

## UMA ANÁLISE DE HABILIDADES COGNITIVAS A PARTIR DE UMA ABORDAGEM ARGUMENTATIVA NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA

### AN ANALYSIS OF COGNITIVE SKILLS FROM AN ARGUMENTATIVE APPROACH IN UNDERGRADUATE CHEMISTRY LABORATORY

ADRIANE RÖEDEL HIRDES\*  
VANIA ELISABETH BARLETTE\*\*  
PAULO HENRIQUE GUADAGNINI\*\*\*

#### RESUMO

Este estudo analisa habilidades cognitivas manifestadas por estudantes numa atividade experimental investigativa no laboratório de graduação de Química no processo de produzir e testar explicações argumentativas para a curva de resfriamento de uma amostra de ácido esteárico. A atividade foi planejada com base num modelo hipotético-preditivo, em três fases, com apoio de um sistema de aquisição automática de dados de modo a privilegiar o aspecto investigativo, voltado a elaboração e teste de hipóteses. Participaram do estudo, de forma voluntária e anônima, acadêmicos de uma universidade pública brasileira. Os participantes responderam a itens dos guias de acompanhamento da atividade. O instrumento de análise das habilidades alvo foi elaborado na perspectiva de processos cognitivos na dimensão do conhecimento da taxonomia de Bloom revisada. As análises indicam maiores dificuldades para propor contra-argumentos, elaborar explicações fundamentadas, e avaliar hipótese.

**Palavras-chave:** Habilidades cognitivas. Argumentação. Ensino de Química.

#### ABSTRACT

*This study analyzes cognitive skills showed by students in an experimental activity in undergraduate Chemistry laboratory in the process of producing and testing argumentative explanations for the cooling curve of a sample of stearic acid. The activity was planned based on a hypothetical-predictive model, in three phases, with the support of an automatic data acquisition system in order to privilege the investigative aspect, focused on the elaboration and testing of hypotheses. Participants were academics from a Brazilian public university who voluntarily and anonymously responded to items in the activity's guides. Skill analysis instrument was elaborated from the perspective of cognitive processes in the knowledge dimension of the revised Bloom taxonomy. The analyzes indicate greater difficulties to propose counterarguments, elaborate explanatory reasoning and evaluate hypotheses.*

**Keywords:** Cognitive skills. Argumentation. Chemistry education.

\* Mestre em Ensino de Ciências. Universidade Federal do Pampa. E-mail: [adrianehirdes@unipampa.edu.br](mailto:adrianehirdes@unipampa.edu.br)

\*\* Professora Doutora. Universidade Federal do Pampa. E-mail: [vaniabarlette@unipampa.edu.br](mailto:vaniabarlette@unipampa.edu.br)

\*\*\* Professor Doutor. Universidade Federal do Pampa. E-mail: [paulogadagnini@unipampa.edu.br](mailto:paulogadagnini@unipampa.edu.br)

## INTRODUÇÃO

Ações típicas do trabalho experimental investigativo envolvem, por exemplo, processos cognitivos associados a observação, análise, interpretação e levantamento de hipóteses (GIL PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2007). Ainda que no laboratório didático investigativo não se faça um autêntico trabalho de investigação, uma vez que o objeto do conhecimento a ser explorado pelos estudantes tem interpretações conhecidas pela ciência (MILLAR, 2004), as ações envolvidas são tanto sobre objetos concretos e propriedades observáveis, quanto sobre objetos conceituais e representações do conhecimento. Esse conjunto de ações proporciona um movimento entre o domínio dos fatos e o domínio das ideias, entre o domínio da concretude e o domínio da abstração, possibilitando análise, avaliação e criação. A capacidade de transitar entre esses dois domínios permite a articulação entre conhecimentos científicos e dados experimentais de forma a produzir evidências, e relacionar evidências a conclusões por meio de argumentos (MILLAR, 2004; MILLAR; ABRAHAMS, 2009). Savian Filho (2010) já aponta que uma conclusão pode ser considerada como resultado de interações entre informações conhecidas. O modo como estudantes articulam e justificam relações entre evidências e conclusões tem sido investigada na pesquisa em ensino de ciências na perspectiva da argumentação por Chin e Osborne (2010), Henao e Stipcich (2008), Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007), Osborne et al. (2001), Sampson e Clark (2008), Sardà-Jorge e Sanmartí Puig (2000), entre outros.

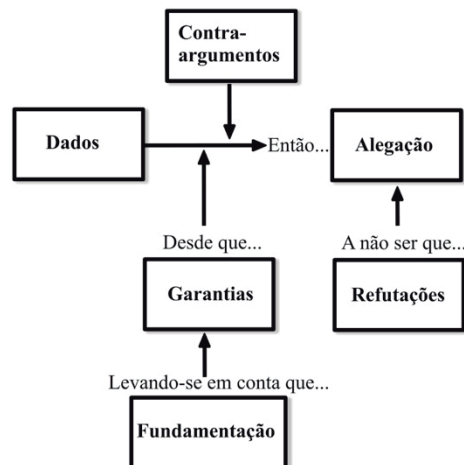
A compreensão das ciências como construção social e histórica, envolvendo práticas investigativas com procedimentos para examinar hipóteses acerca do comportamento da natureza, leva-nos a repensar o ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos no laboratório didático de ciências com base em modelos que contenham elementos característicos do fazer científico, especialmente o laboratório didático investigativo, aproximando a ciência do seu ensino (GIL PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996; HODSON, 1994, 2005; MILA-GARCIA; ANDERSEN, 2007). Nesse sentido, alinhado a uma concepção de laboratório didático voltado mais a atividade do pensar do que a do fazer (LURIA, 2017), o presente estudo se insere numa perspectiva de ensino por investigação, voltada à compreensão de fenômenos químicos e mobilização de processos cognitivos para o desenvolvimento da capacidade argumentativa, contrapondo-se a um ensino algorítmico tradicionalmente praticado (FERNANDES; SILVA, 2004; MILA-GARCIA; ANDERSEN, 2007). Costa (2008) aponta para a necessidade de tornar a argumentação um conteúdo de ensino, com o objetivo de desenvolver nos estudantes esta capacidade. Dentro desse contexto, o objetivo que se coloca neste estudo é analisar habilidades cognitivas manifestadas por graduandos em uma atividade experimental investigativa no laboratório de Química no processo de testar hipótese para uma situação experimental e produzir explicações argumentativas. A finalidade do trabalho está no horizonte de contribuições para o ensino de Ciências relacionadas ao desenvolvimento do pensamento cognitivo. A contribuição deste estudo é propor investigações dentro de um modelo hipotético-preditivo no laboratório de Química que possibilitem desenvolver nos estudantes capacidades de mobilização e articulação de conhecimentos.

## ARGUMENTAÇÃO E PROCESSOS COGNITIVOS

Uma explicação científica envolve racionalização sobre como certos dados podem ser tomados como evidências e por que certas informações científicas podem dar sustentação a relações entre evidências e conclusões, produzindo hipóteses ou compreensão sobre o fenômeno em questão

(RODRIGUES; PEREIRA, 2018). O sucesso da explicação em produzir compreensão é examinada por argumentos considerando o grau de consistência e relevância das explicações. A explicação científica é, portanto, instrumento chave no desenvolvimento da ciência, por permitir a aceitação ou refutação de uma conclusão ou hipótese. O processo de produzir argumentos contendo justificativas fundamentadas teoricamente para relacionar evidências e conclusões é considerado na literatura como a forma mais simples de argumentação. Nesse modelo, os três elementos essenciais da argumentação são os dados ou evidências, a conclusão ou alegação e o que justifica esta relação. Essa é a forma simplificada do modelo de Toulmin (2007). Dentre os modelos de argumentos propostos na literatura, o modelo de Toulmin tem tido grande destaque na pesquisa em ensino de ciências (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2014; SÁ; QUEIROZ, 2007). Um esquema deste modelo está apresentado na Figura 1. Nesse esquema, um argumento deve conter uma alegação, cuja validade deve ser estabelecida, e é gerada a partir de dados que servem de base para a alegação. Além dos elementos alegação e dados, os seguintes elementos de um argumento são necessários nesse modelo: as garantias, que são utilizadas para justificar o porquê dos dados serem relevantes para conclusão; a fundamentação teórica ou experimental que são usadas para estabelecer condições gerais que dão apoio à aceitabilidade das garantias, a fim de que os dados e alegações não sejam questionados; as refutações, que são as restrições circunstanciais a que a alegação pode ser legitimamente aplicada; e os qualificadores modais, que dão apoio as relações entre dados e alegação (então, desde que, a não ser que, etc.). Esse modelo foi utilizado para estruturar a primeira parte da atividade didática neste estudo.

**Figura 1** - Esquema de argumento no modelo de Toulmin (2007).

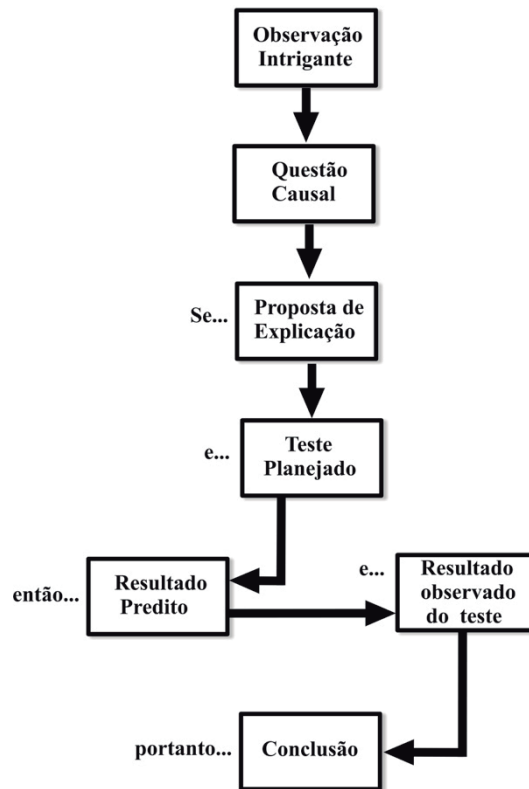


Fonte: Baseado em Toulmin (2007).

