

Adaptação do diagrama heurístico como ferramenta de apoio à resolução de casos investigativos no Ensino de Química

Cleane da Costa Paz¹

Herbert de Sousa Barbosa²

Luciana Nobre de Abreu Ferreira³

Resumo: Este artigo tem por objetivo analisar a adaptação do diagrama heurístico como ferramenta didática na resolução de Casos Investigativos (CI). Para isso, o lado do diagrama correspondente à parte metodológica foi modificado com a inserção de elementos do modelo de tomada de decisão, tais como: geração de alternativas, avaliação e escolha da solução. As modificações do instrumento foram interpretadas e discutidas à luz da metodologia do programa de investigação científica. Para ensaio e discussão dos resultados, foi elaborado um diagrama com a solução de um CI. Com a análise, identificamos hipóteses, heurística positiva e heurística negativa, no diagrama, as quais permitem explicar a dinâmica da ciência e a construção do conhecimento científico. Os resultados indicam que os elementos inseridos no diagrama orientam para aspectos pertinentes à resolução do CI e construção do conhecimento. Ademais, o diagrama adaptado é uma boa ferramenta didática à resolução de CI.

Palavras-chave: Problemas. Tomada de Decisão. Hipóteses. Heurística Positiva. Heurística Negativa.

Adapting the heuristic diagram as a tool to support the resolution of investigative cases in Chemistry Teaching

Abstract: The aim of this article is to analyze the adaptation of a heuristic diagram as a didactic tool for solving Investigative Cases (IC). For this, the side of the diagram corresponding to the methodological part was modified by inserting elements of the decision model, such as: generation of alternatives, evaluation and choice of solution. The modifications of the tool were interpreted and discussed in light of the methodology of the scientific research programs. To test and discuss the results, a diagram with the solution of an IC was created. The analysis identified hypotheses, positive heuristics and negative heuristics in the diagram that allowed us to explain the dynamics of science and the construction of scientific knowledge. The results show that the elements included in the diagram focus on aspects that are relevant to solving the IC and building knowledge. In addition, the adapted diagram is a good didactic tool for solving IC.

Keywords: Problems. Decision Making. Hypothesis. Positive Heuristics. Negative Heuristics.

Adaptación del diagrama heurístico como herramienta de apoyo a la resolución de casos de investigación en la Enseñanza de

¹ Universidade Federal do Piauí (UFPI) — Teresina (PI), Brasil. ✉ cleanepaz@hotmail.com 
<https://orcid.org/0000-0003-0483-972X>.

² Universidade Federal do Piauí (UFPI) — Teresina (PI), Brasil. ✉ hbarbosa@ufpi.edu.br 
<https://orcid.org/0000-0003-2094-7384>.

³ Universidade Federal do Piauí (UFPI) — Teresina (PI), Brasil. ✉ luciananobre@ufpi.edu.br 
<https://orcid.org/0000-0003-3505-9523>.

Química

Resumen: El objetivo de este artículo es analizar la adaptación del diagrama heurístico como herramienta didáctica para la resolución de Casos de Investigación (CI). Para ello, se modificó el lado del diagrama correspondiente a la parte metodológica insertando elementos del modelo de toma de decisiones, tales como: generación de alternativas, evaluación y elección de la solución. Las modificaciones del instrumento se interpretaron y discutieron a la luz de la metodología del programa de investigación científica. Para comprobar y discutir los resultados, se elaboró un diagrama con la solución de un CI. El análisis identificó hipótesis, heurística positiva y negativa, en el diagrama, que permiten explicar la dinámica de la ciencia y la construcción del conocimiento científico. Los resultados indican que los elementos incluidos en el diagrama orientan hacia aspectos pertinentes para la resolución del CI y la construcción del conocimiento. Además, el diagrama adaptado es una buena herramienta didáctica para la resolución de CI.

Palabras clave: Problemas. Toma de Decisiones. Hipótesis. Heurística Positiva. Heurística Negativa.

1 Introdução

Os casos investigativos (CI) são histórias que contam problemas vividos por personagens que precisam ser resolvidos (Francisco, Silva e Wartha, 2022). Essas histórias reais ou fictícias permitem a contextualização do conteúdo de Química por meio de um possível problema (Herreid, 2013). Esse problema, quando está relacionado à formação acadêmica dos discentes, pode oportunizar o desenvolvimento de competências e habilidades científicas inerentes a sua formação profissional.

Isso é corroborado por Bernardi e Pazinato (2022), os quais, por meio de uma revisão sistemática sobre o uso dos CI no ensino de Química nos anos de 2010 a 2019, constataram que o método pode desenvolver habilidades superiores, como pensamento crítico e comunicação, e ainda, despertar a curiosidade e o engajamento. Ademais, conforme Vieira e Braibante (2017), os CI favorecem a construção do conhecimento pelos estudantes.

Nesse viés, Freitas e Campos (2018, p. 23) inferem que os CI “têm sido reconhecidos pela literatura como um dos mais bem-sucedidos métodos de aprendizagem e de desenvolvimento de habilidades.” Francisco, Silva e Wartha (2022), ainda, ratificam que a maioria dos trabalhos publicados em periódicos nacionais e internacionais sobre os CI reportam seu uso para o desenvolvimento de habilidades ou aprendizagem de conceitos pelos estudantes.

Entretanto, apesar do aumento, nos últimos anos, de publicações sobre a

utilização dos CI no ensino de Ciências, ainda há resistência dos docentes em relação ao uso do método em suas aulas (Bernardi e Pazinato, 2022). Tal inferência é destacada por Herreid (2013), o qual aponta, segundo relatos de professores, que alguns não utilizam o método por demandar muito tempo em confronto à necessidade de cumprir o programa de conteúdos, bem como a resistência dos alunos a metodologias que os forcem a pensar. A esse respeito, Farias e Freitas-Reis (2016) ressaltam que isso pode ser decorrente também da falta de recursos disponibilizados para pesquisa e tempo para a resolução dos casos.

Diante disso, para minimizar essas dificuldades, é necessário utilizar estratégias e/ou recursos que possam direcionar os estudantes aos elementos necessários à resolução do CI, os quais envolvem os aspectos conceituais e procedimentais. Uma alternativa viável é a utilização de um instrumento heurístico capaz de ajudar na organização dessas informações para a solução do CI, facilitando a construção do conhecimento.

Nessa perspectiva, um instrumento heurístico bastante utilizado no ensino de Ciências é o diagrama V ou V epistemológico, proposto por Gowin (Moreira, 2012). Segundo Pérez Campillo e Chamizo Guerrero (2013), o diagrama é um recurso organizacional do processo de resolução de um problema que contribui especialmente para determinar a forma de resolvê-lo. Além disso, ele pode ser usado para compreender a produção de conhecimento em diferentes campos, como também na avaliação diagnóstica, somativa e formativa (Chamizo e García-Franco, 2013).

Nesse contexto, diante dos benefícios e possibilidades de uso do diagrama em atividades de investigação e da necessidade de um instrumento que possa facilitar a resolução de CI, no presente manuscrito propomos adaptação de um diagrama heurístico a partir da inserção de elementos do modelo normativo do processo de tomada de decisão de Kortland (1996) que direcionam a solução do caso. Tais modificações são interpretadas e discutidas à luz da metodologia de Programas de Investigação Científica proposta por Imre Lakatos.

