

QUALIDADE DE ARGUMENTOS NA ESCRITA DE GRADUANDOS SOBRE QUÍMICA DE ALIMENTOS

Ricardo Matos^a e Salete Linhares Queiroz^{a,*} ^aDepartamento de Físico-Química, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 13560-970 São Carlos – SP, Brasil

Recebido: 18/02/2026; aceito: 29/05/2026; publicado online: 09/06/2026

QUALITY OF ARGUMENTS IN UNDERGRADUATE STUDENTS' WRITING ON FOOD CHEMISTRY. Analyzing the argumentative writing skills of university students is not a trivial task, as several elements need to be considered. This paper analyzed the quality of argumentative texts written by 53 undergraduate chemistry students on the mitigation of acrylamide in food, more specifically in French fries, coffee, and toast. The arguments, developed with the purpose of solving interrupted case studies (ICS), entitled Hot Potato, Espresso Acryla-Macchiato, and Wholewheat Promotion, were analyzed from the perspective of identifying their cogency, based on criteria of acceptability, relevance, and sufficiency. While the Hot Potato case focused on relatively straightforward processing interventions, the Espresso Acryla-Macchiato case required a greater integration of biochemical and technological aspects, and the Wholewheat Promotion case demanded the simultaneous consideration of chemical, technological, and sensory factors. This progression in complexity was likely reflected in the difficulties students encountered in integrating multiple aspects into a compelling argument, especially in the last ICS. Most students used reliable sources, such as graphs and tables, to support their premises, and more than half of them succeeded in constructing cogent arguments, which highlights the ICSs as a way to help students craft written arguments.

Keywords: first-year undergraduate; cogency; nutrition.

INTRODUÇÃO

Desde o início da década de 1990 a discussão a respeito do papel da argumentação no ensino de ciências vem ganhando destaque e, atualmente, a sua importância é reconhecida por muitos educadores ao redor do mundo.¹ De fato, o documento que norteia o currículo da área nos Estados Unidos da América, denominado *Next Generation Science Standards (NGSS Lead States)*, recomenda a realização de atividades argumentativas, tendo em vista a sua potencialidade no desenvolvimento do raciocínio, do pensamento crítico e da compreensão sobre a natureza da ciência.² De forma similar, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) afirma que os alunos devem aprender a “analisar e avaliar dados, conclusões e argumentos, em uma variedade de representações e tirar conclusões científicas apropriadas” (p. 16).³ Além disso, no Brasil, a Base Nacional Comum Curricular⁴ entende como fundamental o desenvolvimento da capacidade dos alunos de construir argumentos.

Embora os documentos mencionados façam referência à educação básica, a produção de argumentos bem fundamentados é uma habilidade crucial também para os universitários, sendo praticamente consensual o entendimento sobre a necessidade da realização de atividades didáticas no ensino superior nas quais eles tenham a oportunidade de articular argumentos para sustentar pontos de vista, com a possibilidade de desenvolvimento do pensamento crítico e tomada de decisão, além da aquisição de conhecimentos.⁵

Tratando-se especificamente da área de ciências naturais, a argumentação é um tipo de discurso que ganha ainda mais relevo, pois está estreitamente relacionado com as etapas que envolvem a construção do conhecimento científico, tais como a formulação de hipóteses, o desenvolvimento de justificativas que as sustentem, a elaboração de conclusões etc.¹ Apesar da sua relevância, ações que levem à prática da argumentação não são recorrentes no ensino

superior de química,⁶ o que evidencia a necessidade de delineamento de atividades didáticas que a fomentem.

No contexto nacional, artigo de revisão de autoria de Selbach *et al.*⁷ indicou a importância que vem sendo creditada às atividades didáticas pautadas em estudos de caso para a promoção da argumentação em cursos de graduação em química, com iniciativas mencionadas em todas as regiões brasileiras e especialmente na região Sudeste. Segundo os autores, a aplicação de estudos de caso no ensino de química “foi relatada pela primeira vez no Brasil em 2007 com a publicação do artigo “Estudos de Caso em Química” na revista *Química Nova*” (p. 39), e trata do uso de narrativas que abordam problemas da vida real, capazes de envolver os alunos na busca de caminhos prováveis que levem à resolução dos mesmos, com possibilidade de abordagem de uma grande variedade de temáticas.⁸

Considerando ainda os resultados elencados por Selbach *et al.*,⁷ que localizaram 29 trabalhos sobre a temática “estudos de caso na promoção da argumentação no ensino superior de química” na base de dados das revistas *Química Nova* e *Química Nova na Escola*, entre 2010 e 2020, e em cinco edições, entre 2010 e 2018, do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) e, entre 2011 e 2019, do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Química (ENPEC), é possível afirmar que existe uma escassez de pesquisas sobre a promoção da argumentação escrita dos graduandos em química. De fato, de acordo com os resultados alcançados no estudo,⁷ a maioria dos autores brasileiros, ao tratar de conteúdos de química, aborda a argumentação em debates,⁹ júris simulados¹⁰ e em mensagens trocadas em fóruns *online*.¹¹

Provavelmente, tal resultado é justificado pelo fato da argumentação oral ocorrer, usualmente, em situações de diálogo e de forma colaborativa, com a produção de justificativas por alguém que expressou seu ponto de vista e a elaboração de contra-argumentos por interlocutores que assumem o papel de oponentes em relação ao ponto de vista em questão, enquanto na argumentação escrita a complexidade é maior e a produção de justificativas e de contra-argumentos depende apenas do escritor.¹² É creditada a ele a tarefa de

*e-mail: salete@iqsc.usp.br

Editor Associado responsável pelo artigo: Maurício S. Pazinato



apresentar em um texto as diferentes vozes que permeiam o discurso argumentativo, associando argumentos e contra-argumentos “dentro de uma estrutura textual que reflete a dimensão dialógica do discurso argumentativo, ao mesmo tempo que expõe de modo não ambíguo as posições que são defendidas e as que são examinadas e refutadas” (p. 353-354).¹²

Apesar da relevância inquestionável de iniciativas que remetam à aquisição de aportes teóricos e metodológicos sobre a escrita argumentativa de graduandos, no contexto nacional, o ensino universitário de química tem sido contemplado de forma incipiente com investigações dessa natureza, sejam elas relacionadas a cursos de licenciatura ou de bacharelado. Assim, o presente trabalho, realizado no período pandêmico, tem como objetivo investigar a qualidade de argumentos escritos por graduandos do Curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo (IQSC/USP), relacionados à solução de estudos de caso interrompidos (ECI)¹³ que tratam de estratégias de mitigação da acrilamida em alimentos. Para tanto, foram considerados os critérios para avaliação de argumentos, propostos por Govier,¹⁴ descritos sucintamente no tópico a seguir.

COGÊNCIA DOS ARGUMENTOS

No livro intitulado *A Practical Study of Argument*, Govier¹⁴ afirma que um argumento é constituído por premissas, que sustentam uma conclusão e indica três critérios para a sua análise: aceitabilidade, relevância e suficiência (ARS). Um bom argumento, ou seja, um argumento cogente, deve satisfazer a todos eles. O critério de aceitabilidade (A) avalia a plausibilidade (verdade) das premissas utilizadas em apoio à conclusão, enquanto o critério da relevância (R) investiga a relação entre as razões apresentadas e a conclusão. Por fim, o critério de suficiência (S) avalia se as premissas utilizadas, no seu conjunto, apoiam a conclusão.

