



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA
NATUREZA (ILACVN)**

QUÍMICA-LICENCIATURA

**TEATRO CIENTÍFICO: UMA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE
SÓLIDOS CRISTALINOS**

BRUNO HENRIQUE FELTS

Foz do Iguaçu
2024



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA
NATUREZA (ILACVN)
QUÍMICA-LICENCIATURA**

**TEATRO CIENTÍFICO: UMA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE
SÓLIDOS CRISTALINOS**

BRUNO HENRIQUE FELTS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Welington Francisco

Foz do Iguaçu
2024

BRUNO HENRIQUE FELTS

**TEATRO CIENTÍFICO: UMA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE
CONCEITOS DE SÓLIDOS CRISTALINOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Latino-
Americano de Ciências da Vida e da
Natureza da Universidade Federal da
Integração Latino-Americana, como
requisito parcial à obtenção do título
de Licenciado em Química.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Welington Francisco
Mat. 1903249

Orientador: Prof. Dr. Welington Francisco
UNILA

Documento assinado digitalmente

gov.br MARCIO DE SOUSA GOES
Data: 26/04/2024 16:27:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Márcio de Sousa Góes

Documento assinado digitalmente

gov.br ORLINEY MACIEL GUIMARAES
Data: 26/04/2024 16:13:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Orliney Maciel Guimarães
UNILA

Foz do Iguaçu, 26 de abril de 2024.

“Dedico este trabalho à memória de minha
bisa Ana Felte (*in memorian*), de quem sinto
tanto orgulho de ser filho, saudades e eterna
gratidão. Esse dia não chegaria sem seu
apoio, vó”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por me dar forças para seguir em frente, sempre.

Ao meu orientador Prof. Dr. Welington Francisco, pela impecável orientação e apoio no desenvolvimento desta pesquisa, me guiando por meio de provocações, correções e ideias para que meus objetivos de pesquisa fossem alcançados.

A todos os professores do Curso de Química Licenciatura.

À Universidade Federal da Integração Latino-Americana e as políticas de ações afirmativas, que ajudam estudantes de escola pública de baixa renda, como eu, ter acesso ao ensino superior.

À minha família, em especial a minha tia Cândida Feltz por me acolher e subsidiar minhas necessidades durante a graduação.

Aos meus amigos Kellen, Renato, Bruna, Marina, Odilon, Henrique, Kauana, Amanda, Gabriela e Gisele, minha eterna gratidão por me apoiarem no período mais difícil da vida acadêmico, sem o apoio e o colo de vocês durante os meus dias ruins eu não teria conseguido.

A todos os colegas que compartilharam comigo bons e maus momentos durante a graduação e de que uma forma ou outra contribuíram para meu crescimento acadêmico.

*“[...] Así que no tengas miedo. Sí eres
quien tú eres, vive quien tú eres.”*

Ana María Polo

RESUMO

O teatro possui diversas características que o potencializa para divulgação científica e, conseqüentemente, pode proporcionar aprendizado ao público espectador. Nesse viés, o objetivo desta pesquisa foi analisar a aprendizagem química de estudantes do ensino médio que vivenciaram uma experiência de teatro científico. A avaliação da aprendizagem foi baseada em dois padrões de aprendizagem em ambientes informais, buscando correlações com os elementos do triplete químico proposto por Talanquer (2011). O contexto da pesquisa se desenvolveu durante o evento Teatro Científico Tríplice Fronteira, a partir de uma peça teatral denominada "O Guardião dos Cristais" e teve a participação de 162 estudantes do segundo ano do ensino médio. A produção de dados se deu por meio de 84 respostas sobre a peça teatral e os conceitos de cristais obtidos por meio de um questionário (cartas) e a análise foi baseada na análise de conteúdo. Os resultados mostraram que houve aprendizagem química porque os estudantes apresentaram compreensão científica da peça ao identificar que o enredo se tratava dos cristais e suas composições químicas, assim como algumas propriedades (coloração e estruturas cristalinas). Os estudantes também questionaram, fizeram inferências e criaram hipóteses sobre os fenômenos observados. A maioria das respostas apresentou um grau cognitivo de lembrar e utilizar de conceitos científicos, com poucos momentos de explicação e argumentação sobre os modelos científicos.

Palavras-chave: divulgação científica; teatro científico; cristais; aprendizagem; avaliação.

RESUMEN

El teatro tiene una serie de características que lo hacen ideal para divulgar la ciencia y, en consecuencia, puede proporcionar aprendizaje al público. Teniendo esto en cuenta, el objetivo de esta investigación fue analizar el aprendizaje químico de estudiantes de secundaria que experimentaron el teatro científico. La evaluación del aprendizaje se basó en dos patrones de aprendizaje en entornos informales, buscando correlaciones con los elementos del triplete químico propuesto por Talanquer (2011). El contexto de la investigación tuvo lugar durante el evento de Teatro Científico Tríplice Frontera, basado en la obra "El Guardián de los Cristales", en el que participaron 162 estudiantes de secundaria. Los datos se recogieron a partir de 84 respuestas sobre la obra y los conceptos de cristal obtenidas mediante un cuestionario, y el análisis se basó en el análisis de contenido. Los resultados mostraron que hubo aprendizaje químico porque los estudiantes mostraron comprensión científica de la obra al identificar que la trama trataba sobre los cristales y su composición química, así como algunas propiedades (coloración y estructuras cristalinas). Los estudiantes también cuestionaron, hicieron inferencias y crearon hipótesis sobre los fenómenos observados. Sin embargo, la mayoría de las respuestas tenían un nivel cognitivo de recuerdo y uso de conceptos científicos más que de explicación y argumentación sobre modelos científicos.

Palabras clave: publicidad científica; teatro científico; cristales; aprendizaje; evaluación.

ABSTRACT

Theatre has a number of characteristics that make it ideal for disseminating science and, consequently, can provide learning for the audience. With this in mind, the aim of this research was to analyse the chemical learning of high school students who experienced scientific theatre. The evaluation of learning was based on two patterns of learning in informal environments, seeking correlations with the elements of the chemical triplet by Talanquer (2011). The research context was developed during the Tríplice Fronteira Scientific Theatre event, based on a play called "The Guardian of the Crystals", with the participation of 162 high school students. Data was collected from 84 responses to the play and the concepts of crystals obtained through a questionnaire, and the analysis was based on content analysis. The results showed that chemical learning took place because the students showed a scientific understanding of the play by identifying that the plot was about crystals and their chemical composition, as well as some properties (colouring and crystal structures). The students also questioned, made inferences and created hypotheses about the phenomena observed. However, most of the answers had a cognitive level of remembering and using scientific concepts rather than explaining and arguing about scientific models.

Key words: science communication; science theatre; crystals; learning; evaluation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TEATRO CIENTÍFICO	12
PADRÕES DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM E OS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	18
METODOLOGIA.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
De que se trata a peça teatral?.....	34
Por que Vitor zombou do experimento que Lorena fez, enquanto aguardavam o ônibus?	35
De onde vem as cores dos cristais?	38
Por que os cristais demoram para aumentar de tamanho?	40
Quais diferenças existem entre um cristal e outro?	42
O que é preciso fazer com os cristais para serem utilizados como joias?	43
Quais as condições, esquecidas por Lorena, para que o processo de cristalização ocorra?	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

INTRODUÇÃO

A divulgação científica (DC) tem em sua essência a popularização do conhecimento científico ao público de forma acessível e compreensível, desempenhando um papel crucial no aumento da visibilidade da Ciência para o público em geral. Diversas atividades, como a criação de vídeos didáticos, exposições em museus, feiras de ciências e peças teatrais contribuem para promover a divulgação científica. Diante da seriedade do compromisso que a DC tem com o conhecimento científico e com a sociedade, tal atividade se faz necessária e essencial em tempos de desvalorização e deturpação do conhecimento científico.

No âmbito educacional, a DC tem apresentado resultados positivos como indicam alguns trabalhos de pesquisa na área (SILVA, 2018; VALÉRIO et.al, 2019; ALMEIDA e HAMILTON, 2023).