Assim, partimos da hipótese de que o diagrama heurístico em sua forma adaptada pode ser uma ferramenta de apoio na resolução do CI pelos discentes – uma vez que seus elementos constituintes possibilitam a identificação e compreensão dos fundamentos teóricos e metodológicos necessários à solução do problema – bem como a construção do conhecimento científico.

Em face do exposto, o trabalho tem por objetivo analisar a adaptação do diagrama heurístico como ferramenta didática na resolução de CI, para responder a seguinte questão de pesquisa: os elementos do diagrama orientam para todos os aspectos pertinentes à resolução do CI e construção do conhecimento científico?

2 Referencial teórico

A seguir, apresentaremos uma breve revisão teórica sobre o diagrama heurístico, descrição do modelo normativo do processo de tomada de decisão de Kortland (1996) e metodologia de Programa de Investigação Científica (PIC) de Lakatos (1989).

2.1 Diagrama heurístico

Os diagramas heurísticos derivam do diagrama V. Este foi elaborado por Bob Gowin para ajudar os alunos a compreender o caminho para a construção do conhecimento (Mintzes e Novak, 1999), representar e analisar a produção do conhecimento em livros, artigos e ensaios (Moreira, 2012).

Assim, o diagrama V é constituído por elementos conduzidos por uma pergunta ou um problema (Knaggs e Schneider, 2012), ajudando na organização e reflexão da teoria, dos conceitos e da metodologia de pesquisa que será utilizada para responder à pergunta de investigação (Batista e Nascimento, 2011). Como ressaltam Olivares, Merino e Quiroz (2014), o diagrama é um caminho para a sistematização do conhecimento e a coordenação do que o aluno sabe, pensa, decide e faz.

Nesse contexto, o diagrama é um instrumento heurístico que possibilita o desempacotamento do conhecimento (Moreira, 2012), organização de informações para a resolução de problemas (Chamizo, 2012; Pérez Campillo e Chamizo Guerrero, 2013), e a avaliação de competências de pensamento científico (Chamizo e Izquierdo, 2008). Além disso, pode ser utilizado como instrumento avaliativo (Chamizo e García-Franco, 2013).

Nessa perspectiva, diante dos resultados profícuos para o ensino e aprendizagem oportunizados pelo uso do diagrama V, ele tem sido utilizado em diferentes atividades no ensino de Ciências. Dentre os trabalhos publicados em âmbito nacional, destacam-se os produzidos por Moreira (2006, 2012, 2014), em que o diagrama é proposto como recurso de análise do currículo, aprendizagem e avaliação, promovendo a aprendizagem significativa. Pacheco e Damasio (2009)

também propõem o uso do diagrama V em ambientes de ensino para aprendizagem significativa em aulas de laboratório didático.

No ensino de química, em especial em atividades investigativas, o diagrama também tem sido utilizado. Por exemplo, no trabalho de Olivares, Merino e Quiroz (2014), o V heurístico foi utilizado para desenvolver e avaliar o trabalho de laboratório, ou seja, as atividades experimentais.

Assim, baseados no êxito do diagrama V em atividades desenvolvidas no ensino de Ciências, pesquisadores têm proposto adaptações no V de Gowin para uso em diferentes atividades e com finalidades distintas. As modificações do diagrama têm sido feitas em função dos resultados de sua aplicação e natureza da pesquisa (Araujo, Veit e Moreira, 2012). Por exemplo, Araujo (2005) propôs alteração no instrumento para a modelagem e simulação computacional.

Com relação ao uso do diagrama no ensino de Química, Chamizo (2007, 2008, 2012, 2013, 2017, 2018, 2020) tem utilizado e feito alterações no instrumento a fim de utilizá-lo em atividades de cunho investigativo. Nessa perspectiva, a modificação no V de Gowin foi proposta por Chamizo e Izquierdo (2007) com base na abordagem filosófica de Toulmin para adequá-lo em atividades experimentais investigativas.

Nessa adaptação, os autores (Chamizo e Izquierdo, 2007) alteraram o lado esquerdo do V inserindo os conceitos de Toulmin (linguagem, modelos, técnicas de representação e procedimentos de aplicação), com a finalidade de avaliar as competências de pensamento científico de graduandos em Química (Chamizo e Izquierdo, 2008). Desse modo, os pesquisadores propuseram alterações no lado conceitual do instrumento, denominando-o de diagrama heurístico.

No trabalho de Chamizo (2012), por sua vez, outras alterações foram realizadas no diagrama a fim de utilizá-lo como ferramenta para o ensino de história da Ciência, especialmente relacionadas ao seu formato e à implementação da categoria *Referências*, pois, de acordo com o pesquisador, os fatos que induzem à questão devem ser reconhecidos através de referências bibliográficas. A inclusão dessas referências fornece respaldo científico aos dados produzidos pelos estudantes, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Diagrama Heurístico proposto por Chamizo (2012)

TÍTULO: tema da pesquisa	PONTOS
--------------------------	--------

FATOS: Informações obtidas e/ou observações sobre algum acontecimento no mundo que nos leva a fazer uma pergunta e que tem relação com o tema investigado		
QUESTÃO: Pergunta central da investigação, ou seja, declaração de uma investigação incidindo sobre os fatos		
CONCEITOS	METODOLOGIA	---
Aplicações: Aplicações relacionadas à questão de investigação	Coleta de dados: Procedimentos utilizados para obter informações relevantes à resolução da questão	
Linguagem: Termos necessários para responder a questão	Processamento dos dados: Organização dos dados e resultados em tabelas, gráficos, diagramas, de forma a resumir os dados obtidos	
Modelos: Modelos Científicos	Resultados/análises dos dados: O que foi obtido a partir do processamento dos dados	
RESPOSTA: Explicação de que atende a pergunta ao reunir os conceitos e a conclusão de metodologia		
REFERÊNCIAS: Livros, artigos de revistas, sites consultados e utilizados em todas as etapas da investigação		
Avaliação		

Fonte: Chamizo (2012)

Esta versão (Quadro 1) proposta por Chamizo (2012) vem sendo utilizada no ensino de Química em diferentes atividades de cunho investigativo, principalmente aquelas pautadas na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Segundo o autor, o diagrama heurístico é um gráfico organizador considerado uma das melhores estratégias para responder uma pergunta, ou seja, resolver um problema (Chamizo, 2017).