Para avaliar um argumento, segundo Govier,¹⁴ é necessário, inicialmente, fazer a sua padronização (em língua inglesa, *standardizing an argument*), o que implica em identificar as premissas e a conclusão, indicando como as primeiras apoiam a segunda, além de desconsiderar trechos que não estão estreitamente vinculados ao argumento e que só servem, por exemplo, para introduzir a temática tratada no texto argumentativo. Em seguida, os seguintes passos são sequencialmente executados: verifica-se o critério A, caso este seja satisfeito, passa-se à avaliação do segundo critério, R. Se tanto A quanto R forem satisfeitos, passa-se à análise do critério S. Nesse último estágio, avalia-se o conjunto de premissas para verificar se elas fornecem bases suficientes e adequadas para sustentar a conclusão. Cabe aqui reforçar que a cogência é “entendida em seu sentido estrito, como a propriedade de um argumento que, sendo forte, tenha todas as premissas efetivamente verdadeiras” (p. 259).¹⁵

Considerando o critério A, são aceitáveis as premissas que: (i) são respaldadas em subargumentos convincentes, caracterizados por corroborarem as premissas por meio de razões que tornem racional aceitar a conclusão; (ii) são fundamentadas por fontes confiáveis; (iii) são verdades apriorísticas, entendidas como verdadeiras ou falsas, independentemente da experiência; (iv) baseadas no senso comum, sem que existam evidências contra elas; (v) são fundamentadas em testemunhos pessoais, desde que a declaração não seja inverossímil; (vi) são oriundas de autoridades, ou seja, emitidas por sujeitos cujo conhecimento é especializado, tornando a avaliação confiável; (vii) aceitas provisoriamente (quando nenhuma dessas condições é atendida, mas também não há motivos para rejeitar as premissas).

Considerando o critério R, Govier¹⁴ aponta as seguintes possibilidades: (i) relevância positiva, quando a veracidade das premissas sustenta a veracidade da conclusão; (ii) relevância negativa,

quando a veracidade das premissas subtrai a veracidade da conclusão; (iii) irrelevância, quando a veracidade das premissas não influencia na veracidade da conclusão.

Considerando o critério S, conforme mencionado anteriormente, este é alcançado quando o conjunto de premissas fornece razões suficientes para justificar a conclusão.

PERCURSO METODOLÓGICO

Contexto de aplicação da atividade didática

O contexto de aplicação da atividade didática foi anteriormente descrito nesta revista¹⁶ e diz respeito à resolução de três ECI (“Batata Quente...Quente... Quente”, “Expresso Curioso” e “Promoção no Forno”), relacionados à mitigação da formação de acrilamida em alimentos, por graduandos de duas turmas do componente curricular Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II, oferecido no segundo semestre do Curso de Bacharelado em Química do IQSC/USP. O acesso, na íntegra, aos ECI pode ser realizado via site do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do IQSC/USP (disponível na seção “Declaração de Disponibilidade de Dados”).

Em linhas gerais, na primeira parte da atividade, os alunos fizeram a leitura e participaram de discussões de dissertações que abordavam a presença de acrilamida em alimentos,^{17,18} enquanto na segunda foram solicitados a resolver os ECI, distribuídos em grupos (em cada turma foram formados seis grupos compostos por quatro a seis membros), no intervalo de quatro aulas, com duração aproximada de duas horas. Cada ECI foi solucionado por dois grupos, simultaneamente, em ambas as turmas. Devido às restrições impostas pela pandemia da COVID-19, o componente curricular foi ministrado remotamente.

Concluída a etapa de resolução dos ECI, cada aluno, individualmente, produziu um texto, com no mínimo 800 palavras, no qual deveria argumentar a favor de uma estratégia capaz de mitigar a acrilamida no alimento mencionado no ECI que lhe havia sido atribuído para estudo.

Coleta e análise de dados

Um total de 53 textos produzidos pelos alunos que concluíram todas as tarefas relacionadas à resolução dos ECI foi analisado: 17 relacionados ao ECI “Batata Quente...Quente... Quente”, 18 ao “Expresso Curioso” e 18 ao “Promoção no Forno”. Selecionados os textos, estes foram padronizados (*standardizing an argument*), de acordo com as recomendações de Govier,¹⁴ sendo feita a distribuição das premissas e da conclusão final do argumento presente em cada texto. Em seguida, cada um deles foi analisado na perspectiva de atendimento, ou não, às características de um argumento (existência de premissas que subsidiam o alcance de uma conclusão). Aqueles que não atenderam a tais características, totalizando três, foram excluídos da etapa posterior da análise, que consistiu na observação do atendimento dos argumentos padronizados aos critérios ARS.

O procedimento consistiu, inicialmente, na análise da aceitabilidade de todas as premissas, de acordo com o que foi enunciado por Govier¹⁴ (observações (i) a (vii) apresentadas no tópico “Cogência dos Argumentos”). Premissas consideradas como não aceitáveis não foram analisadas quanto à relevância e suficiência e os argumentos que possuíam na sua constituição pelo menos uma premissa desse tipo foram classificados como não cogentes. Em seguida, as premissas reconhecidas como aceitáveis foram analisadas quanto à sua relevância, a saber: relevância positiva, relevância negativa, irrelevante. Por fim, foi realizada a análise da suficiência das premissas aceitáveis e relevantes.

Para a realização da análise de suficiência, foram consideradas ponderações presentes em estudos que discutem a pertinência e a aplicabilidade de técnicas de mitigação,^{19,20} nos quais a eficácia na redução da formação de acrilamida é apontada como o critério central para a escolha de uma estratégia, uma vez que apenas medidas capazes de promover redução significativa do contaminante são consideradas tecnicamente relevantes. Nessa perspectiva, somente os alunos que incorporaram esse tipo de premissa em seus argumentos asseguraram a suficiência dos mesmos.

Premissas que servem para conferir força aos argumentos que sustentam a escolha de uma determinada estratégia de mitigação, baseadas em aspectos diversos da eficácia da reação, foram também identificadas e categorizadas, *a priori*, como sendo relacionadas, além da eficácia, à: viabilidade operacional da estratégia; viabilidade econômica da estratégia; efeito da estratégia nas propriedades organolépticas do produto; impacto ambiental da estratégia; impacto da estratégia na saúde humana. Esta etapa de categorização e a anterior, que envolveu a análise do atendimento das premissas aos critérios ARS, foram realizadas individualmente por ambos os autores deste artigo que, em seguida, em reuniões conjuntas, buscaram consenso quanto às categorizações realizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este tópico apresenta ao leitor as soluções alcançadas para cada um dos ECI e discute a cogência dos argumentos produzidos pelos alunos. Conforme mencionado anteriormente, dentre os 53 textos investigados, três não possuíam caráter argumentativo e foram excluídos da etapa posterior da análise, que consistiu na observação do atendimento dos argumentos padronizados aos critérios ARS.