Silva (2018) analisou a apropriação de conceitos químicos a partir do teatro científico (TC) baseando seus resultados na perspectiva sócio-histórica de Vygotsky. Em seus resultados, o autor discute e conclui que a encenação de experimentos no TC proporcionou aprendizagem de conceitos químicos evidenciado pela correlação que as(os) estudantes fazem entre os elementos da peça teatral e os conteúdos escolares, demonstrando articulação entre o conhecimento e a linguagem química.

Valério e colaboradores (2019) analisaram as contribuições educacionais do TC a partir da peça *O mágico de O₂*. Os resultados apresentados indicaram que a experiência ampliou o acesso à cultura dos espectadores; promoveram a correlação entre os aspectos fenomenológicos e teórico da química; e estimularam a apropriação da linguagem química.

Almeida e Hamilton (2023) se debruçaram sobre uma reflexão crítica acerca da instrumentalização do TC, além de discutirem as produções acadêmicas sobre a temática. As autoras concluem e defendem que o TC não deve ser confundido como um instrumento ou recurso no âmbito da DC, mas sim de complementação potencializados por suas características individuais.

Ao considerar tais características, acredita-se que o TC tenha potenciais para a divulgação científica e pode corroborar com a aprendizagem

científica dos espectadores. Todavia, ainda é preciso investir mais no diálogo Ensino de Ciências/Teatro, pois questões do tipo: (i) O quanto a difusão do TC desperta o interesse nas áreas científicas? e (ii) Quais aprendizagens o público pode obter ao participar de um evento de TC?, são importantes serem respondidas.

Desta forma, este trabalho, que é parte de um projeto mais amplo, tem como objetivo analisar a aprendizagem química de estudantes do ensino médio que vivenciaram uma experiência de teatro científico. A avaliação da aprendizagem dos estudantes foi baseada em dois padrões de aprendizagem informal do *National Research Council* (2009), correlacionados com os níveis e subníveis do conhecimento químico conforme as proposições de Talanquer (2011).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TEATRO CIENTÍFICO

A DC tem sua origem e essência na necessidade da aproximação da Ciência com o público não especializado em conhecimentos científicos. Tal necessidade do público não especializado é acompanhado do desenvolvimento industrial, crescimento da busca por escolarização e maior demanda de cursos universitários após os anos 1950. Com a alta demanda por conhecimentos científicos após a segunda metade do século XX, o jornalismo mobilizado pela necessidade de informar os cidadãos, começou a organizar as novidades científicas e seus possíveis benefícios para informar a sociedade em geral (REIS; GONÇALVES, 2000).

A DC difere da comunicação científica em objetivos e público alvo. A comunicação científica visa estabelecer a troca de informações entre cientistas a respeito da produção de conhecimento científico e é publicada em periódicos específicos, conhecidos como veículos da comunicação científica. Já a DC tem a intenção de divulgar para o público em geral as produções científicas, ampliando o alcance do conhecimento científico.

Valerio e Pinheiro (2008, p. 3) explicam a diferença de comunicação e DC:

Para tanto, devemos esclarecer primeiramente que, enquanto a comunicação científica é a forma de estabelecer o diálogo com o público da comunidade científica – comunicação entre os pares –, a divulgação científica visa à comunicação para o público diversificado, fora da comunidade científica.

Almeida e Hamilton (2023, p. 110) resumem o significado de DC:

A divulgação científica é, em poucas palavras, um campo prático e teórico que mobiliza diversos atores e meios para aproximar ciência e sociedade e estimular o diálogo entre cientistas e diferentes segmentos sociais.

Sendo assim, a DC não representa um novo paradigma que emerge da comunicação científica, mas um novo campo teórico e prático que busca aproximar a sociedade em geral da Ciência. Em síntese, a DC serve à sociedade e, portanto, tem atributos sociais, políticos e econômicos no imaginário coletivo.

Diante do crescimento do público comum pelas novidades da Ciência, muito intensificadas com o apogeu das tecnologias de informação, Valerio e Pinheiro (2008, p. 5) defendem que a informação deve ser organizada e divulgada, visando o alcance das massas populares. Isso porque a informação se transforma em conhecimento e o mesmo é capaz de promover a transformação social.

Com isso, é possível inferir que a internet tem tido um papel importante na aproximação e, em alguns casos, na fusão entre comunicação científica e divulgação científica. Destarte, é necessária a interatividade entre os públicos não especializados e a comunidade científica.

A DC tem a particular característica de ir até o público e se faz presente em diferentes espaços de interação entre pessoas, tanto em espaços formais de ensino quanto em espaços não formais. Além disso, adapta-se à cada espaço com linguagem de comunicação adequada e recursos necessários para atingir o objetivo e estreitar o diálogo entre o público não especializado e os cientistas.

Baseado em tais características, a DC se declara como veículo de comunicação de informação científica, seguindo uma estrutura cujos “[...] receptores são atores ativos da comunicação e a mesma mensagem pode gerar interpretações diferentes para receptores distintos” (ALMEIDA et al. 2018). Isto é, embora a mensagem seja carregada de informações científica, as

interpretações são diferentes conforme sua relevância para o receptor. Ao assumir características de atuar em diferentes lugares, o alcance da DC se torna mais amplo, pois se aproxima de museus, praças, teatros, escolas dentre outros, ambientando-se às formas de expressões de linguagens artísticas como a música, dança, pintura, escultura, teatro, literatura ou cinema (GUIMARÃES e FREIRE, 2021).

As manifestações artísticas e a DC compartilham do interesse em disseminar o conhecimento a públicos alvo, de forma acessível e principalmente com linguagem compreensível. A DC quando incorporada à elementos artísticos e culturais, como o teatro, transmite informações científicas com uma linguagem acessível e exerce um papel educativo (Benedetti Filho et al. 2013) e social (Valerio e Pinheiro, 2008).

Segundo Almeida e Hamilton (2023), a arte tem se tornado estratégia recorrente da DC, com capacidades de ampliar e diversificar o público. Para as autoras, dentre as diversas formas de expressões da arte, o teatro tem características comunicativas, visuais e interacionais que favorecem a DC.

As características que definem o teatro enquanto Arte, e cujas características potencializam a DC, foram construídas ao longo da história do teatro e segue recebendo contribuições de diferentes culturas onde é adotado.

Historicamente, as primeiras manifestações que aludem ao teatro têm origem no Egito Antigo, com dramas que remontam a 3200 a.C. As representações entoavam cultos e exaltação aos deuses. Na China, durante a dinastia Hsia (XXI - XVI a. C), as representações ritualísticas e as comemorações de vitórias nas guerras, como características culturais, também eram representadas teatralmente (MAGALHÃES JUNIOR, 1980).

Ainda segundo Magalhães Junior (1980), a popularização e a construção do substantivo teatro se deram na Grécia, impulsionado por figuras como Thespis (*fl. c.* 610 – 550 a. C), responsável por desenvolver a protagonista nas peças. Thespis se apresentava nas cidades por onde passava, utilizando o carro que conduzia para fazer de palco.

O palco itinerante de Thespis não demorou a ser substituído por grandes construções que retratam a figura do espaço teatral. A junção da arquitetura e acústica permitia que grandes públicos assistissem a uma mesma peça teatral, como ilustra a Imagem 1.

Imagem 1 – Teatro de Dionísio



Fonte: Werner (2017)

A tragédia e a comédia, são elementos artísticos que caracterizam o teatro grego, que fora disseminado no ocidente. A tragédia tinha como objetivo emocionar, fazer chorar, se identificar com o sofrimento, torcer pelo herói e sentir empatia pelo protagonista ou sua causa. Já a comédia tinha como objetivo fazer rir, satirizando o sofrimento, a lealdade, o poder e até a fé (MAGALHÃES JUNIOR, 1980).

O teatro como precursor da informação científica passou a ser chamado de teatro científico (TC), por estabelecer uma relação com diferentes conhecimentos científicos explorados durante as peças como: *Faustos* (1605); *A vida de Galileu* (1956); *Os Físicos* (1960); e "*O Caso Oppenheimer*" (1964) (LOPES et al., 2017).

O teatro possui diversas características que o potencializa a ser um TC como: a contextualização do espectador; a exploração de outras formas de arte; a ludicidade; e aproximação entre Ciência e Sociedade.

A familiaridade do contexto teatral em que o espectador é inserido é característico do teatro, uma vez que se baseia em narrativas e

diálogos, dirimindo a distância entre os cientistas e o espectador (ALMEIDA e HAMILTON, 2023).