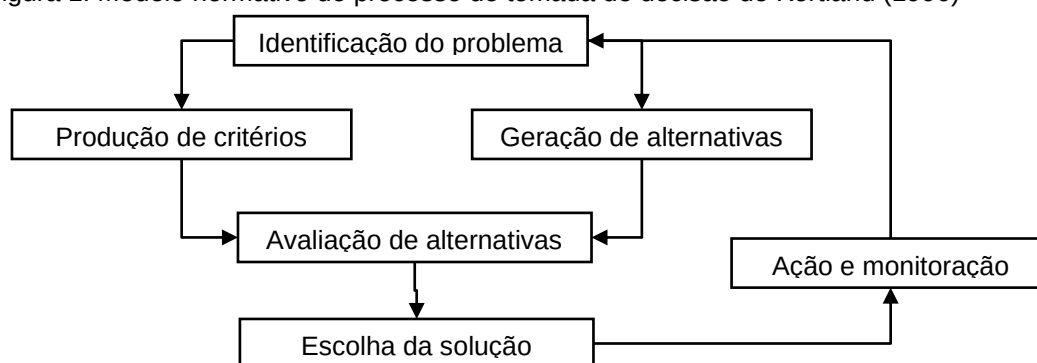
Nesse viés, Pérez Campillo e Chamizo Guerrero (2013) desenvolveram uma atividade relacionada aos minerais pautada na ABP utilizando o diagrama heurístico de Chamizo (2012) como ferramenta para facilitar a aquisição da competência argumentativa por estudantes de Química. O diagrama também foi utilizado por Paz, Magalhães e Ferreira (2020) como instrumento metodológico e avaliativo em atividades de caráter experimental pautadas na ABP.

Ademais, o diagrama foi utilizado em atividades de pesquisa para a formação de professores. Os pesquisadores Chamizo e Garcia-Franco (2013) utilizaram o instrumento para a avaliação formativa de professores de Ciências em projetos de pesquisa. Os diagramas heurísticos foram construídos com a inserção de duas dimensões conceituais: científica e pedagógica. Chamizo e García (2020), por sua vez, fizeram uso do diagrama em atividades investigativas de natureza histórica e filosófica na formação de professores de Química.

2.2 Modelo normativo do processo de tomada de decisão de Kortland

Segundo Kortland (1996), a tomada de decisão requer o cumprimento de etapas que envolvem a identificação do problema, produção de critérios, geração de alternativas que devem ser avaliadas para escolha da melhor solução. A seguir, apresentamos o esquema elaborado por Kortland (1996) que orienta o processo de tomada de decisão (Figura 1).

Figura 1: Modelo normativo do processo de tomada de decisão de Kortland (1996)



Fonte: Kortland (1996, tradução própria)

Conforme a Figura 1, o esquema envolve um processo cíclico de tomada de decisão, iniciando com a identificação do problema até a escolha da solução (Rodrigues Junior e Machado, 2023). Assim, os critérios produzidos para avaliar as alternativas geradas são formulados a partir da identificação do problema, resultando uma decisão sobre a melhor solução (Sá e Queiroz, 2007).

Dessa forma, o modelo fornece uma estrutura que direciona a tomada de decisão para a resolução do problema. Essa estrutura constitui uma lista de verificação de aspectos pertinentes à solução do problema, os quais ajudam os estudantes a tomar decisões de forma independente, comparando sistematicamente o máximo de informações relevantes para a resolução (Kortland, 1996).

Assim, os elementos presentes no modelo (Figura 1), conforme salientam Silva *et al.* (2016), podem facilitar a tomada de decisão por parte dos estudantes quanto à solução adequada para o problema. Nesse viés, Alba, Salgado e Del Pino (2013) ressaltam que a tomada de decisão, de acordo com o modelo de Kortland, é o resultado da avaliação de prós e contras das alternativas de solução do problema.

Nesse sentido, o modelo normativo do processo de tomada de decisão de Kortland (Figura 1) pode incentivar o estudante ao posicionamento diante de problemas da vida real, que demandam soluções múltiplas e complexas (Rodrigues

Junior e Machado, 2023). Dessa forma, o modelo é indicado para aqueles que desejam aprender e/ou ensinar a tomar decisões para resolver problemas.

2.3 Metodologia de Programa de Investigação Científica (PIC) de Lakatos

Segundo Martorano e Marcondes (2014), as ideias de Lakatos fazem parte da filosofia da ciência que surgiu a partir de várias críticas ao positivismo. Nesse enfoque, a concepção indutivista da ciência é insustentável para Imre Lakatos (Gomide, 2022), pois, somente a experimentação e a observação não são suficientes para entender a construção do conhecimento científico.

Nesse sentido, com o intuito de explicar a dinâmica da ciência e avaliar um dado conhecimento como científico, Lakatos desenvolveu a metodologia do PIC (Martins, Justi e Mendonça, 2016). No programa, Lakatos (1989) estabelece que todas as teorias são formadas por um núcleo irreduzível e um cinturão protetor. O núcleo é constituído por enunciados que são preservados de crítica, enquanto os enunciados (hipóteses auxiliares) do cinturão protetor são passíveis de modificação (Gomide, 2022).

Além do núcleo e cinturão protetor, outros componentes são identificados. Conforme Chang e Chiu (2008), no programa de investigação de Lakatos, a heurística negativa e positiva, ambas realizadas no cinturão protetor, também são incorporadas no programa. Essas heurísticas são constituídas de orientações de pesquisa a evitar (heurística negativa) ou a prosseguir (heurística positiva). Como inferem Martorano e Marcondes (2014), a heurística negativa não permite o ataque direto ao núcleo do programa de investigação e a heurística positiva orienta o desenvolvimento do programa.

Nesse contexto, as heurísticas conduzem as rotas de investigação que consistem em regras metodológicas imprescindíveis para a construção de um programa de investigação científica (Lakatos, 1989). Assim, essas heurísticas orientam a descoberta, a invenção e a resolução de problemas (Silva, 2002).

Diante disso, pesquisadores (Miranda, Pazinato e Braibante, 2022; Miranda e Pazinato, 2023) defendem que a metodologia de Lakatos é uma ferramenta capaz de investigar a evolução/construção conceitual, podendo ser utilizada no ensino de Química para analisar os modelos explicativos dos discentes.

3 Procedimentos metodológicos

A fim de responder a questão de pesquisa, “os elementos do diagrama orientam para todos os aspectos pertinentes à resolução do CI e construção do conhecimento científico?”, inicialmente reconhecemos a necessidade de adaptar o diagrama, a possibilitar o seu uso como ferramenta de apoio à resolução de caso investigativo e construção do conhecimento científico, deixando explícitos os aspectos que norteiam a tomada de decisão para a resolução do caso.

Desse modo, o diagrama heurístico proposto por Chamizo (2012) indicado para uso em atividades de cunho investigativo, pautadas na ABP, foi adaptado inserindo elementos do modelo normativo de tomada de decisão de Kortland (1996) no lado do diagrama correspondente à parte metodológica. Tais elementos foram escolhidos seguindo a abordagem filosófica de Lakatos para melhoria do instrumento e adequação para a utilização na resolução de CI, oportunizando a mobilização de conhecimentos científicos construídos durante o processo de investigação.

Posteriormente, elaboramos um diagrama com a solução de um caso intitulado *Luz, Cores e Confusão* de autoria dos pesquisadores Oliveira, Silva e Silva (2018), apresentado no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2: Caso Investigativo Luz, Cores e Confusão

Nascido no interior de Goiás, João sempre foi fascinado por fogos de artifício, o que sua família tinha o hábito de utilizar com regularidade em comemorações. Assim sendo, João cresceu assistindo aos espetáculos pirotécnicos com profunda admiração. Tão grande era sua fascinação por fogos de artifício, que, ao completar dezoito anos, ele decidiu cursar Química em uma universidade do interior de São Paulo. O feito o tornaria o primeiro de sua família a ingressar em um curso de nível superior. Para a alegria de João, de seus amigos e familiares, ele conseguiu ser aprovado no curso de Química em uma universidade pública, mesmo com todas as dificuldades que teve em sua formação.