Batata quente...quente... quente: soluções para o ECI e cogência dos argumentos

A temática da formação de acrilamida em batatas fritas foi abordada no ECI solucionado pelos alunos identificados como A1 a A15. Este é estruturado a partir de uma narrativa, na qual o personagem Fábio, graduando em química, alerta seus familiares sobre a presença de acrilamida em batatas fritas comercializadas por uma rede de *fast-food*, diante do interesse de sua irmã pelo consumo do alimento. A partir dessa situação problema, e com o apoio de sua orientadora de iniciação científica, ele é levado a investigar os teores de acrilamida no produto. Nesse cenário, os alunos foram desafiados a elaborar argumentos escritos a favor de uma possível estratégia de mitigação do contaminante. As estratégias apontadas por cada um deles e o número de premissas empregadas para sustentar os argumentos estão sumarizados na Figura 1.

O branqueamento destacou-se como a estratégia mais frequentemente selecionada (por quatro alunos, isoladamente, e por mais quatro, de forma combinada). Tal predominância provavelmente resulta da ampla indicação na literatura dessa estratégia como sendo eficaz para a redução da formação de acrilamida em batatas fritas.²¹ O branqueamento é descrito como um procedimento capaz de promover a remoção parcial de açúcares redutores e de asparagina, reduzindo a disponibilidade dos principais precursores da reação de Maillard, a qual leva à formação, entre outros produtos, da acrilamida.²¹

Além do branqueamento isolado, dois alunos propuseram sua associação com a acidificação do meio e outros dois com a adição de cátions bivalentes, como cálcio. A escolha dessas combinações sugere que eles reconheceram limitações do branqueamento como intervenção única e buscaram reforçar sua eficácia por meio da integração de diferentes estratégias. Com relação à primeira

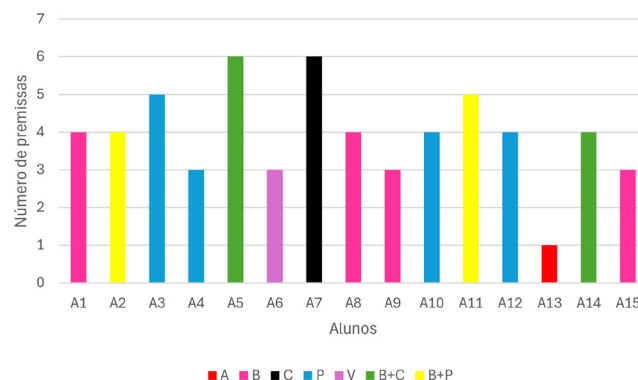


Figura 1. Número de premissas utilizadas por A1 a A15 nos argumentos elaborados para sustentar a escolha da estratégia de mitigação da acrilamida. As letras indicam as estratégias de mitigação: A: adição da enzima asparaginase ao meio reacional; B: branqueamento; C: adição de solução de cátions bivalentes ao meio reacional; P: diminuição do pH do meio reacional; V: cozimento a vácuo da matriz alimentar

combinação, a literatura aponta que a redução do pH pode interferir na cinética da reação de Maillard, desfavorecendo etapas intermediárias associadas à formação da acrilamida,²² enquanto a adição de cátions bivalentes é vista como potencial moduladora da disponibilidade de asparagina livre, por meio de interações com componentes da matriz alimentar.²³

Já A6, A7 e A13 mencionaram estratégias menos recorrentes na literatura, respectivamente, o cozimento a vácuo, a adição de cátions bivalentes e o uso isolado da enzima asparaginase. Estas são geralmente tratadas em contextos específicos ou como estratégias complementares.²³⁻²⁵ Tais escolhas sugerem que esses alunos utilizaram saberes mais específicos sobre a formação da acrilamida, indo além das soluções recorrentes, mostrando capacidade de explorar possibilidades menos evidentes, avertando uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos químicos em questão.

Tendo em vista o exposto, é possível afirmar que todas as soluções propostas para o ECI são pertinentes, sendo necessário avaliar, ainda, a cogência dos argumentos elaborados pelos alunos. Conforme mencionado anteriormente, este procedimento é iniciado a partir da análise da aceitabilidade de todas as premissas, de acordo com o que foi enunciado por Govier.¹⁴ Esta análise indicou que os argumentos de A3 a A5 e A7, A8 e A10 apresentaram uma premissa não aceitável, o que implica na não realização da análise dessas premissas quanto à relevância e suficiência e na imediata classificação desses argumentos como não cogentes. Coincidentemente todas as premissas não aceitáveis estiveram relacionadas às propriedades organolépticas conferidas ao produto após a implementação da estratégia de mitigação, baseadas em afirmações como a de A7 (“o método não alterou as propriedades organolépticas do alimento”). Esse tipo de afirmação não é correta, pois os efeitos observados ocorrem principalmente pela perda de compostos solúveis, por mudanças na estrutura do alimento e pela interferência em reações químicas responsáveis pelo sabor, aroma e cor durante o aquecimento. Estudos mostram que, embora essas estratégias reduzam a formação de acrilamida, afetam as características sensoriais dos alimentos, o que deve ser levado em conta tanto na produção industrial quanto na aceitação pelos consumidores.²⁶

Os argumentos dos demais alunos (A1, A2, A6, A9, A11 a A15) apresentaram todas as premissas aceitáveis, sendo a aceitabilidade respaldada, principalmente em subargumentos convincentes e por fontes confiáveis. A título de exemplo, é apresentada, a seguir, duas premissas presentes no argumento de A1, acompanhadas de afirmação oriunda de autoridade [1], fonte confiável [2] e subargumento [3].

[1] PREMISA: O branqueamento de batata é eficaz, pois resulta na diminuição de asparagina e açúcares redutores presentes nas batatas, assim, diminuindo a produção de acrilamida; AFIRMAÇÃO ORIUNDA DE AUTORIDADE: A partir disso, autores como Mestdagh (2008) e Israilides (2015) também defendem a mitigação da acrilamida pelo branqueamento, em até 63% e ao adicionar ácidos orgânicos durante o escaldamento, há um aumento na eficácia do método.

[2] PREMISA: O branqueamento de batata é eficaz, pois resulta na diminuição de asparagina e açúcares redutores presentes nas batatas, assim, diminuindo a produção de acrilamida; FONTE CONFIÁVEL: (...) como é mostrado na tabela abaixo.

[3] PREMISA: Além disso, no branqueamento há melhorias nas qualidades sensoriais das batatas; SUBARGUMENTO: No produto final há uma melhora na crocância da batata e na adição de ácidos orgânicos, dependendo de qual adicionado, pode ter uma alteração de sabor agradável para algumas pessoas.

Conforme ilustram os excertos, a primeira premissa é aceitável, pois encontra respaldo na voz de autoridade dos autores Mestdagh e Israilides e também em fonte confiável, neste caso, a tabela que está ilustrada no texto argumentativo, contendo dados extraídos da literatura. A segunda premissa, por sua vez, é respaldada por um subargumento, que a corrobora.