Segundo Lopes (2005), o teatro expressa outras formas de arte, como a música, a arte visual e a literatura, o que amplifica as formas de linguagens. Tais expressões ao serem combinadas, quando não possibilitam a compreensão de um fenômeno, pelo menos aproxima o público da compreensão com sua linguagem facilitadora (FRUGUGLIETTI, 2009).

Considerando o aspecto lúdico do teatro, outra característica, a propagação da informação por meio deste é impulsionado pela espontaneidade típica da arte e a simplicidade da linguagem empregada, lançando do palco à plateia questionamentos críticos para a sociedade (FANTANCHOLI, 2011; BENEDETTI-FILHO et al., 2013.)

O teatro é uma forma de comunicação muito antiga com a sociedade e além de sua função de esclarecer, informar e entreter o público, por meio de suas características apresentadas, oferece opções para tornar a linguagem abstrata e simbólica da Ciência mais compreensível no sentido de aprendizado dos conceitos explorados (ÖCAL, 2022). Nesse sentido, Chemi (2017) compara o TC com uma amálgama que combina pesquisa e arte, epistemologia da dramaturgia e da ciência com conteúdo artísticos e científicos.

O TC no contexto da DC assume o compromisso de aproximar ciência e sociedade, conferindo certo protagonismo aos espectadores. Isso inclui colocar os espectadores de alguma forma na escolha do tema, no lugar de apresentação e no formato da peça, e em alguns casos os envolvendo diretamente nas peças (ALMEIDA e HAMILTON, 2023).

Diante das características do TC, é importante ressaltar que o teatro não é mero instrumento de DC como recorrentemente é percebido pelos praticantes do TC. Para Dahmousche e Lopes (2019, p. 317) “...é frequente a visão utilitarista, e equivocada, de que na associação à divulgação científica, o teatro seria mero instrumento a serviço das ciências. Tal compreensão deve ser eliminada, pois deturpa e apequena ambos.”

Ainda segundo as autoras, a relação forma/estética e conteúdos científicos deve ser mutuamente valorizada – teatro e ciência - evitando a visão utilitarista da arte.

Os atores no TC têm papel análogo ao teatro primitivo, em que

“os ‘atores’ eram aqueles que compreendiam melhor a sua sociedade e o seu tempo, e buscavam comunicar esta sua compreensão numa representação crítica da realidade, incitando à reflexão” (BRITO et al, 2010, p. 8).

Ao divulgar e ensinar Ciências por meio do teatro, os atores são aqueles que dispõem do conhecimento químico/científico a ser ensinado, apropriados ao longo da graduação pela imersão no mundo acadêmico. Nesse cenário, não são mais os jornalistas que desempenham o papel de reorganizar as informações oriundas da comunicação científica, mas sim os atores. É deles a função de transcodificar a linguagem científica mantendo a integridade dos conceitos envolvidos, obtendo como resultado uma peça com grande potencial de divulgação científica (GUIMARAES e FREIRE, 2021). É nesse sentido que os atores do TC se assemelham aos atores primitivos.

Ao fim de uma peça teatral científica é esperado que espectadores possam promover discussões sobre os conceitos químicos/científicos muitas vezes restritos a sala de aula, além da apropriação da informação científica divulgada (BENEDITTI FILHO 2013, p. 5).

Para Francisco Junior et al. (2014), quando vinculadas ao ensino, o teatro proporciona aos educandos a aproximação entre ciências e arte, mediando as experiências, o mundo e as emoções. Isso favorece a cognição, a aprendizagem e a abstração de conceitos, facilitando a aprendizagem de conceitos científicos tidos, frequentemente, como difíceis ou fora do contexto em que os educandos estão inseridos.

Ainda segundo os autores supracitados, a aprendizagem de conceitos de Química vinculadas ao TC tem profunda relação com a compreensão da linguagem e símbolos utilizados pela Química, uma vez que compreender a Ciência também é inteirar-se de sua linguagem, trazendo à compreensão parte do mundo abstrato da Química.

Para Silva (2018), o TC desempenha um papel de facilitador ao expressar, de forma acessível, o conteúdo científico a ser divulgado. Isso reforça o compromisso do TC com os objetivos da DC, mas destaca que a efetiva aprendizagem de Química não é um processo que pode ser deixado ao cargo do TC.

Destarte, o teatro pode ser visto muito além do entretenimento típico da arte em questão. Pode assumir também o caráter de divulgador de

Ciências, potencializado por suas características. Nesse sentido, espera-se que ocorra aprendizagem de conceitos científicos por meio do TC, como já evidenciado nos trabalhos supracitados.

PADRÕES DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM E OS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO

A avaliação é parte importante no processo educacional e se refere basicamente ao que os estudantes conseguem demonstrar ter aprendido ou não frente a determinada proposta de ensino. Normalmente, utiliza-se como instrumentos avaliativos provas, exames, mapas mentais, relatórios, dentre outros.

Os instrumentos avaliativos são pontos cruciais dentro do processo de avaliação. Segundo os pesquisadores da *National Research Council*, a avaliação da aprendizagem em ambientes informais de ensino não deve ser submetida aos mesmos moldes da avaliação de aprendizagem desenvolvidas em ambientes formais de ensino, como a sala de aula. A mesma verificação é válida aos espectadores do TC, uma vez que se encontram em um ambiente de DC.

A experiência com o teatro, que o público é convidado a participar, deve preservar as características da DC – transmitir informação científica com linguagem e recursos que facilitem a compreensão do fenômeno científico, sem perder a narrativa e a dramaturgia, característicos do teatro. A interrupção da experiência para aplicação de exames ou testes avaliativos é uma prática que contraria os princípios da avaliação no contexto da DC, pois assemelha a experiência com a sala de aula e descaracteriza o TC.

No entanto, a avaliação é importante e deve ser realizada, levando em considerações os aspectos qualitativos da experiência, frente a análise de dados quantitativos:

[...] a avaliação da aprendizagem em ambientes informais baseia-se em métodos educativos e científicos-sociais, utilizando questionários, entrevistas estruturadas e semiestruturadas, grupos focais, observação participante, registo de campo, técnicas de pensar em voz alta, técnicas visuais, documentação e gravações de vídeo e áudio para coletar dados (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009, p. 57 - tradução nossa).

Baseados nisso, os pesquisadores elencaram seis padrões de avaliação da aprendizagem científica em ambientes informais de ensino:

- Padrão 1: Desenvolvendo o interesse pela ciência;
- Padrão 2: Compreendendo o conhecimento científico;
- Padrão 3: Engajando-se no raciocínio científico;
- Padrão 4: Refletindo sobre a ciência;
- Padrão 5: Envolvendo-se em práticas científicas;
- Padrão 6: Reconhecendo-se como cientista.

Para cada um dos padrões, foi estabelecida relações entre a forma de avaliar a aprendizagem dos conceitos e o posicionamento dos estudantes diante a experiência a que foram expostos. Além disso, são discutidas as bases que fundamentam a aprendizagem dos conceitos e a forma coerente de avaliar, para cada padrão, em um cenário de espaço de DC.

Este trabalho vai abordar o 2º e 3º padrão, por escolha do pesquisador, como fundamentos da avaliação da aprendizagem de conceitos de sólidos cristalinos, foco da peça teatral. Desse modo, é necessário tecer equivalência entre o termo espaços informais de ensino utilizados pelos pesquisadores (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009), e o termo TC, tema desta pesquisa, uma vez que se defende que o TC se caracteriza como um espaço de DC.

Conforme apontado no relatório da National Research Council, as experiências com os espaços informais de ensino vão além do prazer e da interação que podem ser oferecidos pela arte. As experiências fornecem informação científica substancial sobre a qual os estudantes constroem fragmentos conceituais mais coerentes e próximos dos modelos científicos. As mesmas características e potencialidades de ensino são atribuídas ao TC (FRANCISCO et. al, 2018; HEULING, 2019, ÖCAL, 2022; SILVA, 2018).