Lawson (2003) faz uma crítica a esse modelo, uma vez que ele não apresenta elementos para que a alegação ou conclusão seja testada. Com isso, Lawson propõe um modelo hipotético-preditivo para validar a conclusão ou alegação, permitindo aos estudantes gerar argumentos, semelhante ao que é feito pelos pesquisadores em ciência. O modelo proposto é apresentado na Figura 2. Esse esquema de argumento não apenas faz uma proposta de explicação para conectar dados e conclusão, mas também faz um planejamento baseado em previsões e análise de resultados observados. Segundo Lawson (2003), este tipo de argumento faz uma avaliação das explicações alternativas baseadas em raciocínio

hipotético-preditivo, com aplicações importantes para o ensino de ciências no laboratório didático investigativo. Esse modelo foi utilizado para estruturar toda a atividade prática experimental deste estudo.

**Figura 2** - Esquema de argumento no modelo hipotético-preditivo de Lawson (2003).



Fonte: Baseado em Lawson (2003).

A argumentação envolve vários processos cognitivos. Na revisão da Taxonomia de Objetivos Educacionais proposta por Bloom e colaboradores em 1948, Anderson e Krathwohl (2001) mantiveram o pressuposto que os processos cognitivos são organizados hierarquicamente, desde processos cognitivos mais simples até processos mais complexos, mas algumas categorias foram renomeadas para dar conta de novas interpretações oportunizadas pelas ciências cognitivas. Os processos cognitivos, interpretados na dimensão do conhecimento (factual, conceitual, procedural e metacognitivo) foram categorizados, em ordem de complexidade, como lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar. Zoller e colaboradores (ZOLLER, 1993; ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002; ZOLLER; PUSHKIN, 2007; ZOLLER; TSAPARLIS, 1997), no contexto do Ensino de Química, agruparam em habilidades LOCS (*Lower Order Cognitive Skills*) manifestações que são mobilizadas por processos cognitivos de ordem mais baixa, e em habilidades HOCS (*Higher Order Cognitive Skills*) aquelas mobilizadas por processos cognitivos de ordem mais alta. Esses pesquisadores categorizaram como itens de conhecimento LOCS aqueles que requerem do estudante apenas “lembrar” conhecimentos ou “aplicar” conhecimentos em situações e contextos já familiares, podendo as soluções serem resolvidas de forma algorítmica, sem que o estudante necessariamente compreenda os procedimentos de solução envolvidos. São categorizados como itens (questões) de conhecimentos HOCS aqueles que requerem do estudante conhecimentos e sua

aplicação em situações que demandam análise, síntese, capacidade de solução de problemas, e avaliação, incluindo situações pouco familiares aos estudantes, requerendo parcial ou total capacidade de raciocínio, tomadas de decisão e pensamento crítico (ZOLLER, 1993; ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002; ZOLLER; PUSHKIN, 2007; ZOLLER; TSAPARLIS, 1997). As formas algorítmicas de conhecimento ou ALG (*Algorithmic*) são incluídas por esses e outros autores na categoria LOCS (SUART; MARCONDES, 2009, 2008; ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002), e, neste estudo, seguiremos este mesmo procedimento.

## PLANEJAMENTO DA INTERVENÇÃO

### Descrição geral

O ácido esteárico é um ácido carboxílico orgânico de origem animal ou vegetal obtido do fracionamento de ácidos graxos pela hidrólise do sebo animal. Esse ácido é também reconhecido por ácido octadecanóico (nome recomendado pela IUPAC), ácido 1-heptadecanocarboxílico, ácido estearofânico ou ácido n-octadecílico. Por ser um ácido carboxílico, o ácido esteárico apresenta em sua estrutura o grupo funcional carboxila (-COOH) ligado a uma longa cadeia contendo 17 átomos de carbono. O ácido esteárico pode ser representado pela sua fórmula molecular  $C_{18}H_{36}O_2$  e pela sua fórmula química  $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ . Dentre suas principais características físico-químicas, podemos destacar sua aparência, que no estado sólido apresenta cor branca, odor característico de sebo o que originou seu nome (do latim *stear*, sebo), alto ponto de ebulição (383 °C), sendo também insolúvel em água.

A situação experimental objeto da intervenção foi o levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico. Curvas de aquecimento e resfriamento geralmente representam o comportamento de uma substância durante uma transição de fase mediante fornecimento ou retirada de energia térmica, ou seja, mostram um gráfico da temperatura do sistema *versus* a quantidade de calor adicionado ou retirado (ATKINS; JONES, 2006). Toda transição de fase é acompanhada por uma variação na energia do sistema em que a temperatura do sistema permanece constante porque a energia adicionada ou retirada é usada para romper ou criar interações intermoleculares atrativas entre as moléculas em vez de aumentar sua energia cinética (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

A escolha da situação, levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico para o laboratório didático difere daquelas tradicionalmente utilizadas para o estudo experimental de transições de fase. Exemplos de situação experimental para estudo de transição de fase muito utilizados em laboratórios didáticos são mudanças de estado físico da água, tais como aquecimento da água, com mudança de fase sólido-líquido, ou líquido-gasoso, representando graficamente as curvas de aquecimento obtidas. Experimentos que envolvem curvas de resfriamento são pouco utilizados nos laboratórios didáticos, pois demandam maior tempo para sua execução, seja pela dificuldade na coleta de dados, seja pela falta de equipamentos. A escolha do ácido esteárico para o trabalho prático experimental é devida ao fato que esta substância é sólida à temperatura ambiente, tem um ponto de fusão acessível para ser alcançado com o uso de fontes de energia térmica comuns no laboratório, sendo, portanto, uma alternativa à utilização da água.

O ácido esteárico apresenta um ponto de fusão de 69,3°C, que pode ser facilmente medido com equipamentos usuais de laboratório de Química, sendo esta temperatura de fusão conveniente no sentido que ela é baixa o suficiente para utilizar um banho de água quente para a fusão, e alta o suficiente para a solidificação à temperatura ambiente. Além disso, este ácido pode ser reaproveitado para uso em novos experimentos, não gerando resíduos, uma vez que ele pode ser fundido e solidi-

ficado múltiplas vezes sem sofrer decomposição (LIDE, 2009). Destaca-se também a sua baixa toxicidade, o que permite que os estudantes efetuem o experimento com mais segurança. Todos esses fatores contribuíram para a seleção desta substância para uso no experimento didático deste estudo.

### Ensaio experimentais preliminares

Alguns ensaios experimentais foram realizados antes da intervenção, com a execução prévia do aquecimento de uma amostra de ácido esteárico e, em seguida, o seu resfriamento para assegurar a confiabilidade, a segurança e a viabilidade do uso na prática experimental no laboratório didático de Química. O processo iniciou com a amostra na sua forma característica, em pó, ilustrado na Figura 3(a), como em geral é comercializado. A amostra foi aquecida e deixada arrefecer até a sua solidificação, ilustrado na Figura 3(b).

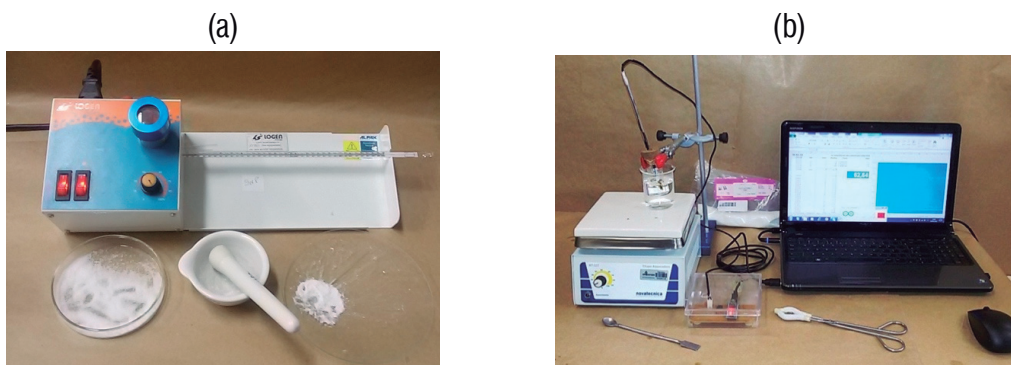
**Figura 3** - Amostra de ácido esteárico à temperatura (a) de 23 °C, e (b) ambiente após solidificação.



Fonte: Créditos da imagem: Luiz Roberto Brudna Hölzle.

A determinação experimental da temperatura para a fusão da amostra foi feita a partir de ensaios em triplicata, utilizando-se um equipamento para a determinação do ponto de fusão. Um almofariz e pistilo foram utilizados para a trituração da amostra, ilustrados na Figura 4(a).

**Figura 4** - Materiais utilizados (a) na obtenção do ponto de fusão da amostra de ácido esteárico, (b) nos testes da atividade experimental.