Com relação à análise da relevância das premissas consideradas como aceitáveis, foi observado que todas sustentam a veracidade da conclusão, sendo, portanto, classificadas como tendo relevância positiva. A análise da suficiência das premissas, segundo Govier,¹⁴ está relacionada à força, ao convencimento e à adequação do seu conjunto para justificar a conclusão principal. Conforme mencionado anteriormente, no contexto deste estudo, o conjunto de premissas dos alunos é suficiente para o alcance da conclusão sobre a melhor estratégia de mitigação da acrilamida apenas se contemplar a eficácia da mitigação. Nessa perspectiva, para a realização da análise da suficiência, foi necessário identificar, no argumento de cada um dos alunos, os aspectos abarcados nas premissas, conforme ilustra a Figura 2.

A Figura 2 evidencia que os argumentos de A1, A2, A6, A9, A11 a A15, que já haviam sido considerados como aceitáveis e relevantes, também são considerados como suficientes, pois abordaram aspectos

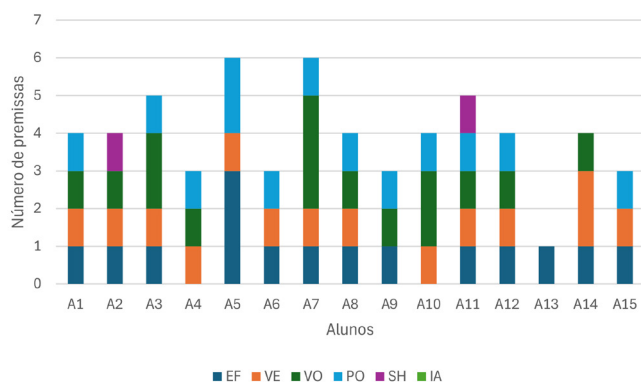


Figura 2. Número de premissas utilizadas por A1 a A15 no argumento elaborado para sustentar a escolha da estratégia de mitigação da acrilamida e os aspectos associados a cada uma delas. As letras indicam tais aspectos: EF: eficácia da estratégia; VO: viabilidade operacional da estratégia; VE: viabilidade econômica da estratégia; PO: efeito da estratégia nas propriedades organolépticas do produto; IA: impacto ambiental da estratégia; SH: impacto da estratégia na saúde humana

relacionados à eficácia da estratégia de mitigação. É ainda notável a diversidade de aspectos abordados por A11 nas cinco premissas que empregou para sustentar o seu argumento, abarcando, conforme indicam os excertos, a seguir, a eficácia [4], viabilidade econômica [5], viabilidade operacional [6], efeito da estratégia nas propriedades organolépticas do produto [7] e impacto da estratégia na saúde humana [8].

[4] PREMISA: De acordo com os autores acima mencionados, a associação desses dois métodos pode levar a uma redução na formação da acrilamida de até 90-100% dependendo da concentração do ácido (EFICÁCIA).

[5] PREMISA: O método do branqueamento também apresenta um ótimo custo benefício...(VIABILIDADE ECONÔMICA).

[6] PREMISA: (...) pode ser facilmente reproduzido tanto industrialmente quanto dentro de casas, utilizando um forno ou um forno micro-ondas (VIABILIDADE OPERACIONAL).

[7] PREMISA: E como mencionado acima, os métodos associados melhorarão a qualidade para consumo da batata, tornando-a mais crocante e saborosa (PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS).

[8] PREMISA: A associação dos métodos acima mencionados se mostra benéfica a saúde (SAÚDE).

Em síntese, 60% dos alunos construíram argumentos considerados cogentes, o que, em sentido amplo, equivale a bons argumentos. Esse resultado evidencia que, embora a atividade didática, pautada na resolução dos ECI, tenha favorecido a elaboração de soluções cientificamente pertinentes para o caso “Batata Quente...Quente...Quente”, a consolidação da habilidade de construção de argumentos cogentes representou um desafio para parte dos alunos, especialmente no que se refere à avaliação crítica de premissas relacionadas aos efeitos sensoriais das estratégias propostas, nessa matriz alimentícia, específica.

Expresso curioso: soluções para o ECI e cogência dos argumentos

A temática da formação de acrilamida no café foi abordada junto aos alunos identificados como A16 a A33. Os personagens principais da narrativa são dois pós-graduandos em química, Flávio e André, responsáveis por analisar a presença de acrilamida em cafés produzidos por uma rede comercial, considerando informações fornecidas pela empresa sobre o processo de torra, como parâmetros de tempo e temperatura. A partir desse contexto, os alunos foram desafiados a argumentar a favor de uma estratégia de mitigação do contaminante no produto final. As estratégias apontadas por cada um deles e o número de premissas empregadas para sustentar os argumentos estão sumarizados na Figura 3.

A adição da enzima asparaginase ao meio reacional destacou-se como a estratégia mais frequentemente selecionada, aparecendo tanto de forma isolada quanto associada a outras intervenções, como o descascamento do grão verde (por oito alunos, isoladamente, e por mais três, de forma combinada). Isso pode ser resultante da ampla divulgação, na literatura, da eficácia da asparaginase na redução da disponibilidade de asparagina livre — principal precursor da acrilamida — sem interferir diretamente nas condições térmicas do processo de torra. Além disso, o emprego da enzima é frequentemente apresentado como uma alternativa tecnologicamente viável para matrizes alimentares complexas, como o café, por atuar de forma específica sobre o aminoácido precursor, minimizando

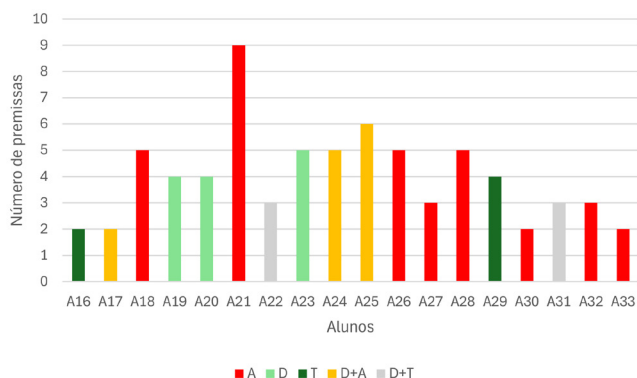


Figura 3. Número de premissas utilizadas por A16 a A33 nos argumentos elaborados para sustentar a escolha da estratégia de mitigação da acrilamida. As letras indicam as estratégias de mitigação consideradas: A: adição da enzima asparaginase ao meio reacional; D: descascamento do grão verde; T: torra a vácuo dos grãos

impactos diretos sobre as características sensoriais do produto final. A recorrência dessa estratégia nos argumentos dos alunos sugere a valorização conferida por eles a intervenções direcionadas e fundamentadas em evidências científicas.^{26,27}

O descascamento do grão verde também foi selecionado, aparecendo de forma isolada ou combinado com a adição de asparaginase (por três alunos, isoladamente, e por mais, cinco, de forma combinada). Essa estratégia está associada à remoção de camadas externas do grão, reconhecidas na literatura como regiões com maior concentração de precursores da acrilamida.²⁸ Além de sua eficácia potencial, o descascamento destaca-se pela simplicidade operacional, uma vez que não requer a introdução de insumos químicos adicionais nem modificações significativas nas condições do processo de torra. Sua recorrência em estudos prévios como uma intervenção viável reforça a percepção dos alunos quanto à relevância dessa técnica, especialmente por se tratar de uma estratégia de fácil aplicação e integração a etapas já existentes no processamento do café.²⁹