Os principais aspectos considerados na avaliação para o 2º padrão são a capacidade de: compreender, lembrar e usar de conceitos, de explicações, de argumentos, de modelos e de fatos relacionados às ciências naturais. Tais aspectos não são objetivos centrais do TC, uma vez que são elementos intimamente ligados à abstração de conceitos. No entanto, podem demonstrar resultados na aprendizagem de conceitos científicos, evidenciados

por fragmentos de conceitos e modelos científicos que emergem das experiências dos estudantes em seus discursos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009).

A memória e a compreensão são as bases da avaliação no 2º padrão, porque mesmo após um tempo da experiência, os estudantes são capazes de relacionar os conceitos abstraídos com fenômenos observados no seu dia a dia. Nesse sentido, é esperado que os espectadores que assistiram à peça *O guardião dos cristais* sejam capazes de lembrar, assistindo uma entrevista ou comprando uma joia, porque os cristais têm cores e formatos diferentes ou porque alguns são baratos e outros caros.

Além disso, os instrumentos de avaliação de aprendizagem de conceitos científicos a partir do TC são variados, destacando-se: análise da conversa dos participantes; relato de experiência; entrevistas e mapas mentais (confecção de artefato). Dentre as diversas possibilidades, é imperativo ressaltar a importância de as abordagens avaliativas não interferirem nos momentos de experiência dos estudantes, reservando momento adequado para a avaliação.

O 3º padrão de avaliação, *Engajando-se no Raciocínio Científico*, é caracterizado pela capacidade de manipular, testar, explorar, prever, questionar, observar e dar sentido ao mundo natural e físico (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009). Outrossim, tal padrão está intimamente relacionado com a tomada de decisões frente a problemas científicos, podendo ser estes problemas de situações diversas, como: experimentos, exposição interativa, circuitos e textos de conteúdo científicos. A tomada de decisão frente à situações que envolvem conceitos científicos demanda que estudantes sejam capazes de manipular a situação; testar suas hipóteses baseados em conhecimentos aprendidos, explorando e questionando o cenário para propor explicações ao fenômeno natural à sua frente, evocando para tanto os processos metacognitivos característicos do 2º padrão de aprendizagem, como a memória e a compreensão em sentido contextual.

Uma das formas indicadas para avaliar a aprendizagem dos estudantes, no 3º padrão, é com a gravação da interação dos estudantes, em áudio ou vídeo, durante a experiência (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009). Após a coleta, os pesquisadores buscam identificar no discurso dos estudantes as capacidades de questionar, interpretar, inferir, aplicar ideias,

testar hipóteses. Há ainda a possibilidade de solicitar aos sujeitos um relato de experiência sobre as habilidades desenvolvidas por ele, ou pelo seu grupo. Contudo, é importante que a avaliação não interrompa a atividade e não soe como reprovação, o que pode tornar a experiência do estudante desagradável, fazendo-o não querer retornar ao espetáculo.

Os padrões de aprendizagem discutidos se referem à aprendizagem científica em contexto generalista. Contudo, a avaliação da aprendizagem de conceitos relacionados com a Química possui bases consolidadas nos níveis do conhecimento químico, o que leva a necessidade de se estabelecer uma relação entre os padrões de avaliação e os níveis do conhecimento químico.

Para Talanquer (2011), na aprendizagem de Química é fundamental que os fenômenos químicos observados e descritos com linguagem cotidiana sejam descritos e explicados com uma linguagem química, usando para isso conceitos científicos. Para o autor, a aprendizagem de Química perpassa por níveis de conhecimento químico.

Os níveis do conhecimento químico discutidos por Talanquer (2011) em concordância com os trabalhos fundamentais de Johnstone (1982) podem ser, resumidamente, descritos da seguinte forma:

- Experiências: refere-se ao conhecimento descritivo no âmbito empírico dos fenômenos;
- Modelos: refere-se ao conjunto de explicações teóricas construídas pela Química para descrição e compreensão dos fenômenos observados;
- Visualizações: refere-se ao conjunto de simbologias visuais (equações, fórmulas, desenhos, gráficos, modelos físicos), que estreitam a relação entre o conhecimento no nível das experiências e dos modelos.

Esses níveis de conhecimento são um conjunto de informações descritivas, ilustrativas e explicativas relacionados às características do conhecimento químico. Juntos compõem a linguagem da química e a compreensão ou apropriação dessa linguagem demonstra a aprendizagem de conceitos químicos (TALANQUER, 2011).

Ademais, para cada nível o autor expande para subníveis importantes do conhecimento químico: as escalas do conhecimento, as

dimensões e as abordagens utilizadas.

As escalas abrangem uma classificação de proporcionalidade dos conceitos químicos que ajudam a situar as grandezas estudadas pela ciência Química. São classificadas em macroscópica e mesoscópica, que estaria mais próximo do nível das experiências; multiparticular, supramolecular, molecular e atômica ao se aproximarem do nível dos modelos explicativos (TALANQUER, 2011).

A dimensão do conhecimento químico envolve as principais formas de estudar/analisar/compreender os conceitos químicos e como ocorrem os processos químicos. Talanquer (2011) as classificam como dimensões: (i) composicional/estrutural, cujo foco conceitual é do que a matéria é formada e como é distribuída no espaço; (ii) energética, que centraliza em estudos sobre a energia envolvida nos processos e sistemas químicos; (iii) temporal, em que a análise é na relação com o tempo do fenômeno ou processo.

Por fim, Talanquer (2011) destaca que o conhecimento químico pode ser trabalhado em diferentes abordagens, tratando-se do quão amplo os conhecimentos químicos podem ser trabalhados. As abordagens são denominadas de matemática, conceitual, contextual e histórica, com maior amplitude da última para a primeira.

Nesse sentido, ao avaliar a aprendizagem dos conceitos de Química a partir de experiências com o TC, faz-se necessário uma análise qualitativa dos dados obtidos em consonância com os padrões – 2º e 3º padrão – de aprendizagem em ambientes informais de ensino (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009), e o nível de apropriação da linguagem química (TALANQUER, 2011). Ou seja, é necessário que o conhecimento emergente da experiência proposta, expressados por meio dos processos metacognitivos já discutidos, sejam avaliados segundo o entendimento dos níveis e subníveis do conhecimento químico.

Ao observar as características do 2º padrão de aprendizagem (compreender, lembrar e usar de conceitos, de explicações, de argumentos, de modelos e de fatos relacionados às ciências naturais), faz-se uma relação direta e interdependentes das ações envolvidas com o nível dos modelos e das visualizações descritos por Talanquer (2011), uma vez que os processos cognitivos envolvidos se correlacionam com estes níveis de conhecimento. Com

isso, a evidência da aprendizagem dos conceitos dentro do 2º padrão se dá pelo uso de conceitos químicos corretos e coerentes para explicar ou descrever (modelos) os fenômenos naturais, valendo-se de uma linguagem simbólica (visualizações) para expressar tal explicação.

Já o 3º padrão de avaliação estabelece uma relação mais profunda de apropriação da linguagem química, pois a conjugação dos verbos (manipular, testar, explorar, prever, questionar, observar e dar sentido) que evidenciam a aprendizagem, envolve a necessidade de transição entre três níveis do conhecimento químico, o que para Talanquer (2011) representa uma maior aprendizagem da Química.

Neste trabalho, a avaliação da aprendizagem de química, por meio do TC, leva em consideração as características da avaliação no âmbito da DC. Os procedimentos envolvidos na produção de dados e os processos cognitivos apresentados e discutidos no segundo e terceiro padrão de avaliação da aprendizagem (NATIONAL RESERCH COUNCIL, 2009), triangulando os dados produzidos aos níveis e subníveis de conhecimentos da Química (TALANQUER, 2011).

METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa foi a qualitativa, do tipo estudo de caso. Um estudo de caso é caracterizado por fazer uma análise situada e em profundidade das múltiplas dimensões do contexto em que os fenômenos estudados ocorrem, utilizando para tanto, procedimentos metodológicos e instrumentos de coleta de dados variados (ANDRÉ, 2013). Nessa perspectiva, este trabalho adotou o estudo de caso porque delimita o evento como um caso a ser estudado em profundidade e utiliza para isto instrumento de produção de dados diversificados.

Os sujeitos da pesquisa foram 162 estudantes do segundo ano do Ensino Médio de três colégios estaduais de Foz do Iguaçu: Colégio Estadual Cataratas do Iguaçu, Colégio Estadual Paulo Freire e Colégio Estadual Costa e Silva convidados a participarem do evento de DC Teatro Científico Tríplice Fronteira.