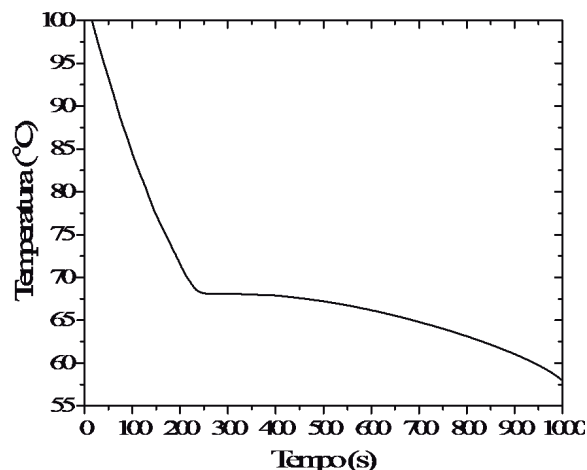
Fonte: Acervo da pesquisa.

Para obtenção da curva de resfriamento da amostra de ácido esteárico, os materiais selecionados para a execução nos ensaios, conforme Figura 4(b), foram: amostra de ácido esteárico (marca *Synth*); termômetro eletrônico acoplado a um sistema de aquisição de dados; computador para aquisição dos dados; béquer de 25 mL; chapa de aquecimento; béquer de 250 mL (para o banho-maria); espátula; suporte universal; cola branca PVA; garra para bureta; e, rolha de borracha com furo central.

Quando uma amostra de ácido esteárico comercial foi testada, a mudança de fase de sólido para líquido teve início à temperatura de 55 °C e somente quando a temperatura atingiu entre 69 °C a 70 °C é que a fusão se completou totalmente, finalizando a mudança de fase. Este resultado confere com a faixa de temperatura de fusão declarada pelo fabricante do ácido esteárico utilizado, porém sugere que a amostra apresentou impurezas e, após a purificação por recristalização, a amostra apresentou ponto de fusão constante em 68 °C. O ácido esteárico vendido comercialmente possui, normalmente, uma quantidade significativa de outros ácidos de cadeia longa na forma de impurezas. A curva de resfriamento de uma amostra com baixo grau de pureza não deverá apresentar o patamar de temperatura característica na transição de fase, mas sim a fusão em uma faixa de temperatura.

Para obter uma amostra de ácido esteárico de grau de pureza mais elevado, foram realizadas duas recristalizações sucessivas, utilizando o solvente metiletilcetona e o procedimento descrito por David E. Adelson (SHELL ..., 1948). A Figura 5 mostra a curva de resfriamento obtida com a amostra purificada. É possível observar, nessa figura, um patamar na temperatura em cerca de 68 °C, que é a temperatura de fusão do ácido esteárico determinada a partir da curva de resfriamento. A diferença relativa percentual entre o valor experimental da temperatura de fusão obtido (68 °C) com o valor da literatura de 69,3 °C (LIDE, 2009) é de 1,9%, o que indica que a amostra apresenta um elevado grau de pureza e, portanto, adequada para a utilização no experimento de resfriamento do ácido esteárico.

**Figura 5** - Curva de resfriamento obtida para a amostra de ácido esteárico purificada.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Ressalta-se que os testes e materiais aqui relatados nesta etapa de ensaios preliminares são anteriores à intervenção didática e dizem respeito a preparação da intervenção, podendo auxiliar o professor no uso/adequação desta atividade no laboratório didático.

## Descrição da proposição didática

A atividade experimental para o estudo do levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico no laboratório didático de Química foi planejada para ser desenvolvida em 4 horas-aula de 55 min cada aula. A atividade foi dividida em três momentos subsequentes ou fases, envolvendo uma fase pré-experimental com predição da resposta sobre a curva de resfriamento, uma fase experimental com planejamento de procedimentos e execução do experimento e, por último, uma fase pós-experimental, com a verificação sobre a predição feita. O Quadro 1 apresenta em detalhe o planejamento da atividade em termos de recursos e objetivos de aprendizagem.

**Quadro 1** - Planejamento didático da atividade experimental investigativa.

<b>Fase pré-experimental: Predição</b>	
<b>Recursos</b>	Guia de acompanhamento
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Geral: Desenvolver argumentação científica. Específicos: Lembrar conceitos e leis físico-químicas, reconhecendo-os em práticas experimentais; Interpretar dados com base em pressupostos teóricos; Elaborar hipóteses a partir de dados/evidências experimentais.
<b>Fase experimental: Planejamento e Execução do Experimento</b>	
<b>Recursos</b>	Guia de acompanhamento; Sistema de aquisição de dados (para o professor) com projetor multimídia; Termômetro eletrônico de aquisição de dados (01 por grupo); Equipamentos, materiais e reagentes disponíveis no laboratório didático de química.
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Geral: Planejar um experimento para testar a hipótese elaborada previamente. Específicos: Identificar as variáveis a serem medidas; Escolher adequadamente os equipamentos de medida e reagentes disponíveis no laboratório didático de química; Elaborar procedimentos adequados para a coleta de dados; Coletar os dados, utilizando adequadamente os instrumentos de medida; Identificar observações relevantes nos dados coletados e representá-los graficamente.
<b>Fase pós-experimental: Verificação de hipótese</b>	
<b>Recursos</b>	Guia de acompanhamento
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	Geral: Avaliar a validade da hipótese previamente elaborada, confrontando-a com a conclusão encontrada na experiência. Específicos: Lembrar conceitos e leis físico-químicas, reconhecendo-os em práticas experimentais; Analisar e interpretar dados da experiência, e concluir sobre o comportamento no resfriamento da substância; Comparar a hipótese previamente elaborada com a conclusão obtida experimentalmente; Concluir acerca da hipótese elaborada previamente e reformulá-la, se necessário.

Fonte: Acervo da pesquisa.

A fase pré-experimental antecipa a execução do experimento e tem duração de 1 hora-aula. O objetivo nesta fase é que o estudante desenvolva argumentação científica para justificar a predição da resposta para a curva de resfriamento da amostra de ácido esteárico a partir da articulação de conhecimentos teóricos e informações experimentais. A fase seguinte, que é a fase experimental, tem como objetivo que o estudante elabore o planejamento experimental, execute o experimento e a



coleta de dados, e identifique informações relevantes que o levem a concluir sobre o resfriamento da substância; essa fase tem duração de 2 horas-aula. A terceira e última fase, que é a pós-experimental, tem como objetivo que o estudante avalie a hipótese feita previamente, confrontando evidências produzidas a partir dos resultados experimentais com a hipótese prévia e, se necessário, reelaborar sua hipótese como forma de reestruturar os conhecimentos; a duração prevista é de 1 hora-aula.

## **METODOLOGIA**

### **Local e participantes**

Participaram do estudo 8 acadêmicos de uma turma de 17 matriculados no componente curricular de Físico-Química Experimental I de uma universidade pública do interior do estado do Rio Grande do Sul, que voluntariamente aceitaram participar do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. As atividades práticas experimentais foram realizadas em laboratório da universidade e com a anuência desta instituição. A média de idade dos participantes é de 22 anos. Para fins de coleta de dados e análise, os estudantes foram nomeados como A01, A02, ..., A17. Participaram da pesquisa os estudantes A03, A04, A06, A07, A10, A12, A15 e A17.

### **Instrumentos e procedimentos de coleta de dados**

Toda a intervenção foi realizada em pequenos grupos, de 2 a 3 membros. Cada participante recebeu e fez anotações em guias de acompanhamento da atividade entregues no início de cada fase. O conteúdo de cada guia é apresentado, em detalhe, ao longo desta seção. Os guias foram respondidos de forma anônima e voluntária pelos participantes e recolhidos ao final de cada fase. Na semana anterior a primeira fase da atividade, foi solicitado aos estudantes que fizessem leituras preparatórias para as 4 horas-aula seguintes em livros-textos de química, sugerindo, mas não se restringindo, a revisão do Cap. 1, p. 1-8 e p.13-14 de Brown, Lemay e Bursten (2005), Cap. 2, p. 375-379 e p. 386-389 dos mesmos autores, e Fundamentos, p. 31-35 de Atkins e Jones (2006).

Os guias, no seu conjunto em 3 fases, foram estruturados na perspectiva investigativa, com predição de uma hipótese para uma dada situação experimental (fase pre-experimental), planejamento experimental e teste da hipótese para a situação (fase experimental), e, por último, verificação da hipótese prévia por comparação com conclusões obtidas partir de evidências dentre os dados experimentais obtidos e reelaboração da hipótese prévia para oportunizar a reorganização do conhecimento (fase pós-experimental). A forma de organizar a atividade se deu na perspectiva do modelo de argumento hipotético-preditivo proposto por Lawson (2003).

#### *Fase pré-experimental*

No início da fase pre-experimental, os estudantes foram convidados para o trabalho de discussão em pequenos grupos e o guia entregue para cada estudante. O guia de acompanhamento continha a situação a ser investigada, como apresentada no Quadro 2, acompanhado por 7 itens (questões). A elaboração do guia nesta fase teve como base uma proposta de estudo de argumentação para a situação da curva de aquecimento da água, desde a transição da fase sólida até a fase de vapor, proposta por Chin e Osborne (2010).