A torra a vácuo foi mencionada com menor frequência, tanto de forma isolada quanto em associação com o descascamento do grão (por dois alunos, isoladamente, e por mais, dois, de forma combinada). Essa estratégia relaciona-se à modificação das condições de processamento térmico, especialmente no que diz respeito à redução da pressão e, conseqüentemente, da temperatura efetiva de torra, fatores apontados na literatura como relevantes para a diminuição da formação de acrilamida.³⁰

De modo geral, as escolhas dos alunos que lidaram com o caso “Expresso Curioso” mostram-se alinhadas às estratégias de mitigação discutidas na literatura, evidenciando a articulação de conhecimentos consistentes sobre a formação da acrilamida no café. A predominância de sugestão de estratégias como a adição de asparaginase e o descascamento do grão verde indica a valorização de estratégias reconhecidas por sua eficácia e viabilidade tecnológica, enquanto a menção menos frequente à torra a vácuo sugere maior cautela diante de técnicas que demandam condições operacionais mais específicas. Além disso, a associação entre diferentes estratégias, observada em parte dos argumentos, aponta para uma compreensão de que a mitigação da acrilamida pode ser potencializada por abordagens combinadas.

Assim como observado para o caso “Batata quente...quente...quente”, a cogência dos argumentos elaborados pelos alunos foi investigada, analisando-se, inicialmente, a aceitabilidade de todas as premissas. Esta análise indicou que os argumentos de A20 a A23, A25, A28, A29 e A31 apresentaram uma premissa não aceitável, sendo estes, portanto, argumentos não cogentes.

Uma das premissas de A20 foi classificada como inaceitável por ignorar a realidade econômica do processamento de café. O descascamento, diferentemente do que foi afirmado pelo aluno, embora pareça simples, exige um alto consumo de energia e água, além de gerar uma grande quantidade de resíduos (casca e águas residuárias). Como aponta a literatura, os custos para gerenciar esses subprodutos e manter o maquinário em larga escala tornam o método oneroso e complexo.²⁹ No caso de A21, a inadequação de uma das suas premissas decorre da indicação indevida de semelhança entre o processo de descafeinação e a adição da enzima asparaginase. Na verdade, a descafeinação consiste na extração de um alcaloide específico (cafeína) por meio de solventes ou dióxido de carbono, ao passo que a asparaginase atua como um tratamento enzimático, promovendo a hidrólise da asparagina com o objetivo de prevenir a formação de acrilamida durante a torra. Trata-se, portanto, de processos fundamentados em mecanismos químicos distintos, orientados a finalidades tecnológicas diferentes, o que invalida a premissa proposta.²⁶

A inadequação de uma das premissas de A22, A29 e A31 repousa no fato de sustentarem a alegação de que parte da acrilamida seria eliminada por evaporação durante o processo de torra. Entretanto, a acrilamida possui baixa volatilidade nas condições térmicas típicas da torra do café, e sua elevada solubilidade em água não deve ser confundida com volatilidade, permanecendo majoritariamente no produto final.^{30,31} De modo análogo, premissas de A25 e A28 mostraram-se inconsistentes ao afirmarem que a torra não promove alterações nas propriedades organolépticas do café. Evidências consolidadas na literatura indicam que é justamente durante essa etapa que se intensificam as reações de Maillard e a degradação de Strecker, processos fundamentais para a formação do perfil sensorial característico, incluindo sabor, aroma e coloração do produto.³⁰ Por fim, uma das premissas de A23, embora baseada em uma fonte confiável (um gráfico), foi considerada inaceitável, pois os dados apresentados não sustentavam a afirmação feita pelo aluno.

Os argumentos dos demais alunos (A16 a A19, A24, A26, A27, A30, A32 e A33) apresentaram todas as premissas aceitáveis, sendo a aceitabilidade respaldada, principalmente em subargumentos convincentes e por fontes confiáveis. A título de exemplo, são apresentadas, a seguir, duas premissas presentes no argumento de A27, acompanhadas de afirmação oriunda de autoridade [9] e de subargumento [10].

[9] PREMISSA: A utilização da enzima possui uma grande eficácia; AFIRMAÇÃO ORIUNDA DE AUTORIDADE: pode diminuir em cerca de 55-77% a concentração de acrilamida em grãos verdes de café (2000 - 6000 ANSU)⁽⁵⁾.

[10] PREMISSA: A utilização da enzima pode gerar lucros as empresas; SUBARGUMENTO: utilizando um marketing acerca do tratamento da acrilamida, sendo um produto mais saudável, conseqüentemente atraindo mais consumidores e cafeterias.

Conforme ilustram os excertos, a primeira premissa é aceitável, pois toma por base a referência bibliográfica, indicada com o número 5, enquanto a segunda premissa, por sua vez, é respaldada por um subargumento, que a corrobora.

Com relação à análise da relevância das premissas consideradas como aceitáveis, todas foram classificadas como tendo relevância positiva. A análise da suficiência das premissas partiu do mesmo entendimento, apresentado anteriormente, de que o conjunto de premissas dos alunos é suficiente para o alcance da conclusão sobre a melhor estratégia de mitigação da acrilamida apenas se contempla a eficácia da mitigação. A Figura 4 ilustra os aspectos

abarcados nas premissas presentes nos argumentos de cada um dos alunos.

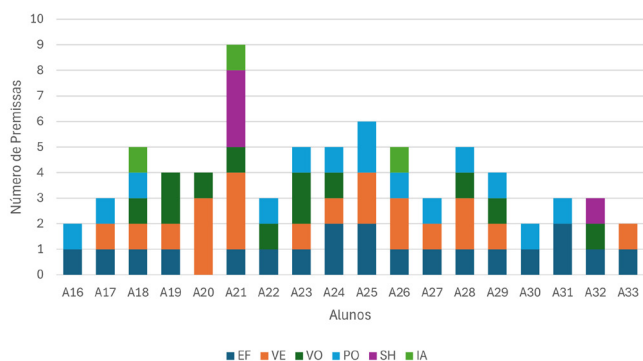


Figura 4. Número de premissas utilizadas por A16 a A33 no argumento elaborado para sustentar a escolha da estratégia de mitigação da acrilamida e os aspectos associados a cada uma delas. As letras indicam tais aspectos: EF: eficácia da estratégia; VO: viabilidade operacional da estratégia; VE: viabilidade econômica da estratégia; PO: efeito da estratégia nas propriedades organolépticas do produto; IA: impacto ambiental da estratégia; SH: impacto da estratégia na saúde humana

A Figura 4 mostra que os argumentos de A16 a A19, A24, A26, A27, A30, A32 e A33, que já haviam sido considerados como aceitáveis e relevantes, também são considerados como suficientes, pois abordaram aspecto relacionado à eficácia da estratégia de mitigação. Dentre os textos analisados, o de autoria de A18 mostra a maior diversidade de aspectos abordados nas cinco premissas nele contidas, abarcando, conforme indicam os excertos, a seguir, a eficácia [11], viabilidade econômica da estratégia [12], viabilidade operacional da estratégia [13], efeito da estratégia nas propriedades organolépticas do produto [14] e impacto ambiental da estratégia [15]. Cabe destacar que a quarta premissa [14] está correta, pois o aluno se refere à enzima asparaginase, que realmente não altera as propriedades organolépticas do café.³²

[11] PREMISA: A aplicação da asparaginase foi feita em diferentes concentrações, analisando como o mesmo influencia nos resultados. Para as dosagens baixas, atingiu uma redução de 55% a 74%, para as doses altas, mitigou entre 69% a 86% (EFICÁCIA).