O evento aconteceu nos dias 30 e 31 de outubro e 1º de novembro de 2023, e consistiu na apresentação da peça de teatro *O guardião dos Cristais*, seguido de exposição de estandes, respectivamente no auditório e ginásio, da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Campus Jardim Universitário (JU), Foz do Iguaçu, PR. Cada dia de evento foi destinado a um colégio convidado. É importante salutar que a peça teatral e os estandes constituem o evento como um todo, sendo o papel dos estandes apenas o momento de debate pós-peça, como sempre ocorre em apresentações teatrais.

O evento foi dividido em duas partes principais, que deram fluidez e dinâmica para a produção de dados. Inicialmente os alunos foram recepcionados no auditório da universidade, onde assistiram à apresentação da peça teatral. Na segunda parte, o montante de alunos foi dividido em dois grupos de partes iguais, em que, uma parte foi guiada a uma visita pelas instalações da universidade e a outra parte seguiu para a interação nos estantes. Ao fim de cada experiência, os grupos revezaram de atividade.

A peça teatral *O guardião dos Cristais* foi encenado por discentes do curso de Licenciatura em Química (LQ), conforme representado na Imagem 2. A peça retratou uma excursão de três jovens estudantes a uma

floresta, Lorena, Vitor e Suzi. Lorena é uma estudante muito aplicada e fascinada por cristais e transforma a viagem em uma expedição em busca deles. Vitor e Suzi, por sua vez, preferem aproveitar a viagem e esquecer um pouco da escola. Tudo segue como planejado na floresta, até que Lorena cai em um buraco onde se depara com vários cristais e uma figura assustadora responsável por protegê-los, o Guardião dos cristais. Embora assustada e com medo, Lorena aproveita a ocasião para aprender tudo que puder sobre os cristais.

Imagem 2 – Momentos da peça teatral



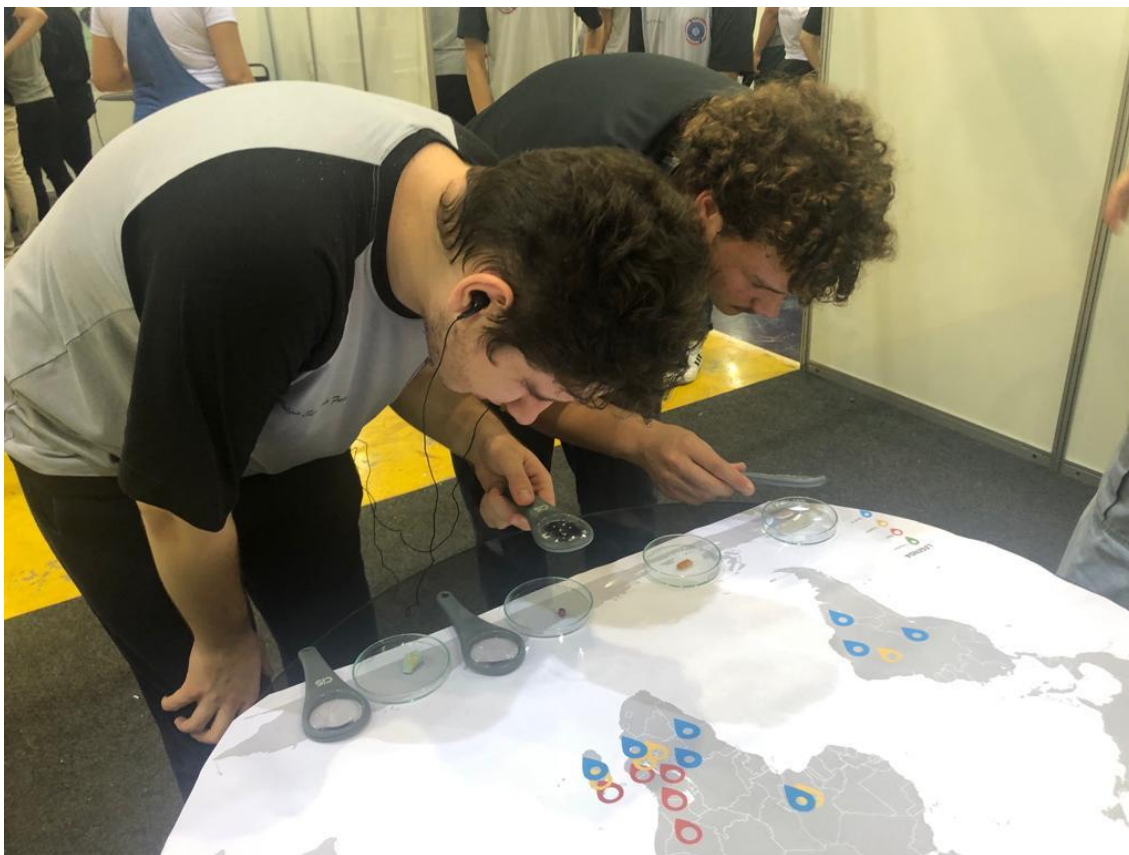
Fonte: Nashimoto (2023)

Os estandes foram organizados também pelos discentes do curso de LQ, os quais foram elaborados com intuito de promover a interação dos estudantes espectadores, com elementos conceituais apresentados na peça e com aprofundamento dos níveis de conhecimento químico a cada estande experienciado.

O primeiro estande apresentava amostras dos cristais citados na peça para observação com mais detalhes a partir de lupas disponibilizadas aos participantes, Imagem 3. Após a observação, a discente responsável explorava a abundância dos cristais em função de sua localização geográfica, a

composição química e a relação com as cores de cada cristal.

Imagem 3 – Estudantes analisando cristais



Fonte O autor (2023)

O segundo e terceiro estandes apresentavam aos estudantes diferentes métodos de cristalização em diferentes processos, como: a cristalização lenta de um sal inorgânico (sulfato de cobre); a cristalização rápida de um sal inorgânico na presença de impurezas (cloreto de sódio); a cristalização da prata via eletrodeposição com visualização em microscópio; e a cristalização do bismuto por resfriamento do metal fundido. As interações das(os) estudantes no segundo e terceiro estande podem ser observadas, respectivamente, nas Imagens 4 e 5.

Imagem 4 – Estudantes observando cristal de sulfato de cobre



Fonte: O autor (2023)

Imagem 5 – Estudante observando cristalização por eletrodeposição



Fonte: O autor (2023)

O quarto estande proporcionava aos estudantes a interação de

montar um quebra-cabeças e realizar as medidas de seus ângulos e dimensões, conforme observado na Imagem 6. Tal estratégia de representações em grande escala das figuras geométricas formadas visava perquirir sobre as diferentes celas unitárias dos cristais conhecidos desde a peça teatral e estandes anteriores. O aprofundamento das características das celas unitárias aproxima os alunos do entendimento de que os cristais são formados pelo arranjo perfeitamente ordenado de átomos, íons ou moléculas, e podem ser representados no nível das representações por meio de figuras, que representam as celas unitárias em composição e geometria.