## Quadro 2 - Situação a ser investigada pelos estudantes.

**Apresentação da situação:** Em um experimento realizado em laboratório (à pressão constante) para estudar as mudanças de fase de substâncias puras, uma amostra de ácido esteárico líquido, cujo ponto de fusão é 69,3 °C é resfriada, e sua temperatura é registrada em função do tempo por 10 min. Os dados registrados são utilizados para construir um gráfico de temperatura, em °C, em função do tempo (em min). A fórmula química estrutural do ácido esteárico é:

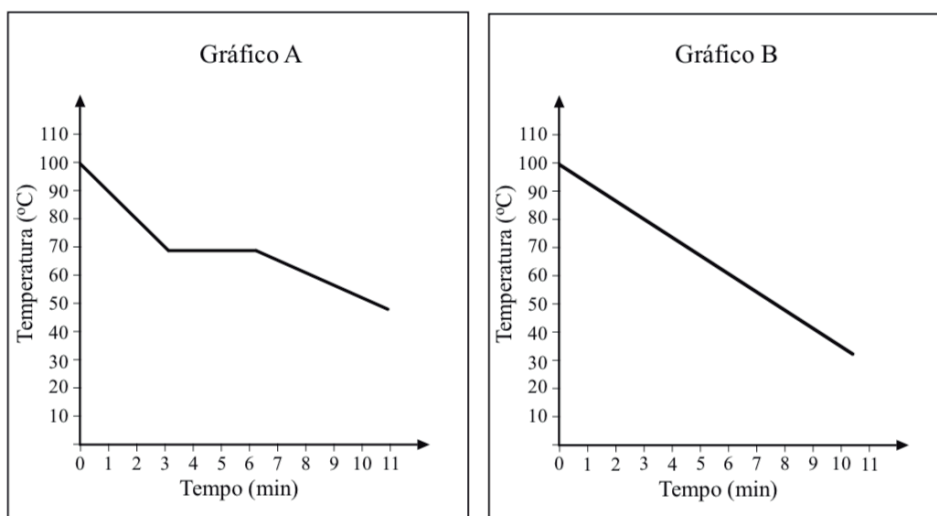


Fonte: Acervo da pesquisa.

A situação foi apresentada aos estudantes, esclarecendo-lhes que a presente fase se referia a predição de resposta para a curva de resfriamento do ácido esteárico, ou seja, ao levantamento de uma hipótese e a sua justificativa. Os questionamentos nesta fase foram os seguintes:

1) Faça uma predição sobre qual dos gráficos da Figura 6, A ou B, melhor representa o resultado da situação apresentada para a variação da temperatura do ácido esteárico líquido durante o seu resfriamento até uma temperatura abaixo de seu ponto de fusão (curva de resfriamento do ácido esteárico).

**Figura 6** - Curvas esquemáticas propostas para o resfriamento do ácido esteárico líquido.



Fonte: Acervo da pesquisa.

A estruturação dos itens (questões) 2 a 7 se aproxima do modelo de argumento proposto por Toulmin (2007), e teve como base o trabalho de Chin e Osborne (2010). Nesses itens, foi solicitado ao estudante uma exposição escrita de uma evidência que o levou a uma escolha (predição), apresentando argumentos e contra-argumentos. Os itens foram assim propostos:

2) Apresente por escrito uma evidência que pode ser inferida no gráfico a qual levou você a fazer a sua escolha;

3) A partir de seus conhecimentos de Química, justifique porque essa evidência sustenta o gráfico escolhido;

4) A partir de seus conhecimentos de Química, justifique porque você não escolheu o outro gráfico como sendo o resultado do experimento;

5) Se alguém apresentasse um contra argumento discordando de sua escolha, este contra-argumento seria: ... ;

6) Se alguém discordasse de seu argumento, você o convenceria da seguinte maneira: ... ;

7) No seu argumento exposto acima, há uma proposta de explicação fundamentada para o comportamento da curva de resfriamento para o gráfico escolhido. Sintetize-a.

O professor acompanhou e observou as ações dos estudantes nos grupos, auxiliando-os quando solicitado. Nesta fase, que se refere a elaboração de uma hipótese pelo estudante a partir de seu conhecimento químico frente a uma dada situação, foi proposta a menor interferência do professor.

### *Fase experimental*

No início desta fase foram dedicados cerca de 20 min para expor a situação a ser respondida no nível experimental, com uso de lousa e projetor multimídia, e familiarizar os estudantes na operação básica do sistema de aquisição de dados para temperatura, na forma de uma demonstração prática. Os estudantes receberam o guia de acompanhamento, foram convidados a formar grupos de trabalho, e encaminhados para o trabalho prático nas bancadas, onde já estava disponível o sistema de aquisição de dados para cada bancada. O guia desta fase foi elaborado apresentando inicialmente o estudo experimental a ser feito e as condições experimentais para testar a hipótese prévia levantada na fase pre-experimental, como mostra o Quadro 3.

### **Quadro 3** - Estudo experimental da situação.

**Estudo experimental da situação:** Projete um experimento para estudar o comportamento de uma amostra de ácido esteárico (ponto de fusão de 69,3 °C) ao longo do processo de seu resfriamento, até a amostra atingir a temperatura ambiente, com as seguintes condições: a amostra inicialmente se encontra na fase líquida; a amostra será resfriada até próximo à temperatura ambiente; e os equipamentos e reagentes a serem utilizados no planejamento e execução do experimento são aqueles disponíveis no laboratório didático de Química.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Na sequência, os estudantes foram orientados a desenvolver o estudo, com apoio do guia, para concluir a respeito do resfriamento da amostra da substância. Os estudantes, nos seus grupos, foram orientados a identificar as variáveis relevantes a serem medidas, selecionar equipamentos e reagentes do laboratório, avaliar previamente as principais fontes de erro experimental a serem medidas, descrever aspectos de segurança envolvidos, estabelecer procedimentos de descarte, tratamento ou recuperação de resíduos, elaborar detalhadamente os procedimentos para coleta de dados, escrever as observações relevantes a partir dos dados coletados, e esboçar graficamente os dados coletados. Essas orientações foram expressas no guia de acompanhamento que continha apenas um item, com 8 subitens, expressos da seguinte forma:

8) Em duplas, ou pequenos grupos, faça um planejamento de como você estudaria experimentalmente o processo de resfriamento do ácido esteárico, nas condições estabelecidas:

(a) identifique as variáveis a serem medidas;

(b) escolha os equipamentos e reagentes necessários disponíveis no laboratório de Química;

- (c) avalie as principais fontes de erro experimental envolvidas;
- (d) descrever aspectos de segurança envolvidos;
- (e) estabeleça procedimentos de descarte, tratamento ou recuperação de resíduos;
- (f) elabore detalhadamente procedimentos para a coleta de dados;
- (g) descreva as observações relevantes a partir dos dados;
- (h) esboce os dados em um gráfico.

Além de auxiliar quando solicitado, o professor circulou pelas bancadas durante a execução do experimento para esclarecer dúvidas e chamar a atenção para detalhes práticos que não estavam sendo cumpridos corretamente.

### *Fase pós-experimental*

Os estudantes, em pequenos grupos, iniciaram o trabalho de verificação da hipótese inicial, que envolveu interpretar os resultados obtidos experimentalmente a partir de seus conhecimentos de química e outras informações disponíveis, apontando semelhanças e diferenças, para produzir evidências sobre o comportamento do resfriamento da amostra, produzir uma conclusão sobre o comportamento da substância em estudo a partir das evidências, confrontar a conclusão experimental com sua predição inicial, e por fim, concluir justificadamente a respeito da validade da hipótese prévia e, se necessário, fazer sua reelaboração. Concluído esse trabalho, os estudantes foram convidados a apresentar e discutir no grande grupo a sua hipótese inicial, sua validade e a necessidade ou não de sua reformulação. O professor fez acompanhamento e observação nos grupos, auxiliando-os quando solicitado.

O guia desta fase contou com 4 questões:

9) A partir de seus conhecimentos de Química, interprete a curva experimental obtida no resfriamento do ácido esteárico;

10) Compare esta curva com o gráfico que você escolheu como hipótese prévia para a curva de resfriamento da amostra do ácido esteárico, apresentando semelhanças e diferenças encontradas;

11) Compare a predição feita para a curva de resfriamento do ácido esteárico com resultados/evidências experimentais, indicando se a experiência mostrou que a sua predição é verificada experimentalmente ou não;

12) (a) apresente e discuta no grande grupo a sua hipótese prévia feita na fase pre-experimental; (b) reformule sua hipótese prévia no caso de sua interpretação inicial para o fenômeno não estar de acordo com o conhecimento químico.

### **Crítérios de análise de dados**

A estruturação do conjunto de critérios de análise das respostas aos itens dos guias de acompanhamento levou em conta processos cognitivos a serem mobilizados pelo estudante na atividade, com base na dimensão cognitiva dos objetivos educacionais da Taxonomia de Bloom revisada (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001; KRATHWOHL, 2002).

Os níveis foram categorizados de 2 a 7 (N2, ..., N7). O nível 1 (N1) se refere a processos algorítmicos e não foi contemplado nos guias, uma vez que se pretendeu que a atividade se realizasse de forma investigativa. Os níveis de 2 a 7 seguiram a classificação da taxonomia de Bloom revisada, organizados hierarquicamente desde processos cognitivos mais simples, que envolvem lembrar ou

identificar, até processos mais complexos, que envolvem síntese, avaliação e criação. O Quadro 4 apresenta a categorização e critérios utilizados para a análise dos itens em níveis e habilidades cognitivas.