Para comemorar tal conquista, João resolveu fazer uma festa e ainda decidiu que nada era mais apropriado para tal ocasião do que celebrar com um pequeno show de fogos de artifício.

Na manhã da festa, João acordou cedo e foi à loja Paschen Fogos Ltda., de propriedade de um velho amigo da família, para comprar o objeto de seu desejo para a grande festa. João sabia bem o que queria, fogos diversos com vários efeitos e principalmente cores. Sim, muitas cores! A riqueza de cores dos fogos em ação nos céus sempre exerceu grande encanto sobre nosso futuro químico.

Chegando à loja, o proprietário logo o reconheceu e o saudou:

— Ei, João! Meus parabéns! Então em breve teremos um grande químico nessa sua família!

— Pois é, Senhor Marcelo, eu passei no vestibular e acho que em alguns anos serei até capaz de montar uma fábrica de fogos.

Os dois entreolharam-se e caíram na gargalhada. Depois de mais alguns minutos de conversa, Marcelo, como um bom comerciante da cidade, logo tratou de falar de negócios.

— Então, meu amigo e futuro químico, a que devo a honra de sua visita? Se eu o conheço

bem, vamos ter uma “festona” com direito a uns fogos, não é mesmo?

— Realmente! O senhor me conhece muito bem desde criança. E eu vim mesmo para levar uns foguetes e como é uma ocasião especial, não vim para comprar só uma dúzia não. Vou querer uma dúzia de cada cor que você tenha em estoque.

— Nossa! Você está entusiasmado mesmo! Deixa eu te mostrar o que tenho.

Os dois foram para uma outra área da loja, onde o Senhor Marcelo começou a mostrar os melhores produtos disponíveis de um certo fabricante chamado Emissões Fogos S. A.

— Dessa marca, a melhor do mercado, tenho as seguintes cores: amarelo, verde e vermelho. Ah, e tem esse outro de uma marca importada, que tem a coloração branco-azulado. Você não encontra melhores fogos no mercado da região, são os de cores mais intensas e que permanecem coloridos mais tempo quando explodem.

— Poxa vida! Acho que esses eu nunca vi e já estou imaginando. Posso levar uma dúzia de cada, por favor? Na verdade, quero duas dúzias de cada!

— É para já. Eu vou embrulhar separadamente para que você não confunda os fogos. Estou tirando diretamente da caixa de cada um e imediatamente colocando nas sacolas da mesma cor de cada foguete. Assim não tem erro, você saberá que foguete lançar para ter cada cor.

— Perfeito! Não vejo a hora de chegar a noite!

João ainda conversou por mais alguns minutos com o Senhor Marcelo, pagou-lhe e saiu da loja com um grande sorriso no rosto; muito satisfeito com sua aquisição. Chegando em casa, tratou logo de deixar as sacolas com a mãe e saiu para tomar “umas” com os amigos, já em ritmo de comemoração. Voltou horas mais tarde e logo perguntou à mãe onde tinha deixado as sacolas com os foguetes. A mãe respondeu:

— Deixei todos, em caixas, na área do churrasco.

João foi até lá para ver seus queridos foguetes, mas para sua surpresa estavam todos juntos, em caixas. Assustado, ele logo pensou na bagunça que a mãe fizera e gritou:

— Mãe, onde estão as sacolas coloridas?

Ela correu prontamente até ele; assustada, já prevendo que fizera algo errado.

— Joãozinho, meu filho, eu vi que os fogos todos tinham a mesma cara e coloquei todos juntos. Usei aquelas sacolas fortes para jogar lixo fora e o caminhão dos lixeiros já passou. O que eu fiz de errado, meu filho?

João tinha a expressão de decepção estampada no rosto e não sabia o que fazer. Tentando amenizar a situação, a mãe logo disse:

— Mas, meu filho, os foguetes de cada sacola estão em caixas separadas.

— Ainda bem! Mas agora como posso resolver esse problema?

Que confusão! Será que podemos ajudá-lo a descobrir a cor dos foguetes de cada caixa? Com nossos conhecimentos, sejamos rápidos e práticos antes que chegue a hora do show à noite!

Fonte: Oliveira, Silva e Silva (2018)

A seguir, apresentaremos e discutiremos as modificações realizadas no diagrama, bem como o diagrama adaptado com a solução do caso (Quadro 2). Tais modificações são interpretadas e discutidas à luz da metodologia de PIC proposta por Lakatos.

4 Resultados e discussão

O processo de adaptação do diagrama heurístico a partir de inserção de elementos do modelo normativo de processo de tomada de decisão de Kortland (1996) será apresentado e discutido a seguir, com base na metodologia de Lakatos (1989) e fundamentos teóricos que sustentam o diagrama heurístico, em especial, Chamizo (2010, 2012, 2013, 2017). Ademais, também apresentaremos a análise do diagrama construído com a solução do caso investigativo, a fim de responder a questão de pesquisa mencionada anteriormente nesse manuscrito.

4.1 O processo de adaptação do diagrama heurístico para a resolução de casos investigativos para o ensino de Química

Considerando que os CI envolvem processos de investigações que requerem tomada de decisão para chegar à solução do problema, as modificações propostas no diagrama consistiram na inserção de elementos do modelo normativo de tomada de decisão de Kortland (1996) que direcionam os caminhos para a resolução do CI. Caminhos esses concebidos por Lakatos (1989) como heurísticos.

Nesse sentido, seguimos a abordagem filosófica de Lakatos de modo a justificar as alterações no diagrama para a mobilização de conhecimentos que pudessem fundamentar a tomada de decisão para a solução do CI e conseqüentemente contribuir para a construção do conhecimento científico. Como ressalta Moreira (2014), o conhecimento científico se caracteriza por buscar respostas, de acordo com determinados critérios de aceitação sobre o que pode ser ou não uma explicação.

Desse modo, os componentes do modelo de Kortland (1996), inseridos no lado do diagrama correspondente à parte metodológica, foram a geração de alternativas, avaliação e escolha da solução, pois, tais componentes têm relação com a heurística negativa, heurística positiva e hipóteses auxiliares presentes no PIC (Lakatos, 1989), que direcionam a solução de um problema e a construção do conhecimento científico.

Nesse contexto, o lado direito do diagrama heurístico (Quadro 1), correspondente aos aspectos metodológicos, foi modificado com a inserção dos elementos: identificação/geração de alternativas, avaliação de alternativas e escolha da solução, como observado no Quadro 3.