Imagem 6 – Estudantes montando quebra-cabeça que representam diferentes celas unitárias

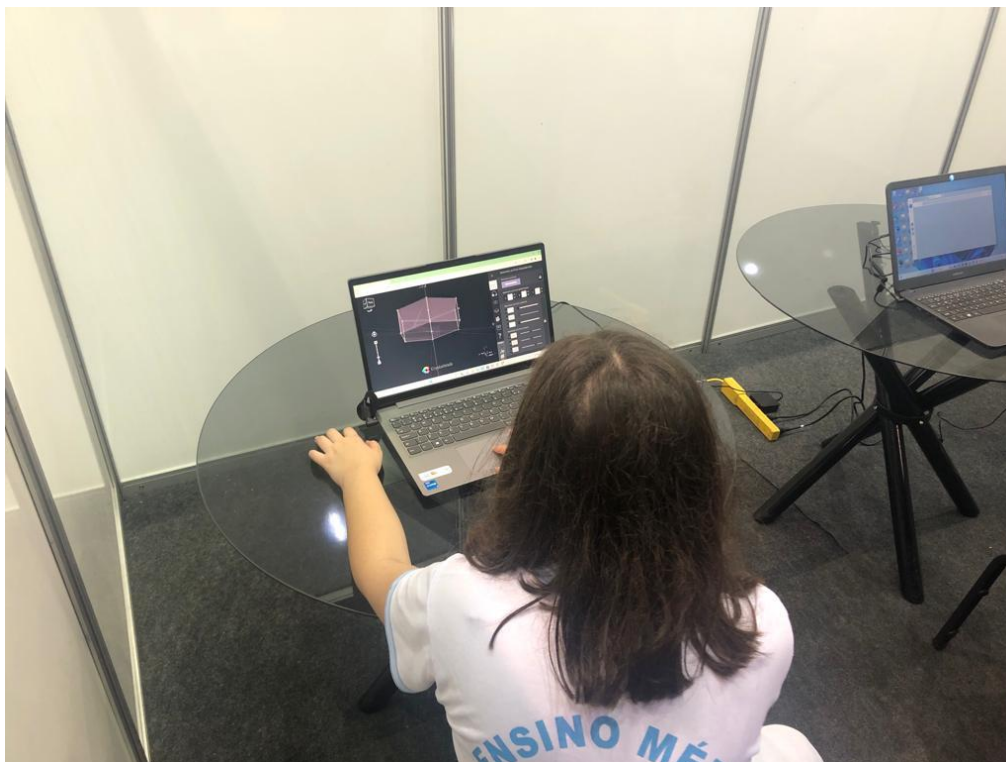


Fonte: Nashimoto (2023)

O quinto estande permitiu aos estudantes manipular as celas unitárias e construir os retículos cristalinos dos cristais por meio do *software* livre *CrystalWalk*. Nesse estande, os participantes puderam interagir com o programa para aprofundar a compreensão do conceito de cela unitárias e avançar para o conceito de retículo cristalino, tal como diferenciar a cela em termos de estrutura e composição. A Imagem 7 representa uma estudante manipulando o *software*,

explorando as potencialidades tecnológicas para maior aprofundamento da aprendizagem.

Imagem 7 – Estudante manipulando *software CristalWalk*



Fonte: O autor (2023)

A liberdade de transição entre os diferentes estantes equivale a liberdade de transição entre os níveis de conhecimento sobre os conceitos de sólidos cristalinos, propiciando mais exposição à linguagem científica e conseqüentemente maior propensão à aprendizagem dos conceitos (TALANQUER, 2011).

Baseados nas proposições de avaliação em ambientes informais de ensino, discutidos pela (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009), os estudantes participantes da pesquisa foram ludicamente abordados pelos personagens e convidados a responder às suas perguntas no formato de cartas. A cada dia de evento, 28 estudantes responderam às cartas, totalizando 84 respostas, que representam 7 perguntas elaboradas pelo pesquisador para este trabalho. Os estudantes foram escolhidos aleatoriamente para responder as perguntas e foram abordados em diferentes momentos do evento: após a peça teatral, durante a interação nos estandes e após a saída dos estandes. Cada pergunta foi respondida por 12 estudantes diferentes nos três dias de evento.

As perguntas respondidas pelos estudantes foram pensadas e elaboradas pelo pesquisador com o objetivo de avaliar a aprendizagem dos conceitos químicos de sólidos cristalinos. Cada pergunta foi intencionalmente relacionada com um dos padrões escolhidos (2º e 3º) para o desenvolvimento deste trabalho, a fim de obter respostas que favoreçam a produção de dados coerentes com objetivo da pesquisa, conforme Tabela 1.

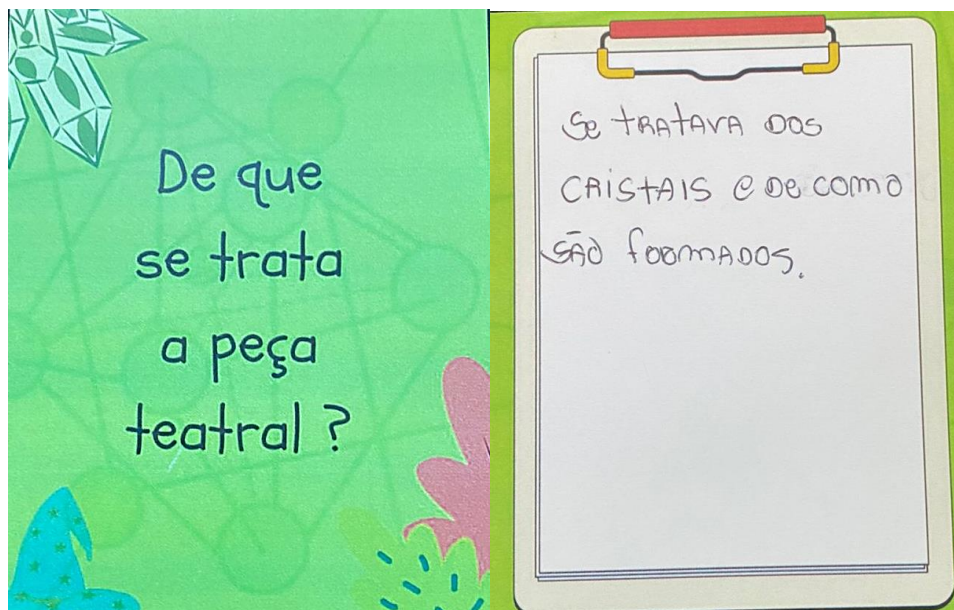
Tabela 1 – Perguntas feitas aos estudantes e relação com os padrões

Perguntas	Padrão
De que se trata a peça teatral?	2º Padrão
Por eu Vitor zombou do experimento que Lorena fez, enquanto aguardavam o ônibus?	2º Padrão
De onde vem as cores dos cristais?	2º Padrão
Por que os cristais demoram para aumentar de tamanho?	2º Padrão
Quais diferenças existem entre um cristal e outro?	2º Padrão
O que é preciso fazer com os cristais para serem utilizados como joias?	3º Padrão
Quais as condições, esquecidas por Lorena, para que o processo de cristalização ocorra?	3º Padrão.

Fonte: O autor (2024)

As cartas como instrumento de produção de dados foram previamente elaboradas e personalizadas pelo pesquisador. As perguntas têm relação com os padrões de aprendizagem discutidos pela (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009) e foram elaborados com o objetivo produzir dados que permitam avaliar o nível de aprendizagem dos conceitos químicos relacionados, conforme exemplifica a Imagem 8.

Imagem 8 – Exemplo de carta respondida



Fonte: O autor (2024)

Um segundo instrumento de produção de dados foi a gravação em áudio da interação dos estudantes enquanto estavam no segundo estande, em que o pesquisador era um dos responsáveis. Para buscar maior aprofundamento no estudo, também foi realizado registros de campo de situações consideradas relevantes para a pesquisa, dado a ausência de gravações em vídeos.

Para análise dos dados foi realizado a transcrição das respostas das cartas e categorização das mesmas baseado no princípio da semântica, ou seja, pelo sentido das unidades linguísticas, compilando significados a partir das unidades de registro (Bardin, 2016). O resultado das categorizações pode ser observado na tabela 2.

A análise dos dados buscou triangular os elementos do padrão de aprendizagem com o triplete químico, identificando os níveis e dimensões dos conhecimentos químicos que eram citados e/ou explicados pelos estudantes.

Quando as respostas apenas citavam termos sem tentativas de explicação, identificou-se a aproximação com o nível das experiências do triplete químico. No entanto, se as respostas avançavam para explicações ou relações de causa-efeito, correlacionava-se com o nível dos modelos identificando as dimensões exploradas (composicional/estrutural; energética e temporal).