**Quadro 4** - Critérios de análise e sua categorização em níveis e habilidades cognitivas.

<b>Nível Cognitivo</b>	<b>Habilidades LOCS</b>
N2	Identifica grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação problema.
N3	Classifica aspectos/equipamentos de segurança necessários à situação-problema e avalia o nível de risco envolvido.
	Planeja procedimentos adequados para a coleta de dados e escolhe adequadamente os instrumentos ou equipamentos e reagentes disponíveis no laboratório.
	Planeja o destino dos resíduos gerados no experimento (tratamento ou descarte).
	Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os instrumentos de medida.
	Identifica observações relevantes nos dados coletados, e as reporta por escrito.
	Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação problema (unidades, eixos, grandezas).
	Interpreta resultados experimentais com base em pressupostos teóricos.
	Compara resultados experimentais com predição.
	Compara e faz inferências acerca de erros experimentais.
	Faz predição correta acerca do comportamento químico da situação problema.
	Indica dados para uma correta predição.
	Justifica a predição com base em pressupostos teóricos ou experimentais.
	Justifica porque a predição feita não poderia ser outra alternativa proposta.
<b>Nível Cognitivo</b>	<b>Habilidades HOCS</b>
N5	Avalia hipóteses prévias pelo confronto com conclusões obtidas de evidências experimentais.
	Propõe contra-argumentos para discordar da opção escolhida.
N6	Propõe argumentos para sustentar sua escolha.
	Elabora explicação a partir da compreensão da situação problema ou de relações causais da situação problema, conectando dados/evidências a conclusões.
N7	Verifica hipóteses, a partir do confronto de resultados/evidências experimentais com predições.

Fonte: Acervo da pesquisa.

As respostas aos itens foram analisadas conforme o nível de cognição, avançando de LOCS para HOCS, com níveis de cognição acompanhando a taxonomia de Bloom revisada. Foram analisadas as 19 respostas aos itens dos guias, de acordo com o instrumento apresentado no Quadro 4. O valor “0” aplicou-se quando a resposta ao item não contemplou a habilidade alvo requerida; o valor “1” foi atribuído quando a resposta ao item foi parcialmente contemplada; e, o valor “2” foi atribuído quando a habilidade requerida foi integralmente contemplada.

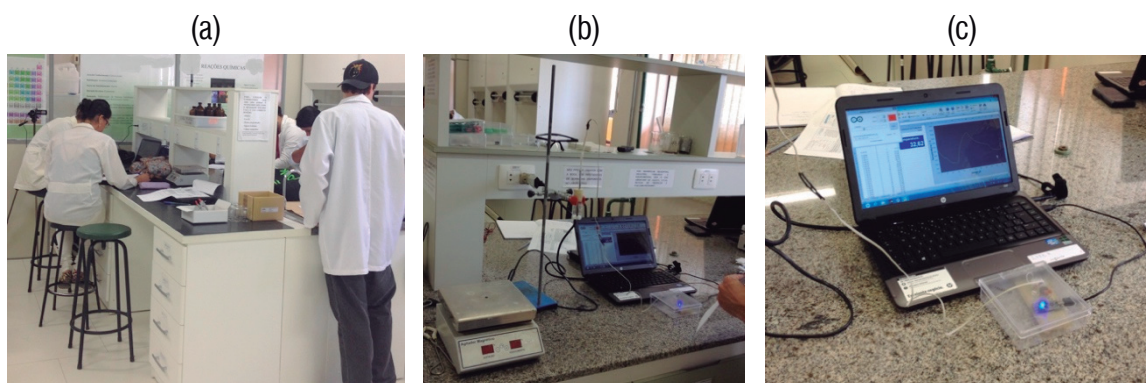
Foi considerada uma escala de dificuldades do item para dada habilidade requerida, de acordo com a seguinte classificação, considerando os 8 participantes: item muito difícil (a habilidade alvo não foi integralmente contemplada na resposta ao item por nenhum participante ou apenas por 1

deles), item difícil (a habilidade requerida foi integralmente contemplada na resposta ao item por 2 a 3 participantes), item de dificuldade média (a habilidade alvo foi integralmente contemplada na resposta ao item por 4 participantes), item fácil (a habilidade alvo foi integralmente contemplada na resposta ao item por 5 a 6 participantes) e item muito fácil (a habilidade alvo foi integralmente contemplada na resposta ao item por todos os 8 participantes ou por 7 deles).

## RESULTADOS E ANÁLISES

O processo de produção de resultados da pesquisa envolveu a intervenção com a turma de acadêmicos, a observação participante, e a análise das respostas aos guias da atividade nas suas três fases. As Figuras 7(a) -7(c) ilustram momentos em que os grupos realizavam as fases pré-experimental e experimental. A Figura 7(a) ilustra um momento da fase pré-experimental em que os estudantes respondiam os questionamentos do guia. A Figura 7(b) ilustra um momento subsequente da atividade, na fase experimental, mostrando o arranjo montado por um dos grupos de estudantes durante a execução do experimento.

**Figura 7** - (a) Realização da fase pré-experimental; (b) Montagem do arranjo experimental de um dos grupos de estudantes; (c) Detalhe da tela do sistema de aquisição de dados.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Ressalta-se que nesta fase cada grupo ficou responsável pela seleção de materiais, definição dos procedimentos, realização de testes e obtenção dos dados. A Figura 7(c) apresenta um detalhe da tela do sistema de aquisição de dados em que os estudantes faziam uma exploração dos processos de aquecimento e resfriamento da amostra de ácido esteárico.

As respostas aos 14 itens LOCS (itens 1, 2, 3, 4, 8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 8g, 8h, 9, e 10) dos guias da atividade foram analisadas conforme já explicitado. O Quadro 5 apresenta exemplos de respostas dos participantes a esses itens, com os respectivos escores. Os itens de 1 a 4 se referem a predição do comportamento físico-químico da curva de resfriamento da amostra do ácido esteárico, e os itens de 8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 8g a 8h tratam do planejamento dos procedimentos e execução do teste experimental para a predição. Todas as respostas ao item 1 tiveram como escolha o gráfico A como

representação hipotética do comportamento da amostra, com atribuição do valor “2” (Quadros 5 e 7). Para o item 2, as respostas de 5 participantes apresentaram corretamente evidência no gráfico que justificam a escolha feita, com atribuição “2”; para 3 outras respostas, a escolha foi apenas parcialmente justificada, com atribuição “1” (Quadros 5 e 7). Para o item 3, que requereu do estudante a habilidade de justificar a predição feita a partir do conhecimento químico, 3 das 8 respostas tiveram atribuição “2”, outras 3 tiveram atribuição “1”, e 2 outras atribuição “0”. No item 4, a habilidade requerida foi de justificar porque a escolha não poderia ser a outra alternativa (gráfico B), em que 6 respostas tiveram atribuição “2”, e 2 respostas com atribuição “1”.

**Quadro 5** - Exemplos de respostas aos itens LOCS e escores em relação as habilidades alvo.

Item	Exemplos de resposta aos itens LOCS	Escore
1	“A” (A03, A04, A06, A07, A10, A12, A15, A17)	2
2	“A evidência presente no gráfico que me levou a escolher o gráfico A é a presença de uma reta na temperatura de 69,0 °C, temperatura de fusão do ácido esteárico.” (A07)	2
	“A variação de temperatura do ácido esteárico líquido.” (A12)	1
3	“Porque em uma mudança de fase a temperatura fica constante até existir apenas uma fase.” (A15)	2
	“A cada mudança de fase ocorre liberação de energia, permanecendo com temperatura constante até voltar a resfriar mais lentamente. Uma reta não apresenta um diagrama de fase por esse motivo.” (A04)	1
	”: “Porque a variação de temperatura ocorre porque o ácido está em processo de fusão e assim as moléculas ou íons estarão livres para se mover, portanto a variação de energia é maior” (A12).	0
4	“Porque não apresenta uma faixa constante de transformação de fase, ou seja, só mostra um tipo de fase.” (A15)	2
	“Porque não tem passagem de uma fase para outra.” (A12)	1
8a	“Temperatura, tempo e pressão. Temperatura será medida pelo termômetro. Pressão $\cong$ 1 atm.” (A06)	2
	“Temperatura, tempo em pressão constante.” (A10)	1
8b	“Ácido esteárico sólido, garra metálica, béqueres (25 mL, 100 mL), chapa de aquecimento, termômetro eletrônico com aquisição automática de dados” (A07)	2
	“Água não destilada, béquer, ácido esteárico, agitador magnético” (A15)	1
8f	“Com o auxílio da espátula, transfere-se uma pequena quantidade de ácido para um béquer. Em um béquer maior, transfere-se água e aquece-se. Mergulha-se o béquer menor na água, promovendo sua fusão. Após a fusão, é mergulhado em banho de gelo e sua temperatura é medida com o termômetro, construindo o gráfico com a ajuda do software disponibilizado.” (A06)	2
	“Foi colocada a amostra em um béquer e este posto em um banho-maria em outro béquer que estava sendo aquecido no agitador magnético. Foi retirada a fonte de calor e posto na fonte gelada.” (A12)	1
8c	“Pode haver impurezas nos béqueres, o ácido não ser totalmente puro, o termômetro não ser preciso e erro humano de leitura de dados” (A17)	2
	“Presença do ar condicionado ligado próximo a bancada do experimento, substância não 100% pura” (A07)	1
	“Termômetro descalibrado.” (A03, A12, A15)	0
8d	“Jaleco, luvas, óculos” (A03, A15, A17)	2
	“Uso das EPIs no laboratório” (A07)	1
8e	“Espera-se que a substância volte ao estado sólido e guarda-se para experiências posteriores.” (A07)	2
	“O ácido esteárico será guardado para ser recuperado posteriormente.” (A04)	1
	[Em branco] (A15)	0

