações Peptídicas
- 3 – Amina e Ácido Carboxílico
- 4 – Na pág. 09 tem a fórmula geral
- 5 – Condensação ou síntese por desidratação
- 6 – Amida
- 7 – Essenciais
- 8 – Não essenciais
- 9 – Sintetizados por nosso organismo
- 10 – Lisina
- 11 – Metionina
- 12 – Polipeptídeo ou Proteína
- 13 – Sequência linear de aminoácidos
- 14 – Secundária
- 15 – Ligações de Hidrogênio
- 16 – α -hélice
- 17 – Folha β -pregueada
- 18 – folha de papel dobrada em ziguezague

- 19 – Arranjo tridimensional proveniente das interações entre os grupos laterais
- 20 – Ligações de Hidrogênio, Iônicas, dissulfeto e interações hidrofóbicas
- 21 – Quaternária
- 22 – Desnaturação Proteica
- 23 – Aquecimento, agitação, mudança de pH, entre outros
- 24 – Cozimento de um ovo
- 25 – Perda da função da proteína
- 26 – Globulares
- 27 – Formato de longos filamentos
- 28 – Enzimas
- 29 – Anticorpos
- 30 – Hormônios
- 31 – Hemoglobina
- 32 – Colágeno e queratina
- 33 – Simples
- 34 - Conjugadas



TERMOS QUE PREENCHEM CORRETAMENTE O MAPA 2

- 1 – Ovo
- 2 – Clara
- 3 – Albumina
- 4 – Lecitina
- 5 – Vitaminas A, D, E, K, B1, B2, B12; aminoácidos essenciais; fósforo, ferro, gorduras.
- 6 – Aminoácidos essenciais, ácidos graxos, vitaminas do complexo B, minerais como Fe e Zn.
- 7 – Maillard
- 8 – Leite
- 9 – Caseína
- 10 – Soja, feijão, trigo, arroz, milho, lentilhas, ervilhas, amendoim, entre outros.
- 11 – *In natura*
- 12 – Frutas, legumes, verduras, raízes, carnes, leite, arroz, leguminosas, castanhas, entre outros.
- 13 – Orgânicos
- 14 – Ultraprocessados
- 15 – Obesidade
- 16 – Pratos prontos congelados, empanados, refrigerantes, achocolatados, biscoitos recheados, salgadinhos em pacote, guloseimas em geral, entre outros.
- 17 – Estômago
- 18 – Clorídrico
- 19 – Pepsina
- 20 – Intestino delgado
- 21 – Aminoácidos

Referências

- ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri-SP: Manole, 2003.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001.
- BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. Ensino. **Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, n. 1, p. 85-125, 1999.
- BRASIL, Ministério da Saúde, Secretaria de atenção à saúde, Departamento de atenção básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.
- BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4 ed. v. 2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- COSTA, C. da; SANTOS, E. R. dos; GALEMBECK, E. O vigésimo primeiro e o vigésimo segundo aminoácidos: o código genético expandido. **Genética na escola**. v. 11. nº 02, 2016.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- FERREIRA SEGUNDO, R. *et al.* Salmonelose ocasionada por produtos de origem animal e suas implicações para saúde pública: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3715-3746, 2020.
- LEAL, M. C. **Didática da Química – Fundamentos e práticas para o ensino Médio**. Belo Horizonte: Editora Dimensão, 2010.
- LEAL, M. C. **Porco + Feijão + Couve = Feijoada?!** A bioquímica e seu ensino na educação básica. Belo Horizonte: Editora Dimensão, 2012.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.
- MORAES, F. de; RODRIGUES, N. S. S. Maximização do rendimento no processamento de carne bovina (músculo *Semitendinosus*) pelo sistema *sous vide*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- PALERMO, J. R. **Bioquímica da Nutrição**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2014.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química na abordagem do cotidiano**. Suplemento para o professor. 4. ed. v. 3. São Paulo: Moderna, p. 61, 2010.

RAMALHO, M. E. O.; GANECO, A. G. Intolerância a lactose e o processamento dos produtos zero lactose. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 119–133, 2016.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. da. **Características dos ovos**. UFES, Espírito Santo, p. 1-6, 2007.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v. 24, p. 895-904, 2011.

SILVA, R. R. da; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: **Ensino de Química em foco**. SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L. (Org.). 2. ed. Ijuí-RS: Unijuí, 2019. Cap. 10.

VALLE, E. R. do. **Carne bovina: alimento nobre indispensável**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2000.

WOLKE, R. L. **O Que Einstein disse a seu cozinheiro 2**. Zahar, 2010.