Tabela 2 – Categorização das respostas das cartas

Carta	Categorias (C)	Significado da Categoria
De que se trata a peça teatral?	C1 Cristais	Quando as respostas indicaram que o enredo da peça teatral é sobre os cristais
	C2 Formação dos cristais	Conjunto de respostas que sinalizaram o enredo sobre os cristais e sua formação/composição
	C3 Formação dos cristais e cores	Respostas que destacaram o enredo tratando dos cristais, sua formação e as cores que possuem como uma das propriedades.
Por eu Vitor zombou do experimento eu Lorena fez, enquanto aguardavam o ônibus?	C4 Erro experimental	Quando as respostas indicaram que o motivo da zombaria foi o erro experimental.
	C5 Personalidade	Conjunto de respostas que indicaram que o motivo da zombaria foi a personalidade “nerd” da Lorena.
	C6 Falta de Evidências	Conjunto de respostas que indicam o motivo da zombaria foi a falta de evidências de que uma reação aconteceu
De onde vem as cores dos cristais?	C7 Impurezas/Íon Metálico	Respostas que indicam que a cor do cristal está relacionada com a presença de íons metálicos ou impurezas na composição do cristal.
	C8 Composição do Cristal	Conjunto de respostas que indicam que a cor do cristal está relacionada com sua composição química.
	C9 Interação com a luz	Respostas que indicam que a cor do cristal está relacionada com interação do cristal com a luz
Por que os cristais demoram para aumentar de tamanho?	C10 Processo	Respostas que justificam o processo de formação como causa da demora
	C11 Entropia	Respostas que relacionam a entropia com o tempo de formação dos cristais.
	C12 Local/Temperatura	Respostas que relacionam o local de formação e a temperatura como fatores que influenciam no tempo de formação.

Quais diferenças existem entre um cristal e outro?	C13 Composicional/Estrutural/Cor	Respostas que diferenciam os cristais baseados em seus aspectos composicionais/estruturais e cores.
	C14 Estrutural/Cor	Respostas que diferenciam os cristais baseados em suas diferenças estruturais e cores.
O que é preciso fazer com os cristais para serem utilizados como joias?	C15 Tratamento/Lapidação	Respostas que indicam o tratamento dos cristais e a lapidação como formas de transformar um cristal em joia
	C16 Pureza/Lapidação	Respostas que indicam o grau de pureza do cristal e o processo de lapidação como formas de transformar o cristal em joia.
	C17 Polimento	Respostas que indicam o processo de polimento como formas de transformar os cristais em joias.
Quais as condições, esquecidas por Lorena, para que o processo de cristalização ocorra?	C18 Reacional	Respostas que indicam que as condições esquecidas por Lorena se relacionam com fatores da reação química.
	C19 Estado de Agregação	Respostas que indicam que as condições esquecidas por Lorena se relacionam com o estado de agregação do cristal em função da temperatura.

Fonte: O autor (2024)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão organizados na forma de seções, intituladas pelas perguntas feitas aos estudantes. Em cada seção são apresentadas as categorias identificadas de acordo com a análise das respostas.

DE QUE SE TRATA A PEÇA TEATRAL?

Nesta pergunta foram identificadas três categorias: C1 Cristais com 41,67% das respostas; C2 Formação dos cristais com 33,33%; e C3 Formação dos Cristas e Cores com 25%.

A categoria C1, Cristais, agrupa as respostas dos estudantes que indicaram que o enredo da peça teatral se tratava sobre cristais. As respostas a seguir exemplificam essa categoria:

- Resposta 1: "*Cristais.*"
- Resposta 2: "*Os Cristais.*"
- Resposta 3: "*Sobre Cristais.*"
- Resposta 4: "*A peça se trata dos cristais.*"

As respostas dos estudantes demonstram lembrar, conceitualmente, que o enredo principal da peça era sobre os cristais. Isso expõe que, a partir de uma única experiência como espectador, o TC mostra potencial de apoiar o desenvolvimento ou retomada do saber científico encenado.

Ao suscitar o termo cristais para se referir à peça teatral, os estudantes demonstram que o saber científico lembrado por eles permanece no nível das experiências, ou seja, o nível em que os fenômenos são observados e experimentados. Nesse contexto, é possível inferir que o conhecimento químico permanece em escala macroscópica, tendo em vista que o enredo e o clímax da peça estão baseados em aspectos dos cristais como cor, formato e tamanho, a partir de uma abordagem contextual trazida pelo enredo da peça (TALANQUER, 2011).

A categoria C2, Formação dos cristais, agrupa as respostas dos estudantes que indicam que o enredo da peça teatral se tratava dos cristais e sua formação/composição.

Resposta 6: *“Se trata dos cristais e de como são formados”*

Resposta 7: *“A peça se trata de uma explicação de como os cristais são formados e quais são os principais.”*

Resposta 8: *“Se trata de como é feito os cristais e como são formados.”*

Resposta 9: *“Trata-se de uma peça teatral sobre os cristais e suas composições, com um tom de comédia”*

Observa-se, a partir das respostas, que os estudantes avançam para além de lembrar da temática central da peça, pois é informado que a peça teatral não se trata apenas dos Cristais, mas também de sua composição e/ou formação. Ainda é possível observar, na Resposta 9, uma percepção da(o) estudante em relação ao gênero da peça, classificando-a com o gênero de comédia.

Ao carrear informações sobre a composição/formação dos cristais nas respostas, pode-se inferir que o conhecimento químico explorado começa a mover-se sobre o triplete químico, perpassando o nível da experiência e dos modelos. A aproximação com o nível dos modelos é de natureza descritiva, porém em abordagem contextual e com dimensão composicional/estrutural (TALANQUER, 2011).

A categoria C3, Formação dos Cristais e Cores, representa as respostas que indicam que o enredo da peça se trata dos cristais, sua formação e as cores que possuem como uma das propriedades.

Resposta 10: *“A peça se trata sobre cristais. Ela conta como os cristais são formados e como funciona as colorações”*

Resposta 11: *“Se trata sobre cristais, sobre a composição, formatos e cores!”*

Resposta 12: *“Trata-se de uma apresentação que mostra os cristais, explica a composição e diferenças como, as cores e etc.”*

O principal elemento que caracteriza a categoria C3 é a enunciação da cor nas respostas dos estudantes. Nesse sentido, essa categoria é similar a categoria C2, contudo, as respostas trazem um avanço na dimensão do conhecimento científico explorado, atingindo a dimensão energética, mesmo que inconscientemente.

Em síntese, os resultados identificados nas categorias C1, C2 e C3 são compatíveis com os apontados pelo relatório da *National Research Council*, uma vez que estão fortemente carregados de lembranças do evento, com o conhecimento científico emergindo no discurso de forma a descrever ou justificar os fenômenos experienciados.

POR QUE VITOR ZOMBOU DO EXPERIMENTO QUE LORENA FEZ, ENQUANTO AGUARDAVAM O ÔNIBUS?

Para esta pergunta também foi identificado três categorias, sendo elas: C4 Erro Experimental com 41,66% das respostas; C5 Personalidade com 33,33%; e C6 Reação com 16,66%. Durante a categorização, uma resposta foi excluída por não atender aos objetivos da pesquisa enquanto dado.

A categoria C4, Erro Experimental, refere-se ao conjunto de respostas que indicam que o motivo da zombaria foi o erro experimental de Lorena ao tentar sintetizar um cristal durante a peça.

Resposta 13: *“Porque o experimento dela deu errado.”*

Resposta 14: *“Porque o experimento dela deu errado.”*

Resposta 15: *“Porque o experimento dela deu errado”*

Resposta 16: *“Ele de início não zombou dela, apenas quando o experimento deu errado, mas também não explicou como fazer”*

Resposta 17: *“Porque ele não acreditava que o experimento dela ia dar certo. E também, porque, deu errado”*

Ao indicar o motivo da zombaria por parte de Vitor, os estudantes revisitam a cena na memória e contextualizam suas respostas com base na tentativa, sem êxito, de Lorena produzir um cristal de acordo com o experimento.

Nessa perspectiva, a categoria expõe que a aprendizagem dos estudantes se aproxima pouco de conhecimentos químicos específicos, salvo pela citação do “experimento”. Pode-se entender essa citação, de forma superficial, trata-se de um termo relacionado ao conhecimento descritivo do fenômeno, que foi observado no nível das experiências, contextualizado pela cena teatral e que não permite maiores interpretações.

A categoria ainda revela uma proximidade do espectador com a personagem Lorena, quando responde que *“Ele de início não zombou dela, apenas quando o experimento deu errado, mas também não explicou como fazer”*.

Ao construir a resposta, a(o) estudante mostra uma empatia pela personagem. Isso porque, embora tenha indicado a motivação da zombaria de Vitor, na resposta tenta defender Lorena frente a zombaria. Vitor.