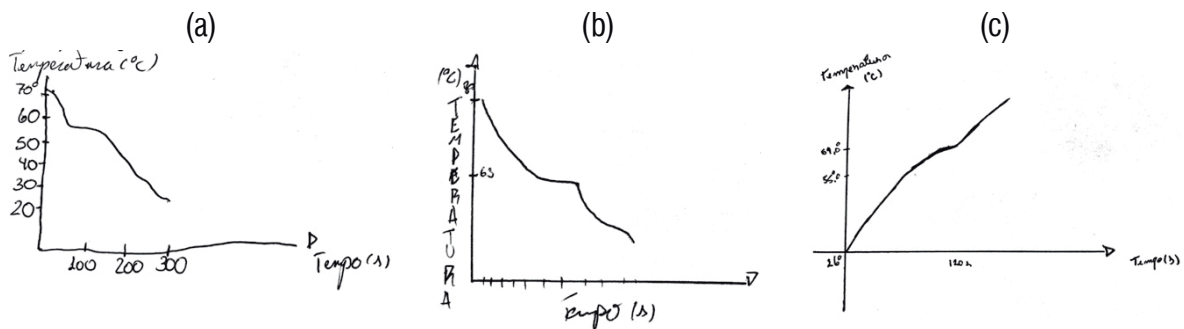
8g	“O composto não é puro, portanto o gráfico não será perfeito; em 63 °C o ácido esteárico começou a fundir, terminando em 50 °C; em seu estado sólido, o resfriamento é mais rápido.” (A04)	2
	“Resfriamento da substância durante o estado líquido razoavelmente rápido; substância não pura; resfriamento da substância após solidificação mais rápida.” (A07)	1
	“Para a água aquecer mais rapidamente colocamos um vidro de relógio, após isso colocamos o béquer com a amostra para dissolver; para ver melhor o ponto de liquefação da amostra utilizamos um suporte universal.” (A03)	0
8h	[Indicou corretamente o padrão de resfriamento e os respectivos valores de temperatura e tempo na escala.] (A06)	2
	[Indicou um padrão de resfriamento sem, no entanto, indicar valores de tempo no eixo das abcissas.] (A07)	1
	[Indicou o processo de aquecimento da amostra e não o processo de resfriamento.] (A15)	0
9	“O ácido não é puro, já que seu ponto de fusão foi abaixo dos 69,3 °C. No ponto de fusão a temperatura não é constante, mas é mais linear do que o resto do gráfico.” (A06)	2
	“O ácido em forma líquida foi resfriado até o ponto de congelamento, para a mudança de fase.” (A15)	1
	“No gráfico obtemos a partir do resfriamento a variação da temperatura em função do tempo.” (A03)	0
10	“O gráfico encontrado se mostrou semelhante com o gráfico A que eu havia escolhido, porém por ser um gráfico didático o gráfico A possui pontos mais fáceis de se identificar e uma reta de fusão perfeita.” (A07)	2
	“O gráfico obteve uma pequena diferença na curva de resfriamento.” (A03)	1

Fonte: Acervo da pesquisa.

O item 8a requereu do estudantes a identificação de variáveis a serem medidas; todas as respostas a este item tiveram atribuição “2”, uma vez que elas sugeriram, corretamente, medidas de temperatura e tempo, exceto uma delas (participante A06) com atribuição “1” que sugeriu também medida de pressão, (o experimento foi realizado a pressão constante, de modo que pressão não era uma variável para a situação em questão). No item 8b foi solicitado que o estudante fizesse uma escolha adequada de instrumentos e reagentes disponíveis no laboratório para a execução do teste experimental; a análise revelou 5 respostas com valor “2”, e as 3 outras com valor “1”. Uma vez escolhidos os materiais para o experimento (relacionado ao item 8b), no item 8f foi solicitado ao estudante que elaborasse detalhadamente procedimentos para a coleta de dados; para a esse item foi atribuído “2” a 5 respostas “2”, e “1” para outras 3 respostas (os mesmos estudantes obtiveram a mesma pontuação no item 8b e 8f). Também foi solicitado ao estudante, no item 8c, a habilidade de avaliar fontes de erro experimental, obtendo-se 3 respostas com atribuição “0”, 2 respostas “1”, e 3 respostas “2”. Aspectos de segurança foram solicitados no item 8d, obtendo-se 5 respostas com atribuição “2”, e 3 outras com atribuição “1”. No item 8e foi solicitado que o estudante estabelecesse procedimentos de descarte ou tratamento/recuperação de resíduos, obtendo-se 3 respostas “2”, 4 respostas “1” e uma resposta “0”. Uma vez iniciado o procedimento, o estudante fez a coleta de dados de temperatura da amostra em função do tempo, e descreveu, no item 8g, as observações relevantes; a análise mostrou para este item atribuição “2” para as respostas de 3 estudantes, “1” para as respostas de outros 4 deles, e “0” para a resposta de outro deles. Um esboço para a curva de resfriamento da amostra, mostrando o comportamento da temperatura como função do tempo, foi solicitado no item 8h, para o qual foi atribuído “2” a 4 respostas, “1” a 3 outras respostas, e “0” a uma outra. Algumas respostas a esse item estão apresentadas nas Figuras 8(a) - 8(c). No Quadro 8, para o item 8h, está apresentada a análise para cada um dos esboços das Figuras 8(a), 8(b) e 8(c), com as respectivas atribuições “2”, “1” e “0”.



**Figura 8** - Esboço para o comportamento da amostra (a) com atribuição “2” (A06); (b) com atribuição “1” (A07) ; (c) com atribuição “0” (A15).



Fonte: Acervo da pesquisa.

Na sequência, foram analisadas as respostas ao item 9, que requereu do estudante interpretação da curva experimental obtida, resultando em 3 respostas “2”, 4 outras respostas “1”, e uma outra resposta “0”. A comparação da curva experimental obtida com a curva hipotética predita no item 1 do guia pré-experimental foi solicitada no item 10; a análise das respostas a este item forneceu 4 respostas “2”, e 4 respostas “1”.

As respostas dos estudantes para os 5 itens HOCS (itens 5, 6, 7, 11, 12b) estão apresentadas no Quadro 6, juntamente com os correspondentes escores atribuídos em relação as habilidades alvo.

**Quadro 6** - Respostas aos itens HOCS e escores em relação as habilidades alvo.

Item	Respostas aos itens HOCS	Escore
11	“A escolha foi adequada, houve um pequeno erro na curva de resfriamento que pode ter ocorrido devido a alguma pequena falha durante o resfriamento.” (A03)	1
	“É verificado, pois mostra as curvas pois mostra as curvas em suas diferentes fases, igualmente ao gráfico A.” (A04)	1
	“O gráfico predito demonstrou-se correto, em comparação com o outro gráfico proposto, que não possui semelhança alguma com o resultado obtido.” (A06)	1
	“O experimento se mostrou correto a minha predição.” (A07)	0
	“Mostrou que o resultado é correto.” (A10)	1
	“O experimento mostrou que é correto.” (A12)	1
	“A escolha foi certa, o resultado foi bem próximo do esperado, um erro foi ter tirado a amostra muito cedo do resfriamento.” (A15)	1
5	“Revelou que a predição estava correta.” (A17)	0
	“Esse argumento seria contra tudo o que aprendi/consigo lembrar em todos esses anos de estudo.” (A03)	1
	“Se o gráfico B fosse escolhido, o ponto de fusão não seria considerado, e que o resfriamento é linear.” (A04)	0
	“Ocorreu problema de leitura do termômetro em 69 °C dando uma falsa impressão de troca de fase.” (A06)	0
	“Que o resfriamento de uma substância é simples e vai de um ponto a outro.” (A07)	0
	“O argumento não seria válido, pois não haveria nenhum embasamento teórico/científico, possível que seja validado para a escolha do gráfico B.” (A10)	1
	“Que não existe curva de resfriamento no gráfico escolhido.” (A12)	0
	“Diferente de tudo que eu aprendi.” (A15)	1
“Inválido, pois não existem dados compatíveis com a explicação antecedente no gráfico B.” (A17)	1	