[12] PREMISA: Tal enzima pode ser reaproveitada (VIABILIDADE ECONÔMICA).

[13] PREMISA: (...) além da aplicação em escala industrial (VIABILIDADE OPERACIONAL).

[14] PREMISA: (...) não alterar as características organolépticas e sensoriais do mesmo (PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS).

[15] PREMISA: (...) não apresentar riscos de contaminação ambiental (IMPACTO AMBIENTAL).

A análise dos textos elaborados para solucionar o ECI “Expresso Curioso” evidenciou que, embora as estratégias de mitigação propostas estejam alinhadas à literatura científica, nem todos os alunos conseguiram elaborar argumentos cogentes, o que foi alcançado por 56% deles. Esse resultado está alinhado com aquele discutido no tópico anterior, referente ao ECI “Batata Quente...Quente...Quente”. Ou seja, a proposição de soluções plausíveis para o ECI não garante, por si só, a construção de argumentos cogentes, tendo sido observado, para este ECI em análise, dificuldades dos alunos associadas à avaliação crítica de aspectos econômicos e sensoriais do processamento do café.

Promoção no forno: soluções para o ECI e cogência dos argumentos

A temática da formação de acrilamida em pães torrados foi abordada junto aos alunos identificados como A34 a A50. O ECI tem como personagem central uma estagiária de uma empresa do setor alimentício, responsável por analisar estratégias voltadas à redução da acrilamida em torradas produzidas comercialmente, considerando a necessidade de conciliar a diminuição do contaminante com a manutenção das características sensoriais do produto. A partir desse cenário, os alunos foram desafiados a propor estratégias de mitigação do contaminante. As estratégias apontadas por cada um deles e o número de premissas empregadas para sustentar os argumentos estão sumarizados na Figura 5.

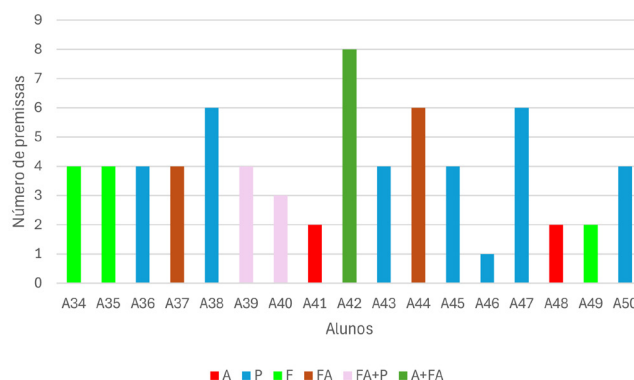


Figura 5. Número de premissas utilizadas por A34 a A50 nos argumentos elaborados para sustentar a escolha da estratégia de mitigação da acrilamida. As letras indicam as estratégias de mitigação consideradas: A: adição da enzima asparaginase ao meio reacional; P: diminuição do pH do meio reacional; F: alterações durante o processo de fermentação

A acidificação do meio reacional destacou-se como uma das estratégias mais frequentemente selecionadas, aparecendo de forma isolada ou associada ao uso de farinhas alternativas (por sete alunos, isoladamente, e por mais dois, de forma combinada). A literatura³³ descreve a redução do pH como um fator capaz de interferir na reação de Maillard, limitando etapas intermediárias envolvidas na formação da acrilamida em produtos panificados submetidos à torrefação.

As farinhas alternativas apareceram como estratégia complementar ou isolada em parte das respostas, indicando que alguns alunos direcionaram sua atenção para modificações na formulação do produto como meio de reduzir a formação de acrilamida (por dois alunos, isoladamente, e por mais três, de forma combinada). A literatura³⁴ aponta que a substituição parcial da farinha de trigo por outras farinhas pode alterar a composição de açúcares redutores e de aminoácidos livres, influenciando a extensão da reação de Maillard.

A fermentação foi mencionada por três alunos e associada à redução da disponibilidade dos precursores da reação de Maillard, uma vez que esses compostos podem ser consumidos pelo metabolismo microbiano ao longo do processo fermentativo.³⁵ Embora essa estratégia seja reconhecida na literatura como potencialmente eficaz na mitigação da acrilamida, sua menor recorrência nos argumentos pode estar relacionada ao menor destaque que recebe em comparação com intervenções baseadas no uso de aditivos, como a asparaginase.¹⁷

Nesse sentido o uso da enzima asparaginase também foi mencionada, tanto de forma isolada quanto em combinação com farinhas alternativas (por dois alunos, isoladamente, e por mais um, de forma combinada). Essa estratégia encontra respaldo consistente na literatura,^{17,18} uma vez que a asparaginase atua

diretamente na conversão da asparagina livre em ácido aspártico, reduzindo a disponibilidade do principal precursor da acrilamida durante o aquecimento. No entanto, o emprego dessa técnica é mais frequentemente relatado em outras matrizes alimentares, como o café, o que pode explicar sua menor associação com produtos de panificação nos argumentos dos alunos, apesar de seu potencial reconhecido na mitigação da acrilamida.

De modo geral, as escolhas dos alunos no caso “Promoção no Forno” mostram-se alinhadas às estratégias de mitigação amplamente discutidas na literatura científica. Além disso, a opção de alguns alunos pela combinação de diferentes técnicas sugere o reconhecimento de que abordagens integradas podem resultar em efeitos mais expressivos na mitigação da acrilamida, reforçando uma compreensão mais sofisticada de aspectos envolvidos no processo.^{17,18}

Assim como observado para os casos “Batata Quente...Quente... Quente” e “Expresso Curioso”, a cogência dos argumentos elaborados pelos alunos foi investigada, analisando-se, inicialmente, a aceitabilidade de todas as premissas. Esta análise indicou que os argumentos de A37, A38, A39, A44, A47 e A50 apresentaram uma premissa não aceitável, o que implica na classificação dos argumentos como não cogentes. A não aceitabilidade das premissas dos alunos A37, A38, A39, A47 e A50 está relacionada a afirmações sobre propriedades organolépticas conferidas ao produto após a implementação da estratégia de mitigação, baseadas em afirmações como a de A39 (“(...) não alterando as propriedades organolépticas”). Conforme mencionado anteriormente, a premissa está incorreta, pois as técnicas que reduzem o teor de acrilamida costumam prejudicar o sabor, a cor e o aroma do alimento, com algumas poucas exceções.²⁶

Já uma das premissas do aluno A44 apresenta uma interpretação equivocada do estudo de referência. A redução da acrilamida reportada na literatura não decorre da simples substituição da farinha de trigo por farinhas alternativas, mas sim da seleção de matérias-primas com conteúdo limitado do aminoácido asparagina. Ademais, A44 transpõe resultados obtidos em massas fritas para produtos assados (torradas), sem que o estudo citado forneça base experimental para tal correlação ou confirme a manutenção dos parâmetros de tempo e temperatura em diferentes matrizes alimentares.³⁶

Os argumentos dos demais alunos (A34, A35, A36, A40 a A43, A45, A46, A48 e A49) apresentaram todas as premissas aceitáveis, sendo a aceitabilidade respaldada, principalmente em subargumentos convincentes e em afirmações oriundas de autoridade. A título de exemplo, são apresentadas, a seguir, duas premissas presentes no argumento de A42, acompanhadas de afirmação oriunda de autoridade [16] e subargumento [17].