Quadro 3: Diagrama heurístico adaptado pelos autores

Diagrama heurístico sobre: tema de investigação.			Pontos
FATOS: Informações obtidas e/ou observações sobre o problema que nos levam a fazer uma pergunta.			
QUESTÃO: Pergunta central da investigação, ou seja, declaração de uma investigação incidindo sobre o problema identificado nos fatos.			
CONCEITOS			
APLICAÇÕES da questão de investigação.	LINGUAGEM (termos necessários para responder à questão).	MODELOS científicos que fundamentam a resposta à questão.	
PROCEDIMENTOS QUE DIRECIONAM À SOLUÇÃO DO PROBLEMA			
IDENTIFICAÇÃO/GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS: Identificação/geração das alternativas viáveis para responder a questão.			
AValiação DE ALTERNATIVAS: Análise das alternativas geradas por comparação sistemática dos prós e contras das possíveis alternativas para responder a questão.			
ESCOLHA DA SOLUÇÃO: Decisão sobre a melhor solução para responder a questão.			
SOLUÇÃO DO PROBLEMA			
Explicação que responde à questão: deve reunir elementos da identificação do problema, incluindo os conceitos e os processos que direcionam a sua solução.			
REFERÊNCIAS: Livros, artigos de revistas, sites, consultados e utilizados em todas as etapas da investigação.			
Avaliação			

Fonte: Elaboração própria (2024)

Dessa forma, a categoria do diagrama (Quadro 3) denominada *procedimentos que direcionam à solução do problema* envolve regras metodológicas necessárias para a investigação científica e solução do problema, as quais consistem na identificação/geração de alternativas (heurística negativa e positiva) e avaliação das alternativas, resultando em uma decisão sobre a melhor solução.

Na categoria também é possível identificar as hipóteses auxiliares da metodologia de Lakatos, presentes na escolha da solução, cujo melhor caminho é sustentado com embasamento teórico (hipóteses auxiliares). Por conseguinte, a categoria representa elementos que possibilitam avaliar os melhores caminhos fundamentados pelos aspectos conceituais e metodológicos para resolver o CI.

Logo, o diagrama em sua forma adaptada (Quadro 3) direciona para os caminhos que devem (heurística positiva) ou não (heurística negativa) ser tomados para a solução do problema, pois, as alternativas geradas apontam para a elaboração de heurísticas sustentadas por hipóteses auxiliares presentes na avaliação e escolha da melhor solução que responde à questão, solucionando o CI.

Assim, sistematicamente por análise dos prós e contras das possíveis alternativas de solução, é possível responder à questão de investigação relacionada ao CI. Isso oportuniza a apropriação do conhecimento científico e por consequência a competência de pensamento científico. Como destacado por Chamizo (2010), uma das principais atividades dos cientistas é avaliar quais modelos e evidências são mais adequados para explicar determinado fenômeno.

Além disso, conforme observado no Quadro 3, fizemos uma pequena alteração no formato do diagrama. As categorias foram disponibilizadas seguindo a hierarquia dos níveis epistêmicos construídos, os quais dependem da identificação e interrelação dos elementos do diagrama. Cabe destacar que essa alteração não retira a essência do diagrama heurístico. Como ressaltam Araujo, Veit e Moreira (2006, p. 97), “o formato em Vê do diagrama, originalmente proposto por Gowin, não é algo fundamental, outros formatos podem ser utilizados.”

Nesse viés, essa alteração não impossibilita a compreensão de que os aspectos conceituais estão relacionados aos metodológicos, uma vez que os elementos do diagrama são organizados deixando explícita a interação desses domínios para responder à questão de investigação. Como destaca Chamizo (2017), a premissa fundamental do diagrama é a relação entre as partes que o compõem.

Portanto, as modificações no diagrama foram realizadas de modo a manter sua essência enquanto instrumento heurístico e possibilitar o seu uso como ferramenta de apoio à resolução de CI, de modo a direcionar a construção do conhecimento científico no processo de resolução.

4.2 Proposta de análise do diagrama heurístico construído com a resolução do caso investigativo *Luz, Cores e Confusão*

A seguir, apresentaremos e discutiremos o diagrama adaptado construído com a solução do CI intitulado *Luz, Cores e Confusão*. A sistematização da solução do caso está disposta no Quadro 4 abaixo.

Quadro 4: Diagrama heurístico elaborado com a solução do caso investigativo

Diagrama heurístico sobre: O caso <i>Luz, Cores e Confusão</i>	Pts
FATOS: Na origem dos fogos de artifício, as cores observadas eram limitadas, mas novas colorações surgiram quando, em 1786, o químico francês Claude Louis Berthollet descobriu o clorato de potássio (KClO_3). Hoje, os fogos de artifício são formados por diversas combinações de elementos químicos. ¹ Assim, é possível associar a cor dos fogos de artifício ao elemento químico presente em sua composição, por meio de análises	

químicas qualitativas por via seca ou úmida.			
QUESTÃO: De que modo podemos identificar a cor dos fogos de artifício?			
CONCEITOS			
APLICAÇÕES: uso de fogos de artifício de diferentes cores em festividades; análise da luz emitida pelos átomos de elementos químicos.	LINGUAGEM: fogos de artifício; aquecimento; elementos químicos; elétrons; transição eletrônica; absorção de energia; liberação de energia; fótons; radiação eletromagnética; cátions.	MODELOS: Teste de Chama; ² Teoria de Max Planck; ³ Modelo atômico de Niels Bohr. ²	
PROCEDIMENTOS QUE DIRECIONAM À SOLUÇÃO DO PROBLEMA			
IDENTIFICAÇÃO/GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS: 1. As cores observadas dos fogos de artifício podem ser devido à presença de certos elementos na amostra que emitem uma radiação com cor quando aquecidos em uma chama. ² 2. As cores dos fogos de artifício podem ser determinadas a partir da análise qualitativa de cátions por via seca por meio do teste de chama ou via úmida, utilizando reações de precipitação. ⁴			
AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS: 1. O teste de chama consiste em submeter diretamente a carga de efeito dos foguetes a uma fonte de calor. O teste baseia-se na absorção de certa quantidade de energia fornecida por uma chama, por um elemento químico da amostra. Como efeito, os elétrons da última camada de valência desse elemento são excitados para um nível de energia mais elevado. Ao retornarem ao estado fundamental, esses elétrons liberam a energia recebida na forma de radiação eletromagnética. ^{2,5} 2. A análise qualitativa de cátions por via úmida consiste na identificação dos cátions por meio das reações de precipitação, por meio da qual será identificado em qual foguete estará o sódio (amarelo), o bário (verde), o cálcio (vermelho) e o cobre (branco-azulado). Dessa forma, as amostras com o conteúdo de cada foguete poderão ser identificadas seguindo fluxogramas de identificação de cátions de acordo com a classificação em grupos. ⁴			
ESCOLHA DA SOLUÇÃO: O teste de chama será a alternativa mais viável para solucionar o problema, devido à sua praticidade e rapidez na análise. Isto porque, através da visualização da cor emitida, será possível diferenciar os fogos de artifício adquiridos por João. De acordo com a composição de cada foguete, imediatamente a cor será identificada, pois a coloração dos fogos é devida à presença de cátions metálicos existentes na carga de efeito. Dessa forma, a cor amarela intensa será proveniente do sódio, o branco-azulado do cobre, o verde do bário e o vermelho-tijolo do cálcio.			
SOLUÇÃO DO PROBLEMA			
Para ajudar João a descobrir a cor dos foguetes de cada caixa, de forma rápida e prática, será necessário realizar o teste de chama para identificar a cor emitida por cada foguete, pois, os fogos de artifício são formados por diversas combinações de elementos químicos. ¹ Assim, quando a carga de efeito dos foguetes for submetida diretamente a uma fonte de calor, será possível identificar a cor emitida por cada um, devido à presença de certos elementos na amostra. Esse efeito é explicado pelo modelo de Bohr, segundo o qual os elétrons da última camada de valência do átomo de um dado elemento químico, quando excitados para um nível de energia mais elevado, ao retornarem ao estado fundamental, liberam a energia recebida na forma de radiação eletromagnética. No que diz respeito ao processo de excitação eletrônica, o átomo ganhará e perderá energia em certas quantidades discretas e definidas de energia, o que permitirá a quantização da energia absorvida e liberada pelo elétron de acordo com as ideias de Max Planck. ^{3,5} Desse modo, como os foguetes são formados por diferentes cátions metálicos existentes na carga de efeito, consequentemente, a energia emitida na forma de radiação eletromagnética permitirá identificar cada um. Da análise do foguete que contiver o sódio em sua composição resultará a cor amarela intensa; a cor branco-azulado indicará o foguete que tiver cobre em sua composição; a chama de cor verde evidenciará a presença do bário; e a vermelha a presença do cálcio. Logo, esta identificação permitirá a João diferenciar a cor de cada um dos foguetes e usá-los conforme achar apropriado.			
REFERÊNCIAS: ¹ MACHADO, S. P.; PINTO, A. C. A. Química e a Arte da Pirotecnia. Ciência Hoje , v. 48, p. 288, 2011. ² BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. Química: a ciência central . 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.			