6	“Quando por exemplo aquecemos uma amostra de gelo de -25 °C cada vez que ocorre uma mudança de fase a temperatura permanece constante até terminar a mudança. 0°C -> ocorre a primeira transição, de gelo para gelo e água líquida. 100 °C --> a segunda transição água líquida e vapor (vaporização).” (A03)	1
	“Resfriamento ou aquecimentos de substâncias, quando mudam de fase apresentam pontos constantes no gráfico, pois ocorre liberação ou absorção de energia.” (A04)	2
	“Realizaria o aquecimento de um cubo de gelo até sua vaporização (ou o resfriamento de um gás), demonstrando a não variação de temperatura em trocas de fase. O experimento seria feito em um sistema fechado.” (A06)	1
	“Está explícito no gráfico A o ponto inicial até o ponto inicial da reta uma perda de energia devido a perda de temperatura (calor) da substância. Existe a reta que representa o momento em que a temperatura permanece constante, representando a passagem de uma fase para outra, a 69 °C, mesmo ponto da substância apresentada. E logo após, agora no estado sólido existe uma diminuição mais lenta na temperatura da substância.” (A07)	1
	“Provando experimentalmente através de uma curva de temperatura.” (A10)	2
	“Existe curva de resfriamento porque existe variação de temperatura.” (A12)	0
	“Usaria o exemplo da água: a fase sólida indo até a temperatura de ebulição (0°C) depois o gelo se derrete até ficar só líquido, para depois seguir aumentando a temperatura. Até a transição para a fase gasosa.” (A15)	0
	“Além de pegar livros de Físico-Química para pegar as curvas, faria um experimento e montaria um gráfico a partir dos dados coletas. Acredito que desta forma a pessoa ficaria convencida.” (A17)	2
7	“Cada vez que ocorrer uma transição de fase a temperatura permanecerá constante até terminar a transição.” (A03)	1
	“Toda mudança de fase é acompanhada por uma variação de energia do sistema. Em uma rede de sólido, por exemplo, as moléculas ou íons estão em posição mais ou menos fixa em relação aos outros e arranjados muito juntos para minimizar a energia do sistema. À medida que a temperatura do sólido aumenta, as unidades dos sólidos vibram ao redor de suas posições de equilíbrio com movimento energético crescente. Quando o sólido se funde, as unidades que constituem o sólido estão livres para se mover em relação as outras, o que geralmente significa que suas separações médias aumentam.” (A04)	0
	“Em um sistema fechado e em pressão atmosférica constante fornece-se energia a um cubo de gelo, ou retira-se energia de um gás, verificando com o termômetro a variação de temperatura.” (A06)	0
	“A explicação é sobre a energia da substância, tendo em vista que no princípio (líquido) a energia é maior e os átomos da substância se movimentam livremente, por isso da primeira curva exponencial até o ponto de congelamento, onde os átomos não se movem mais livremente, se encontram estáticos e passam a perder energia mais lentamente, que é o que a curva final do gráfico apresenta.” (A07)	0
	“Pois de acordo com a variação de temperatura, há como identificar e provar experimentalmente o gráfico A, onde tem-se um ponto de fusão em 69 °C, sendo possível avaliar a transição de estados físicos do ácido esteárico.” (A10)	0
	“O que acontece é variação de temperatura, assim acontece as mudanças de fase, passando pelos três estados da matéria.” (A12)	0
	“Para acontecer a transição de fase a temperatura tem que ser constante, até obter uma fase apenas.” (A15)	1
	“Conforme a temperatura vai diminuindo, as moléculas vão se movimentando com uma energia decrescente, fazendo com que haja a solidificação (expressa pela curva de fusão) e a seguir como o ácido já está solidificado a temperatura já não influencia.” (A17)	0
12b	(b) “A hipótese prévia estava de acordo com a interpretação do experimento.” (A03)	2
	(b) “A minha explicação na fase pré-experimental não foi alterada.” (A04)	2
	(b) [Em branco] (A06)	0
	(b) “A minha explicação atual condiz com a prévia.” (A07)	2
	(b) [Em branco] (A10)	0
	(b) “O fenômeno estava de acordo com o conhecimento químico.” (A12)	0
	(b) “A prévia estava correta de acordo com o conhecimento químico.” (A15)	2
	(b) “A interpretação estava de acordo.” (A17)	2

Fonte: Acervo da pesquisa.

O Quadro 7 reúne todos os escores individuais, por item, em relação as habilidades HOCS (em azul) e LOCS (em verde). Como foram avaliados 19 itens com valor máximo “2” e mínimo “0” para cada item, a escala de habilidades alvo foi de 0 a 38. Ao final do Quadro 7 são apresentados o escore

total e o escore total percentual de cada estudante. Os escores percentuais indicam que 5 de 8 estudantes alcançaram um aproveitamento satisfatório (acima de 60%) na atividade.

**Quadro 7** - Escores individuais por item em relação as habilidades alvo. O escore total de cada participante, e o escore total percentual também estão apresentados.

Categoria	Nível cognitivo	Habilidades (alvo)	Itens do guia	Escore individual por item em relação as habilidades alvo								
				A03	A04	A06	A07	A10	A12	A15	A17	
LOCS	N2	Identifica grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação-problema.	8a	2	2	1	2	2	2	2	2	2
		Classifica aspectos/equipamentos de segurança necessários à situação-problema e avalia o nível de risco envolvido.	8d	2	1	2	1	1	2	2	2	2
	N3	Planeja procedimentos adequados para a coleta de dados e escolhe adequadamente os instrumentos ou equipamentos e reagentes disponíveis no laboratório.	8b 8f	1	2	2	2	2	1	1	1	2
		Planeja o destino dos resíduos gerados no experimento (tratamento ou descarte).	8e	2	1	1	2	2	1	0	0	1
		Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os instrumentos de medida.	8g 8h	1	2	2	1	2	1	1	1	2
		Identifica observações relevantes nos dados coletados, e as reporta por escrito.	8g	0	2	2	1	2	1	1	1	1
		Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação-problema (unidades, eixos, grandezas).	8h	1	2	2	1	2	1	0	0	2
		Interpreta resultados experimentais com base em pressupostos teóricos.	9	0	1	2	1	2	1	1	1	2
		Compara resultados experimentais com predição.	10	1	2	2	2	1	1	1	1	2
		Compara e faz inferências acerca de erros experimentais.	8c	0	1	2	1	2	0	0	0	2
		Faz predição correta acerca do comportamento químico da situação-problema.	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Indica evidências para uma correta predição.	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2
		Justifica a predição com base em pressupostos teóricos ou experimentais.	3	0	1	1	1	2	0	2	2	2
		Justifica porque a predição feita não poderia ser outra alternativa.	4	2	2	2	1	2	1	2	2	2
HOCS	N5	Avalia hipóteses prévias pelo confronto com conclusões obtidas de evidências experimentais.	11	1	1	1	0	1	1	1	0	
		Propõe contra-argumentos para discordar da opção escolhida.	5	1	0	0	0	1	0	1	1	
	N6	Propõe argumentos para sustentar sua escolha.	6	1	2	1	1	2	0	0	2	
		Elabora explicação a partir da compreensão da situação problema ou de relações causais da situação problema, conectando dados/evidências a conclusões.	7	1	0	0	0	0	0	1	0	
		Verifica hipóteses, a partir do confronto de evidências experimentais com predições.	12b	2	2	0	2	0	0	2	2	
	Escore Total por Participante				22	27	27	23	30	16	22	31
	Escore Percentual Total por Participante (%)				58	71	71	61	79	42	58	82

Fonte: Acervo da pesquisa.

O Quadro 8 apresenta uma análise da dificuldade do item quanto a habilidades HOCS (em azul) e LOCS (em verde) demonstradas pelos participantes, enquanto grupo, de acordo com os escores dos itens apresentados no Quadro 7.

**Quadro 8** - Dificuldade do item quanto a habilidade requerida.

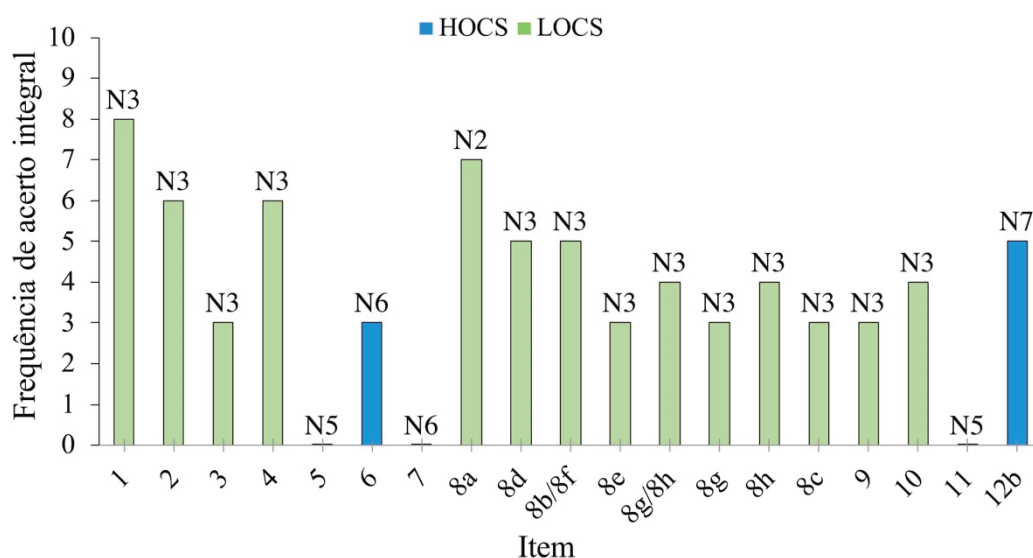
Classificação de dificuldade do item	Frequência da dificuldade do item	Itens do guia da atividade	Nível cognitivo	Habilidade alvo
Muito difícil	3	11	N5	Avalia hipóteses prévias pelo confronto com conclusões obtidas de evidências experimentais.
		5		Propõe contra-argumentos para discordar da opção escolhida.
		7	N6	Elabora explicação a partir da compreensão da situação problema ou de relações causais da situação problema, conectando dados/evidências a conclusões.
Difícil	6	8e	N3	Planeja o destino dos resíduos gerados no experimento (tratamento ou descarte).
		8g		Identifica observações relevantes nos dados coletados, e as reporta por escrito.
		9		Interpreta resultados experimentais com base em pressupostos teóricos.
		8c		Compara e faz inferências acerca de erros experimentais.
		3		Justifica a predição com base em pressupostos teóricos ou experimentais.
		6	N6	Propõe argumentos para sustentar sua escolha.
Médio	4	8g-8h	N3	Executa procedimentos adequados para a coleta de dados experimentais e lê corretamente os instrumentos de medida.
		8h		Representa e interpreta tabela de dados e gráficos, demonstrando compreensão da situação-problema (unidades, eixos, grandezas).
		10		Compara resultados experimentais com predição.
		12b	N7	Verifica hipóteses, a partir do confronto de evidências experimentais com predições.
Fácil	4	8d	N3	Classifica aspectos/equipamentos de segurança necessários à situação problema e avalia o nível de risco envolvido.
		8b-8f		Planeja procedimentos adequados para a coleta de dados e escolhe adequadamente os instrumentos ou equipamentos e reagentes disponíveis no laboratório.
		4		Justifica porquê a predição feita não poderia ser outra alternativa proposta.
		2		Indica evidências para uma correta predição.
Muito fácil	2	8a	N2	Identifica grandezas a serem medidas, demonstrando compreensão da situação problema.
		1	N3	Faz predição correta acerca do comportamento químico da situação-problema.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Destaca-se que as habilidades HOCS requeridas nos itens 5, 7 e 11 não foram integralmente contempladas por nenhum dos participantes, como mostra a Figura 9 e o Quadro 7. De fato, propor contra-argumentos, elaborar explicações fundamentadas conectando dados a conclusões, e avaliar a hipótese pelo confronto com conclusões obtidas de evidências experimentais não são habilidades cognitivas tipicamente solicitadas a estudantes em laboratório didático. As análises apresentadas no Quadro 8 mostram que estas foram as habilidades requeridas cujos itens apresentaram maior

dificuldade pelos participantes em relação aos demais, segundo os critérios utilizados neste estudo. Tais itens fazem parte das fases metodológicas pré-experimental (itens 5 e 7) e pós-experimental (item 11) da atividade. Essas fases usualmente não são contempladas em práticas experimentais de laboratório, o que pode ter contribuído para que os estudantes tenham encontrado maior dificuldade.