[16] PREMISA: (...) a substituição parcial ou total de farinhas tem mostrado um tremendo potencial; AFIRMAÇÃO ORIUNDA DE AUTORIDADE: pesquisas realizadas com farinhas de cevada que mostraram uma redução de 72% de acrilamida no produto final (Kobayasgi, 2019).

[17] PREMISA: Os estudos com farinhas alternativas ainda engatinham, porém já mostram resultados animadores, que não se limitam a acrilamida, sendo eles mais nutritivos, saudáveis, econômicos e até mesmo sustentáveis; SUBARGUMENTO: (...) o fato de proverem não só de materiais de baixa procura no mercado como também de materiais que seriam descartados, assim levantando não só um caráter econômico como sustentável da técnica.

Conforme ilustram os excertos, a primeira premissa é aceitável, pois toma por base o trabalho de Kobayasgi, enquanto a segunda

premissa encontra suporte em um subargumento, que a corrobora. Com relação à análise da relevância das premissas consideradas como aceitáveis, todas foram classificadas como tendo relevância positiva. A análise da suficiência das premissas, conforme mencionado anteriormente, pautou-se na indicação, ou não, de aspectos relacionados à eficácia da estratégia de mitigação do contaminante no texto dos alunos. A Figura 6 ilustra os aspectos englobados nas premissas presentes nos argumentos de cada um deles.

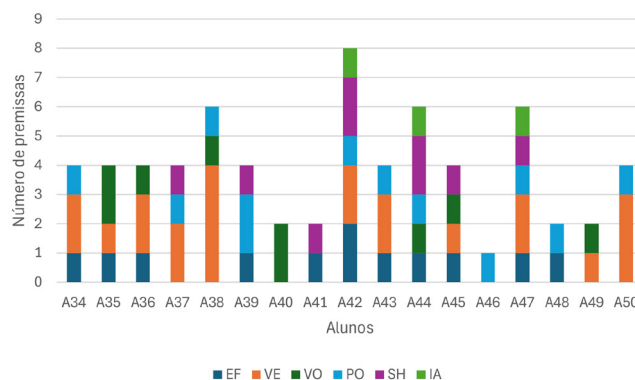


Figura 6. Número de premissas utilizadas por A34 a A50 no argumento elaborado para sustentar a escolha da estratégia de mitigação da acrilamida e os aspectos associados a cada uma delas. As letras indicam tais aspectos: EF: eficácia da estratégia; VO: viabilidade operacional da estratégia; VE: viabilidade econômica da estratégia; PO: efeito da estratégia nas propriedades organolépticas do produto; IA: impacto ambiental da estratégia; SH: impacto da estratégia na saúde humana

A Figura 6 mostra que, dentre os argumentos que haviam sido classificados como aceitáveis e relevantes, de autoria de A34, A35, A36, A40 a A43, A45, A46, A48 e A49, três deles não abarcam nenhuma premissa que considera o aspecto da eficácia da reação (A40, A46 e A49), sendo, portanto, considerados como não cogentes. É ainda notável a diversidade de aspectos abordados por A42 nas cinco premissas que empregou para sustentar o seu argumento, considerando, conforme indicam os excertos, a seguir, a eficácia [18], viabilidade econômica [19], efeito da estratégia nas propriedades organolépticas do produto [20], impacto da estratégia na saúde humana [19] e impacto ambiental da estratégia [19].

[18] PREMISA: A eficácia do seu uso se comprova pelo gráfico a seguir (EFICÁCIA).

[19] PREMISA: Os estudos com farinhas alternativas ainda engatinham, porém já mostram resultados animadores, que não se limitam a acrilamida, sendo eles mais nutritivos, saudáveis, econômicos e até mesmo sustentáveis (VIABILIDADE ECONÔMICA, IMPACTO NA SAÚDE e IMPACTO AMBIENTAL).

[20] PREMISA: Não se limitando à acrilamida, as farinhas alternativas demonstram um valor nutricional elevado e características sensoriais agradáveis (PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS).

A análise dos textos elaborados para solucionar o ECI “Promoção no Forno” mostrou que, embora as estratégias de mitigação propostas estejam, em sua maioria, alinhadas à literatura científica, menos da metade dos alunos (aproximadamente 47%) conseguiu elaborar argumentos cogentes, corroborando resultados discutidos nos tópicos anteriores e destacando a dificuldade encontrada por alguns alunos relacionadas à avaliação crítica dos impactos sensoriais e à correta interpretação de evidências experimentais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de argumentos elaborados com o propósito de defender pontos de vista relacionados à mitigação da acrilamida em alimentos, em contexto de resolução de ECI, evidenciou o potencial das atividades didáticas realizadas para promover a articulação de conhecimentos químicos e a construção de argumentos cogentes por parte considerável dos alunos matriculados no componente curricular em questão. A articulação de tais conhecimentos levou a totalidade dos 50 alunos a solucionar os ECI de forma adequada e mais da metade daqueles que lidaram com os ECI “Batata Quente...Quente... Quente” e “Expresso Curioso” elaboraram argumentos consistentes para sustentar a estratégia de mitigação da acrilamida escolhida, atendendo aos critérios ARS.

Em contraponto, menos da metade dos alunos que solucionaram o ECI “Promoção no Forno” elaboraram argumentos cogentes, sugerindo que características inerentes aos ECI podem contribuir para um desempenho diverso. Com efeito, a complexidade da matriz alimentar abordada nos ECI e os processos tecnológicos que os perpassam tornam mais, ou menos, árdua a construção de argumentos. Enquanto o caso “Batata Quente...Quente... Quente” concentrou-se em intervenções de processamento relativamente diretas, o caso “Expresso Curioso” demandou maior associação entre aspectos bioquímicos e tecnológicos, e o caso “Promoção no Forno” exigiu a consideração simultânea de fatores químicos, tecnológicos e sensoriais. Provavelmente, essa progressão de complexidade refletiu-se nas dificuldades encontradas pelos alunos para integrar múltiplos aspectos em um argumento cogente, especialmente no último ECI.