³STRICKLAND, J. **Weird scientists – the creators of quantum physics**. Lulu: North Carolina, 2011.
⁴VOGEL, A. **Química analítica qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981.
⁵OLIVEIRA, M. T.; SILVA, J. V. S.; SILVA, G. B. Estudo de caso: luz, cores e confusão. In: QUEIROZ, S. L.; ALEXANDRINO, D. M. (org.). **Estudos de caso para o ensino de Química 2**. Curitiba: CRV, 2018. p. 83-85.

Avaliação

Fonte: Elaboração própria (2024)

Conforme o Quadro 4, a categoria *fatos* foi a primeira a ser construída, pois, as informações obtidas e/ou observações sobre o problema levam à elaboração da *questão* . Portanto, a categoria reúne informações sobre a origem dos fogos de artifício, a sua constituição e como seria possível identificar as suas cores devido à presença de espécies em sua composição por meio de análises químicas por via seca ou úmida. Assim, a partir da construção dos *fatos* , foi possível elaborar uma *questão* incidindo sobre o problema contextualizado no CI.

A pergunta *De que modo podemos identificar a cor dos fogos de artifício?* foi a declaração do que precisava ser investigado para resolver o CI. Desse modo, para responder à *questão* , foi necessária a organização de informações de várias fontes relacionadas aos fatos e conceitos pertinentes ao problema. Dessa forma, a *questão* é construída a partir de fatos relevantes e deve ser respondida por meio do reconhecimento dos domínios conceituais e metodológicos (Chamizo, 2017).

A categoria *conceitos* foi elaborada por meio da identificação das *aplicações* relacionadas ao uso dos fogos em festividades e testes com análise da luz emitida pelos átomos de elementos químicos. Considerando que a solução do CI foi pautada na identificação das amostras por via seca, os termos necessários para responder à *questão* , mencionados na subcategoria *linguagem* , estão relacionados aos fogos, espécies químicas, transição eletrônica, fótons e radiação eletromagnética. Como corroborado por Chamizo (2017), na *linguagem* são identificadas as palavras, ou seja, os conceitos fundamentais relacionados com a pergunta e a resposta.

Os *modelos* científicos destacados para fundamentar a resposta à *questão* envolveram a Teoria de Max Planck e o Modelo atômico de Niels Bohr, os quais respaldam a explicação sobre a cor que as espécies químicas presentes nos foguetes emitem quando aquecidos em uma chama. Como destaca Chamizo (2010), o modelo oferece suporte teórico para a resposta da pergunta de investigação.

Conforme Chamizo (2013), os modelos são representações, geralmente baseadas em analogias, construídas contextualizando determinadas partes do

universo, com um objetivo específico. Assim, o modelo de Max Planck permite compreender o processo de excitação eletrônica, pois, o átomo ganhará e perderá energia em certas quantidades discretas e definidas, o que permitirá a quantização da energia absorvida e liberada pelo elétron (Chang, 2010). O modelo de Bohr, por sua vez, demonstra que só ocorre a emissão ou absorção de energia por um elétron, quando este sofre transição eletrônica (Brown, Lemay e Bursten, 2005).

Nesse ínterim, os modelos dos cientistas permitem compreender como os fogos podem ser identificados pela emissão de suas cores, posto que a solução do caso consiste na realização de teste de chama que se baseia na absorção de certa quantidade de energia fornecida por uma chama, por um elemento químico da amostra de cada foguete.

O domínio metodológico (*procedimentos que direcionam à solução do problema*) do diagrama, o qual corresponde aos caminhos que devem ser tomados para resolver o CI, foi construído por meio da *identificação/geração de alternativas, avaliação de alternativas e escolha da solução*. Como inferem Merlim *et al.* (2020), a solução do caso não deve ser única, todavia deve-se escolher e argumentar a favor da melhor solução.

Dessa forma, duas alternativas viáveis foram geradas para a resolução do problema, uma relacionada ao teste de chama e outra referente às reações de precipitação para a identificação das espécies presentes na carga de efeito dos foguetes, conforme recomendado por Oliveira, Silva e Silva (2018).

Diante das duas alternativas, foi necessário avaliá-las de modo a escolher aquela que responde de forma mais rápida e prática à questão de pesquisa, assim como recomendado na chamada à resolução do CI. Assim, as informações respaldadas pela literatura sobre cada caso foram analisadas para a escolha da melhor solução para o CI, como disposto no Quadro 4.

Tais justificativas e constatações indicadas na subcategoria *escolha da solução* representam as hipóteses auxiliares: o teste de chama representa a heurística positiva, enquanto as reações por precipitação a heurística negativa, elementos presentes na metodologia de Lakatos que permitem avaliar o processo de construção do conhecimento.

Nesse viés, os elementos que constituem a categoria *procedimentos que*

direcionam à solução do problema apresentam os caminhos que devem ou não ser seguidos para resolver o CI, os quais estão intimamente relacionados à categoria *conceitos*, pois, a *avaliação de alternativas* e a *escolha da solução* apresentam a *linguagem* (fogos de artifício, elementos químicos; elétrons; transição eletrônica; absorção de energia; liberação de energia etc.) e os *modelos* (teste de chama), necessários para responder à *questão*. Como infere Lakatos (1989, p. 65), “as heurísticas positivas e negativas fornecem uma definição primária e implícita da estrutura conceitual”.

A categoria *solução do problema*, constituída por elementos presentes nas categorias *fatos*, *conceitos* e *procedimentos que direcionam à solução do problema*, é a resposta da *questão* relacionada ao problema explícito no CI. Conforme o Quadro 4, para resolver o problema de João, de forma rápida e prática, será necessário realizar o teste de chama para identificar a cor de cada foguete.