**Figura 9** - Frequência de acerto integral por item.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Apesar de nenhum participante ter apresentado integralmente habilidades HOCS para os itens 5, 7 e 11, alguns deles manifestaram integralmente habilidades HOCS nas respostas aos itens 6 e 12b (Figura 9). No entanto, enquanto grupo, as análises mostradas no Quadro 8 para as respostas ao item 6 da fase pré-experimental indicam dificuldade em propor argumentos para sustentar a hipótese. Já, as respostas ao item 12b da fase pós-experimental indicam que foi média a dificuldade dos participantes verificar a hipótese, confrontando a hipótese com evidências experimentais obtidas no experimento.

Com relação a habilidades LOCS requeridas na fase pré-experimental da atividade, para os participantes foi difícil justificar a hipótese com base em pressupostos da Química (item 3). Na fase pós-experimental, de acordo com a análise das respostas ao item 9, também foi difícil para os participantes interpretar resultados experimentais com base no conhecimento químico. Entretanto, foi fácil para eles, nessa fase, indicar evidências nos dados (gráfico) que os levaram à predição correta (item 2), como também justificar o porquê de a predição feita não ser a outra alternativa proposta (item 4).

Quanto a habilidades LOCS, especificamente habilidades de planejamento de procedimentos e execução experimental, requeridas nos itens de 8a até 8h da fase experimental, os participantes tiveram diferentes graus de dificuldade. As análises mostram, conforme Quadro 8, que foi difícil fazer inferências acerca de erros experimentais (item 8c), planejar o destino dos resíduos gerados no experimento (item 8e), e identificar observações relevantes nos dados experimentais coletados (item 8g). Foi de dificuldade média para os participantes executar procedimentos adequados para a coleta de dados (item 8g-8h), e interpretar gráficos (item 8h). Por outro lado, foi fácil para os participantes planejar procedimentos

adequados para a coleta de dados e escolher adequadamente os instrumentos/equipamentos e reagentes disponíveis para o estudo experimental (item 8b-8f), bem como classificar aspectos/equipamentos de segurança necessários e adequados ao estudo em questão (item 8d). Segundo as análises, para o grupo foi muito fácil identificar grandezas a serem medidas para testar a hipótese (8a).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise de habilidades cognitivas a partir de uma situação experimental investigativa de levantamento da curva de resfriamento do ácido esteárico por acadêmicos no laboratório didático de Química. Curvas de resfriamento são pouco exploradas no laboratório didático, provavelmente pelo tempo dedicado na coleta de dados necessários à construção de uma curva de resfriamento, ou pela dificuldade de coleta de dados e imprecisão dos dados obtidos. Da forma como a atividade foi planejada neste estudo, essas dificuldades foram minimizadas pelo uso de um sistema de aquisição automática que possibilitou a tomada de dados e sua representação gráfica em tempo real, aumentando a agilidade na execução do experimento, possibilitando que a atenção dos estudantes pudesse ser centrada mais para ações reflexivas e menos para ações práticas repetitivas e tediosas. Avaliamos a atividade como inovadora tanto pelo aspecto argumentativo da prática investigativa de laboratório pouco usuais para os estudantes, como pelo uso da aquisição automática de dados como uma forma de torná-la factível.

A característica investigativa da atividade foi complementada pela elaboração de guias de acompanhamento com base num modelo hipotético-preditivo adequado ao trabalho experimental investigativo, oferecendo possibilidades aos acadêmicos de desenvolver sua capacidade argumentativa, articulando conceitos teóricos à prática experimental, e instigando seu pensamento crítico e reflexivo. O modelo hipotético-preditivo tornou necessária a construção de um instrumento para análise dos itens dos guias da atividade, em que optou-se pela perspectiva dos processos cognitivos na dimensão do conhecimento da taxonomia de Bloom revisada.

Apesar de a atividade ter sido preparada em termos de planejamento didático e técnico para centrar no aspecto investigativo do laboratório, voltado a elaboração e teste de hipótese numa abordagem argumentativa, este modelo de laboratório apresentou dificuldades para os participantes. As análises indicaram que os participantes apresentaram maiores dificuldades para propor contra-argumentos em relação a hipótese, elaborar raciocínios explicativos fundamentados conectando dados a conclusões, e avaliar hipótese pelo confronto com conclusões obtidas de evidências experimentais. Esses resultados podem orientar futuros trabalhos na ênfase para a capacitação do estudante na argumentação como via de desenvolvimento cognitivo, em acordo com Costa (2008), priorizando o raciocínio e a capacidade de mobilização e articulação do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (Ed.). **A taxonomy for learning, teaching, and assessing**: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Addison Wesley Longman, Inc., 2001.

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BROWN, T. L.; LEMAY, E. H. J.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9. ed. São Paulo, SP: Prentice Hall Brasil, 2005.

CHIN, C.; OSBORNE, J. Student's questions and discursive interaction: their impact in argumentation during collaborative group discussions in science. **Journal of Research in Science Education**, v. 47, n. 7, p. 883-908, 2010.

COSTA, A. Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objectivo pedagógico fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 46, p. 1-8, 2008.

FERNANDES, M. M.; SILVA, M. H. S. O trabalho experimental de investigação: das expectativas dos alunos às potencialidades no desenvolvimento de competências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, p. 45-58, 2004.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

HENAO, B. L.; STIPCICH, M. S. Educación em ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 47-62, 2008.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

\_\_\_\_\_. Teaching and learning chemistry in the laboratory: a critical look at the research. **Educación Química**, v. 16, n. 1, p. 30-38, 2005.

HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. The laboratory in science education: the state of the art. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 105-107, 2007.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: an overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (org.). **Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 3-27.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. **Theory into Practice**, v. 41, n. 4, 212-218, 2002.

LAWSON, A. E. The nature and development of hypothetic-predictive argumentation with implications for science teaching. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1387-1408, 2003.

LIDE, D. R. (Ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**. 90. ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2009.

LURIA, A. R. **Desenvolvimento cognitivo: seus fundamentos culturais e sociais**. Tradução de Fernando Limongeli Gurgueira. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2017.

MILA-GARCIA, M.; ANDERSEN, C. Cognitive foundations of learning argumentation. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (org.). **Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 29-45.

MILLAR, R. The role of practical work in the teaching and learning of science. University of York, 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/2LKdvks>> . Acesso em: 26 mai. 2018.

MILLAR, R.; ABRAHAMS, I. Practical work: making it more effective. **School Science Review**, v. 91, n. 334, p. 59-64, 2009.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S.; MONK, M. Enhancing the quality of argument in school science. **School Science Review**, v. 82, n. 301, p. 63-70, 2001.

RODRIGUES, R. F.; PEREIRA, A. P. de. Explicações no ensino de ciências: revisando o conceito a partir de três distinções básicas. **Ciência & Educação**, v. 24, n. 1, p. 43-56, 2018.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. **Revista Ensaio**, v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the ways students generate arguments in science education: current perspectives and recommendations for future directions. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 447-472, 2008.

SARDÀ-JORGE, A.; SANMARTÍ PUIG, N. Enseñar a argumentar científicamente: um reto de las clases de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 405-422, 2000.

SAVIAN FILHO, Juvenal. **Argumentação: a ferramenta do filosofar**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

SHELL DEVELOPMENT COMPANY. David E. Adelson. **Method for the purification of stearic acid**. USA n. 2.443.063, 9 fev. 1944, 8 junho 1948.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, p. 1-22, 2008.

\_\_\_\_\_. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TOULMIN, S. **Los usos de la argumentación**. Tradução de María Morrás e Victoria Pineda. Barcelona: Ediciones Península, 2007. [Título original: *The uses of argument*, 1958]

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, p. 195-197, 1993.

ZOLLER, U.; DORI, Y. F.; LUBEZKY, A. Algorithmic, LOCS and HOCS (chemistry) exam questions: performance and attitudes of college students. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 2, p. 185-203, 2002.



ZOLLER, U.; PUSHKIN, D. Matching higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 8, n. 2, p. 153-171, 2007.

ZOLLER, U.; TSAPARLIS, G. Higher and lower-order cognitive skills: the case of chemistry. **Research in Science Education**, v. 27, n. 1, p.117-130, 1997.

---

**RECEBIDO EM:** 02 jun. 2018

**CONCLUÍDO EM:** 06 set. 2018