Os resultados ainda salientam que a proposição de soluções adequadas para os ECI por parte dos alunos, embora contribua para a elaboração de bons argumentos, não se constitui, por si só, garantia para tal, indicando a necessidade de discussões mais amplas, no âmbito da aplicação de atividades didáticas dessa natureza, de fatores que vão além daqueles abarcados pelos conhecimentos químicos, e enfatizem a avaliação crítica e a interpretação adequada de informações disponíveis tanto na literatura da área quanto em veículos de popularização da ciência, nos quais a discussão de aspectos econômicos, ambientais e sociais estejam também presentes.

Com relação às limitações do presente estudo, é necessário apontar os percalços no que diz respeito à etapa inicial de padronização dos argumentos, assim como naquela que envolveu a análise da aceitabilidade das premissas, o que exigiu dos autores do presente manuscrito conhecimentos robustos vinculados à Química de Alimentos. Tais dificuldades, entretanto, não invalidam os resultados, mas reforçam a complexidade inerente à análise dos argumentos escritos em contextos educacionais. Ademais, cabe ainda destacar o número restrito de sujeitos da pesquisa e o seu contexto de realização (período pandêmico), além da possível influência do trabalho em grupo na construção dos textos individuais.

As contribuições da pesquisa, por sua vez, estão fortemente relacionadas ao oferecimento de subsídios aos professores no que tange à adoção dos ECI nos ambientes de ensino e aprendizagem nos quais atuam, assim como aos investigadores da área de Educação em Química, ao mostrar a viabilidade e potencial analítico da aplicação dos critérios ARS, ainda não amplamente difundidos na área.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados devem ser solicitados ao autor correspondente e todos os estudos de caso interrompidos estão disponíveis, na íntegra, em <https://gpeqsc.iqsc.usp.br/estudos-de-caso-interrompidos/>.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (processo 300448/2025-2) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Faize, F. A.; Husain, W.; Nisar, F.; *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* **2018**, *14*, 475. [Crossref]
2. National Research Council; *Next Generation Science Standards: For States, By States*; The National Academies Press: Washington, DC, 2013. [Crossref]
3. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); *Matriz de Avaliação de Ciências*; Inep: Brasília, 2013. [Link] acessado em maio 2026
4. Ministério da Educação; *Base Nacional Comum Curricular*; MEC, Brasília, 2018. [Link] acessado em maio 2026
5. Román, I. F.; Zapata, M. F.; *Educ. Pesqui.* **2019**, *45*, e197601. [Crossref]
6. Queiroz, S. L.; Sá, L. P.; *Educ. Quím.* **2009**, *20*, 104. [Link] acessado em maio 2026
7. Selbach, A. L.; Daniel, D. P.; Ribeiro, D. C. A.; Passos, C. G.; *Quim. Nova Esc.* **2021**, *43*, 38. [Crossref]
8. Sá, L. P.; Francisco, C. A.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 731. [Link] acessado em maio 2026
9. dos Passos, K.; Campo, L. F.; Daniel, D. P.; de Lima, F. S. C.; Passos, C. G.; *Quim. Nova* **2018**, *41*, 1209. [Crossref]
10. da Silva, L. G.; Francisco, W.; *Quim. Nova Esc.* **2020**, *42*, 157. [Crossref]
11. Souza, N. S.; Cabral, P. F. O.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova Esc.* **2018**, *40*, 153. [Crossref]
12. Leitão, S.; Almeida, E. G. S.; *Psicologia: Reflexão e Crítica* **2000**, *13*, 351. [Crossref]
13. da Cunha, P. L. R.; Almondes, R. R. S.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2025**, *48*, e-20250204. [Crossref]
14. Govier, T.; *A Practical Study of Argument*, 7th ed.; Cengage Learning: Wadsworth, 2010. [Link] acessado em maio 2026
15. Silva Neto, P. P. F.; *Revista dos Tribunais* **2012**, *101*, 251. [Link] acessado em junho 2026
16. Matos, R.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2026**, *49*, e-20260011. [Crossref]
17. Seródio, A. P. F. A.; *Acrilamida em Bolachas: Ocorrência, Análise e Estratégias de Mitigação*; Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2015. [Link] acessado em maio 2026
18. de Jesus, S. P. A.; *Estratégias de Redução e Mitigação da Acrilamida em Produtos de Panificação*; Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2016. [Link] acessado em maio 2026
19. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); *EFSA J.* **2015**, *13*, 4104. [Crossref]
20. Friedman, M.; *J. Agric. Food Chem.* **2003**, *51*, 4504. [Crossref]
21. Pedreschi, F.; Kaack, K.; Granby, K.; *LWT - Food Sci. Technol.* **2004**, *37*, 679. [Crossref]
22. Jung, M. Y.; Choi, D. S.; Ju, J. W.; *J. Food Sci.* **2006**, *68*, 1287. [Crossref]
23. Gökmen, V.; Şenyuva, H. Z.; *Eur. Food Res. Technol.* **2007**, *225*, 815. [Crossref]
24. Granda, C.; Moreira, R. G.; Tichy, S. E.; *J. Food Sci.* **2006**, *69*, E405. [Crossref]
25. Gazi, S.; Taş, N. G.; Görgülü, A.; Gökmen, V.; *Food Chem.* **2023**, *402*, 134224. [Crossref]
26. Bräthen, E.; Knutsen, S. H.; *Food Chem.* **2005**, *92*, 693. [Crossref]
27. Yashwanth, B. S.; Premachandran, M. S.; Karkera, P. S.; Murthy, P. S.; *Food Control* **2024**, *163*, 110485. [Crossref]
28. Strocchi, G.; Rubiolo, P.; Cordero, C.; Bicchi, C.; Liberto, E.; *Food Chem.* **2022**, *393*, 133406. [Crossref]

29. Hiraga, Y.; Yoshida, C.; Aoki, K.; Watanabe, M.; *Innovative Food Sci. Emerging Technol.* **2025**, *104*, 104154. [Crossref]
30. Alcantara, G. M. R. N.; Martins, L. C.; Gomes, W. P. C.; Dresch, D.; Rocha, F. R. P.; Melchert, W. R.; *Food Chem.* **2025**, *477*, 143169. [Crossref]
31. Mottram, D. S.; Wedzicha, B. L.; Dodson, A. T.; *Nature* **2002**, *419*, 448. [Crossref]
32. Muhyideen, Z. F. A.; Ku, K. M. B.; Jati, M.; Haiyee, Z. A.; *Baghdad Science Journal* **2026**, *23*, 249. [Crossref]
33. Cankaya, S.; Günal, R.; Somuncu, E. İ.; Navruz-Varlı, S.; *Eur. Food Res. Technol.* **2025**, *251*, 2077. [Crossref]
34. Capuano, E.; Ferrigno, A.; Acampa, I.; Serpen, A.; Açar, Ö. Ç.; Gökmen, V.; Fogliano, V.; *Food Res. Int.* **2009**, *42*, 1295. [Crossref]
35. Fredriksson, H.; Tallving, J.; Rosen, J.; Åman, P.; *Cereal Chem.* **2004**, *81*, 650. [Crossref]
36. de Oliveira, I. M.; de Melo, F. S. N.; de Sousa, M. M.; Menezes, M. S.; Paz, E. O.; Cavalcanti, M. S.; *Research, Society and Development* **2020**, *9*, e441996228. [Crossref]