Assim, quando a carga de efeito dos foguetes for submetida diretamente a uma fonte de calor, será possível identificar a cor emitida por cada um, devido à presença de certos elementos na amostra. Esse efeito é explicado pelo modelo de Bohr, segundo o qual os elétrons da última camada de valência do átomo de um dado elemento químico, quando excitados para um nível de energia mais elevado, ao retornarem ao estado fundamental, liberam a energia recebida na forma de radiação eletromagnética (Chang, 2010).

Desse modo, como os foguetes são formados por diferentes cátions metálicos existentes na carga de efeito, conseqüentemente, a energia emitida na forma de radiação eletromagnética permitirá identificar cada um. Logo, o foguete que contiver o sódio em sua composição resultará na cor amarela intensa; a cor branco-azulado indicará o foguete que tiver cobre em sua composição; a chama de cor verde evidenciará a presença do bário; e a vermelha a presença do cálcio (Baccan *et al.*, 1997).

Logo, conforme as discussões anteriores, o diagrama heurístico adaptado (Quadro 3) permite organizar as estruturas conceituais e metodológicas que orientam os caminhos investigativos para resolver o caso. Como inferem Chamizo e García-Franco (2013), o diagrama é uma ferramenta muito prática que ajuda a estabelecer relações entre conceitos, metodologias e resultados de uma pesquisa.

Além disso, possibilita avaliar o processo de construção do conhecimento na resolução do CI, pois, os elementos do diagrama apontam que a solução de um problema não é algo pronto e acabado. A solução do caso requer a mobilização de conhecimentos para a tomada de decisão e resolução do problema. Como respaldado por Khafifah, Hamid e Muriati (2022), os instrumentos heurísticos ajudam os discentes a pensar, conectando o conhecimento previamente detido com o conhecimento que está sendo estudado para resolver um determinado problema.

Nessa perspectiva, para encontrar a solução do problema é necessário realizar uma série de investigações, as quais envolvem escolhas conceituais e metodológicas que direcionam para a resolução. Por exemplo, ao avaliar as alternativas (*procedimentos que direcionam à solução do problema*), o conhecimento é construído por meio da análise das alternativas geradas por comparação sistemática dos prós e contras das possíveis alternativas para resolver o problema. Assim, o conhecimento científico é desenvolvido por meio de exercícios de confrontação de ideias (Miranda, Pazinato e Braibante, 2022).

A construção do diagrama permite, ainda, compreender que a solução do CI depende dos caminhos tomados e das decisões de cada sujeito. Por isso, o conhecimento construído depende da subjetividade de cada sujeito. Desse modo, as concepções dos discentes influenciam significativamente no processo de ensino e aprendizagem (Miranda, Pazinato e Braibante, 2022). Isso vai ao encontro da filosofia de Lakatos quando afirma que “o que o cientista observa e investiga é uma ‘construção’ da realidade que está em acordo com a sua formação, marco teórico e até valores sociais, portanto não existem observações neutras” (Martorano e Marcondes, 2014, p. 117).

Nesse contexto, tais discussões a respeito das possibilidades de resultados provenientes da utilização do diagrama adaptado como ferramenta de apoio à resolução de caso investigativo nos permitem evidenciá-lo como instrumento que também possibilita a avaliação do conhecimento construído pelos discentes. Segundo Chamizo e García-Franco (2013), o diagrama heurístico considera explicitamente a natureza dinâmica da construção do conhecimento e a relação entre aspectos teóricos e metodológicos relacionados à investigação, assim pode ser uma ferramenta útil para avaliação formativa.

Conforme Chamizo e Izquierdo (2008), quando o estudante constrói o

diagrama, ele está pensando e pensando novamente, organizando suas ideias e a informação disponível. Logo, a construção do diagrama depende do processo cognitivo de cada sujeito. Por esse motivo, o instrumento heurístico pode ser adequado para avaliar o processo de construção do conhecimento científico, intimamente relacionado com o desenvolvimento do pensamento químico. Como ressaltam Almeida e Broieitti (2023, p. 285), o pensamento químico pode ser desenvolvido por meio da resolução de “situações de aprendizagem nas quais os sujeitos tenham a oportunidade de pensar, construir e usar modelos, gerando explicações para a solução.”

5 Considerações finais

A adaptação do diagrama heurístico para torná-lo disponível para uso como ferramenta de apoio na resolução de CI foi possível por meio da inserção de elementos do modelo de tomada de decisão de Kortland (1996) e da abordagem filosófica de Lakatos (1989). As alterações realizadas permitem sustentar o estudante no seu aprendizado para a resolução do caso investigativo e fornecer informações sobre os caminhos que eles tomam para a resolução.

Em relação à alteração no formato, acreditamos que isso não influencia na concepção estabelecida pelo diagrama, em que os aspectos conceituais estão intimamente relacionados aos metodológicos, pois, a interação desses domínios é necessária para responder à questão de investigação elaborada a partir dos fatos relacionados ao CI.

Desse modo, a fim de responder a questão de pesquisa inicialmente proposta, analisamos o diagrama adaptado com a solução do CI. Diante das análises realizadas, podemos propor que a ferramenta orienta e possibilita identificar todos os elementos necessários para a resolução do CI. Além disso, permite avaliar o processo de construção do conhecimento dos estudantes na resolução dos casos, pois, a ferramenta fornece evidências sobre o desempenho dos estudantes e permite identificar as dificuldades conceituais e metodológicas que os discentes apresentam em relação à temática investigada.

Portanto, o uso do diagrama adaptado em ambientes de ensino e aprendizagem que envolvem a resolução de CI favorece o processo de tomada de decisão e o desenvolvimento de habilidades de pensamento científico, inerentes à

construção de conhecimentos científicos.

Vale ressaltar que tais conclusões são derivadas de uma análise específica do diagrama adaptado como ferramenta de apoio para a resolução de um CI no ensino de Química. Entretanto, a depender das características do caso a ser empregado, da natureza e dos contornos do problema proposto, bem como o contexto de aplicação e os propósitos de ensino envolvidos, outros aspectos pertinentes ao processo poderão emergir. Logo, serão necessários outros procedimentos de análise do diagrama, pois, a análise realizada não contempla aspectos mais complexos inerentes à natureza da ciência, uma vez que só permite identificar os elementos indicativos da tomada de decisão e do conhecimento científico.

Referências

ALBA, J.; SALGADO, T. D. M.; DEL PINO, J. C. Estudo de caso: uma proposta para abordagem de funções da Química Orgânica no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. 76-96, maio/ago. 2013.

ALMEIDA, F. G.; BROIEITTI, F. C. Evidências do pensamento químico manifestadas por licenciandos em uma atividade experimental. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 2, p. 285-312, 2023.

ARAUJO, I. S. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de Física Geral**. 2005. 229f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Adaptação do Vê de Gowin para a modelagem e simulação computacionais aplicada ao ensino. *In*: MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006. p. 96-100.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 341-366, 2012.

BACCAN, N.; GODINHO, O. S.; ALEIXO, L. M.; STEIN, E. **Introdução à semimicroanálise qualitativa**. 7. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1997.

BATISTA, I. L.; NASCIMENTO, E. G. União da história da ciência com o Vê de Gowin: um estudo na formação de professores das séries iniciais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 41-66, 2011.

BERNARDI, F. M.; PAZINATO, M. S. The Case Study Method in Chemistry Teaching: A Systematic Review. **Journal of Chemical Education**, v. 99, p. 1211-1219, mar. 2022.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9. ed. Pearson Prentice Hall, 2005.

CHAMIZO, J. A. A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching. **Science & Education**, v. 22, p. 1613-1632, 2013.

CHAMIZO, J. A. **Habilidades de pensamento científico**: Los diagramas eurísticos. México: FQ-UNAM, 2017. Disponível em: <https://librosoa.unam.mx/handle/123456789/2804>. Acesso em: 16 jul. 2024.

CHAMIZO, J. A. Heuristic diagrams as a tool to teach history of science. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 745-762, 2012.

CHAMIZO, J. A. **Química General**: una aproximación histórica. México: FQ-UNAM, 2018. Disponível em: http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/quimica/libros/002_Quimica_general.pdf. Acesso em: 16 jul. 2024.

CHAMIZO, J. A. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 26-41, 2010.

CHAMIZO, J. A.; GARCÍA, J. C. Uma experiência em la formación de docentes a partir de la historia y la filosofía de la química. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 160101-160117, 2020.

CHAMIZO, J. A.; GARCÍA-FRANCO, A. Heuristic diagrams as a tool to formatively assess teachers' research. **Teachers and Teaching: Theory and Practice**, v. 19, p. 135-149, 2013.

CHAMIZO, J. A.; IZQUIERDO, M. Avaliação das competências de pensamento científico. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 4-8, fev. 2008.

CHAMIZO, J. A.; IZQUIERDO, M. Evaluación de las competencias de pensamiento científico. **Didáctica de las ciencias experimentales**, v. 51, p. 9-19, 2007.

CHANG, R. **Química Geral**: conceitos essenciais. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

CHANG, S. N.; CHIU, M. H. Lakatos' Scientific Research Programmes as a Framework for Analysing Informal Argumentation about Socio-scientific Issues. **International Journal of Science**, v. 30, n. 13, p. 1753-1773, out. 2008.

FARIAS, F. L.; FREITAS-REIS, I. A percepção de professores e alunos do ensino médio sobre a atividade estudo de caso. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 2, p. 319-333, 2016.

FRANCISCO, W.; SILVA, E. L. WARTHA, E. J. Dos conhecimentos à regulação metacognitiva: diálogos entre casos investigativos e formação continuada de professores de Química. **Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. 37-61, maio 2022.

FREITAS, L. P. S. R.; CAMPOS, A. F. O método de estudo de caso de Harvard mediado pela sala de aula invertida na mobilização de conhecimentos no ensino-aprendizado de química. **Educación Química**, v. 29, n. 3, p. 22-34, ago. 2018.

GOMIDE, F. S. Kuhn enquanto crítico de Lakatos. **Kínesis**, v. 14, n. 36, p. 138-155, jul. 2022.

HERREID, C. F. ConfChem conference on case-based studies in chemical education: the future of case study teaching in science. **Journal of Chemical Educacion**, v. 90, n. 2, p. 256-257, 2013.

KHAFIFAH, N.; HAMID, S.; MURIATI, S. Efektivitas model pembelajaran heuristik Vee terhadap hasil belajar ipa pada peserta didik kelas ix di upt spf smp negeri 35 kota makassar. **Jurnal Pendidikan Dasar**, v. 7, n. 2, p. 64-73, dez. 2022.

KNAGGS, C. M.; SCHNEIDER, R. M. Thinking like a scientist: using Vee-maps to understand process and concepts in science. **Research in Science Education**, v. 42, p. 609-632, 2012.

KORTLAND, K. An STS Case Study about Students' Decision Making on the Waste Issue. **Science Education**, v. 80, n. 6, p. 673-689, 1996.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza Editorial, S. A, 1989.

MARTINS, M.; JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. O papel da argumentação na mudança conceitual e suas relações com a epistemologia de Lakatos. **Educación Química**, v. 27, p. 3-14, 2016.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Investigando a abordagem do tema cinética química nos livros didáticos dirigidos ao ensino médio. **Revista Acta Scientiae**, v. 16, p. 114-132, 2014.

MERLIM, R. S.; SILVA, F. R.; SARAIVA, V. S. M.; CRUZ, R. M. V. S.; CALDAS, R. L.; MACHADO, C. B. H.; GARCIA, V. N. Estudo de caso no ensino de gases ideais: aplicação de minicurso para professores da rede municipal. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 4, p. 149-168, 2020.

MINTZES, J. J.; NOVAK, J. D. Assessing Science Understanding: The Epistemological Vee Diagram. In: MINTZES, J. J.; WANDERSEE, J. H.; NOVAK, J. D. (ed.). **Assessing Science Understanding: A Human Constructionist View**. San Diego: Academic Press, 1999, p. 41-69.

MIRANDA, A. C. G.; PAZINATO, M. S. Contributions of Lakatosian theory to the evaluation of explanatory models of intermolecular forces made by upper-secondary students. **Problems of Education in the 21st Century**, v. 81, n. 2, p. 176-187, 2023.

MIRANDA, A. C. G.; PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. Transição progressiva dos modelos explicativos de estudantes do nível médio sobre a natureza das forças intermoleculares. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 2, p. 1-22, 2022.

MOREIRA, M. A. Diagramas V e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 6, n. 2, p. 3-12, 2012.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MOREIRA, M. A. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 1-20, maio/ago. 2014.

OLIVARES, C.; MERINO, C.; QUIROZ, W. Gowin's V as an instrument for systematization of chemical knowledge. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 116, p. 2064-2068, 2014.

OLIVEIRA, M. T.; SILVA, J. V. S.; SILVA, G. B. Estudo de caso: luz, cores e confusão. In: QUEIROZ, S. L.; ALEXANDRINO, D. M. (org.). **Estudos de caso para o ensino de Química 2**. Curitiba: CRV, 2018, p. 83-85.

PACHECO, S. M.; DAMASIO, F. Mapas conceituais e Diagramas V: ferramentas para o ensino, a aprendizagem e avaliação no ensino técnico. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 2, p. 166-193, 2009.

PAZ, C. C.; MAGALHÃES, J. L.; FERREIRA, L. N. A. O Diagrama Heurístico em atividades experimentais baseadas em problemas no Ensino Superior de Química. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 2, p. 166-175, maio 2020.

PÉREZ CAMPILLO, Y.; CHAMIZO GUERRERO, J. A. El ABP y el Diagrama Heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 3, p. 499-516, 2013.

RODRIGUES JUNIOR, E.; MACHADO, C. B. H. Percepções de estudantes de Física sobre três estudos de caso: uma análise orientada pelo modelo de tomada de decisão de Kortland. **Revista Ciências & Ideias**, v. 14, p. 1-21, jan./dez. 2023.

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

SILVA, D. G.; LEAL, V. L.; CANDURI, F.; QUEIROZ, S. L. Modelo de tomada de decisão de Kortland no delineamento de atividade didática para o ensino de Bioquímica. **Revista de Graduação USP**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 89-93, 2016.

SILVA, M. R. S. Entre a ciência e a não-ciência. **Movimento**, v. 8, n. 3, p. 73-88, set./dez. 2002.

VIEIRA, V. V.; BRAIBANTE, M. E. F. A química dos tecidos têxteis abordada por meio de estudos de casos. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2017.