O resultado observado nessa resposta corrobora com Marega (2020) sobre a empatia causada no espectador frente a uma situação dramática (cena) vivenciada pela personagem. Isso reforça o envolvimento da(o) estudante à peça ao responder à pergunta.

A categoria C5, Personalidade, é formada por um conjunto de respostas

que indicam que o motivo da zombaria foi a personalidade “nerd” de Lorena.

Resposta 18: Porque achou ela muito nerd.

Resposta 19: Porque ela falhou em seu experimento e ela era “nerd”.

Resposta 20: Porque ele falou que era muito nerd e ela deveria aproveitar.

Resposta 21: Porque, ele não queria prestar atenção, achava que isso era coisa de nerd e besta.

Pelas respostas, é possível observar que os estudantes utilizam apenas da lembrança do experimento feita por Lorena, dentro do nível das experiências, para enfatizar a característica de “nerd” da personagem. Logo, as respostas se baseiam em interpretações subjetivas a partir daquilo que vivenciaram ao assistir a cena.

A categoria C6, Reação, surge do conjunto de respostas que indicam que o motivo da zombaria de Vitor foi porque a reação de formação do cristal não aconteceu.

Resposta 22: Porque não teve reação.

Resposta 23: Por causa do tempo, pois a formação não é tão rápida.

As duas respostas se direcionam para os aspectos científicos, porém, com enfoques diferentes. Enquanto a resposta 22 mostra a capacidade do estudante lembrar e usar conceitos científicos, representado pelo conceito reação, a resposta 23 avança para uma a criação de uma hipótese explicativa do motivo do cristal não ter se formado.

Em termos mais específicos do conhecimento químico, a resposta 23 inicia a transição do nível das experiências, observado na peça, para o nível dos modelos explicativos, pontuando uma relação de causa-efeito em relação ao tempo de formação de um cristal (no qual possui etapas rápida e lenta). Assim, observa-se também a presença da dimensão temporal, discutida por Talanquer (2011), ao explicar porque o cristal não se formou quando Lorena fez o experimento na peça.

Nessa categoria é possível perceber que as(os) estudantes usam de conceitos científicos não citados na cena para responder à pergunta, diferente das categorias anteriores. Na categoria C4, embora parcialmente presente, o conhecimento científico não tem o mesmo protagonismo percebido na relação entre a peça e o espectador. Já na categoria C5, a ausência de justificativas científicas é marcante.

A presença de respostas que variam de conceitos químicos a interação do espectador com as personagens compactuam com as preposições de Almeida e Hamilton (2023), que discute e defende que a relação entre TC e DC, não é de instrumentalização, mas sim de simbiose representados pelas diferentes formas

de responder subjetivamente e corretamente à mesma pergunta.

DE ONDE VEM AS CORES DOS CRISTAIS?

Conforme análise das respostas desta pergunta, identificaram-se três categorias: C7 Impureza/Íon Metálico com 25% das respostas; C8 Composição dos Cristais com 33,33%; e C9 Interação com a Luz com 16,6%. Duas respostas foram desconsideradas, pois não satisfaziam a pesquisa enquanto dado.

A categoria C8, Impureza/Íon metálico, é caracterizada pelo conjunto de respostas que indicam que as cores dos Cristais estão relacionadas com a presença de íons metálicos ou impurezas na composição dos cristais.

Resposta 24: Das impurezas dos metais.

Resposta 25: Dos metais.

Resposta 26: Dependendo do cristal vem das impurezas ou do íon metálico.

Observa-se, a partir dos excertos acima, que os estudantes conseguem lembrar fatores (impurezas e presença de íons metálicos) que indicam a origem das cores dos cristais a partir da peça teatral. Embora não fazem nenhuma correlação com a composição dos cristais, conseguiram fazer associações científicas com o que foi apresentado na peça.

Esse tipo de resultado também foi observado no trabalho de Silva (2018), que por meio da análise textual discursiva, identificou respostas em nível fenomenológico (experiências), teórico (modelos) e representacional (visualização), porém, ainda precisando avançar conceitualmente.

Vale destacar a resposta 26, pois traz maior assertividade conceitual à pergunta ao usar elementos descritivos da composição do cristal. Isso é um indicativo que o conhecimento químico abordado se aproxima do nível dos modelos, em uma escala de multipartículas e dimensão composicional/estrutural (TALANQUER,2011).

A dissensão observada nas respostas e consecutivamente no aprendizado dos estudantes é um resultado possível e previsto pelo 2º padrão do relatório da *National Research Council*, uma vez que os conceitos científicos quando regados de abstração tendem a não ser foco da DC. A previsão é compatível com o resultado obtido e coerente com a premissa de que a construção de alguns conceitos

demanda mais tempo que a interação proporcionada pelo TC pode oferecer (SILVA, 2018).

A categoria C8, Composição dos Cristais, é formada pelo conjunto de respostas que indicam que a origem da cor nos cristais está relacionada com sua composição.

Resposta 27: Acho que dos compostos e rochas.

Resposta 28: Por causa das substâncias que os cristais possuem.

Resposta 29: Depende das substâncias que compõem os cristais.

Resposta 20: Dependendo das substâncias que compõem o cristal.

Nessa categoria, o conhecimento químico envolvido também é de lembrar e usar termos científicos. Nessas respostas o termo usado é “substâncias”, atribuindo-as como as responsáveis pela coloração nos cristais.

No entanto, diferentemente da categoria Impureza/Íon metálico, que se aproxima mais da relação causa-efeito da presença de cores nos cristais, a utilização do termo “substâncias” sinaliza uma generalização do conceito por parte das(os) estudantes, no nível das experiências, não avançando para os modelos explicativos.

A categoria C9, Interação com a Luz, é formada pelo conjunto de respostas que indicam que a cor dos cristais é originada da interação da estrutura do cristal com a luz.

Resposta 30: Depende do espectro de luz.

Resposta 31: Depende do espectro de luz que a estrutura de um mineral recebe e reflete.

Nessa categoria, as(os) estudantes relacionam os conceitos químicos encenados durante a peça com os apresentados no estande 1, cujas cores dos cristais foram discutidas sob a perspectiva energética da interação do cristal com a luz, o que refletia nas respostas apresentadas por esses estudantes.

As duas respostas indicam uma aproximação com a dimensão energética, acerca da interação entre a radiação visível com a matéria. Entretanto, enquanto a resposta 30 apenas traz o uso de termos científicos, a resposta 31 avança na tentativa de explicação em um movimento de transição do nível das experiências - peça - para dos modelos – estande 1.

É salutar que tais respostas já abrangem o terceiro padrão, uma vez que os estudantes, na visita ao estande 1, tiveram a oportunidade de manipular, explorar e questionar mais sobre os conceitos químicos para buscar dar sentido ao mundo natural (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009).

POR QUE OS CRISTAIS DEMORAM PARA AUMENTAR DE TAMANHO?

A partir da análise das respostas da referida pergunta, identificaram-se 3 categorias, sendo elas: C10 Processo com 58,33% das respostas; C11 Entropia com 25%; e C12 Local/Temperatura com 16,66%.

A categoria C10, Processo, é formada pelo conjunto de respostas que indicam que a demora no tempo de crescimento do cristal é em virtude do processo de formação. A categoria representa maior percentual quantitativo das respostas.

Resposta 32: Por conta do processo químico entalpia.

Resposta 33: Pelo processo de composição.

Resposta 34: Ocorre devido a processo de cristalização cristalino.

Resposta 35: Devido ao processo químico de cristalização cristalina.

Resposta 36: Porque os processos são demorados e levam tempo.

Resposta 37: Porque os processos de cristalização são demorados.

Resposta 38: Porque, devido ao processo cristalino.

Os resultados apresentados evidenciam que a aprendizagem é um processo que se desenvolve de forma muito particular de indivíduo a indivíduo. Embora a categoria seja marcada pelo entendimento que o tempo de formação do cristal é demorado por conta do “processo”, é possível perceber que as(os) estudantes dão sentidos diferentes ao termo “processo” empregado em suas respostas em uma perspectiva de lembrar e usar de conceitos (entalpia, composição e cristalização).

Na resposta 32, a(o) estudante relaciona o “processo” de formação do cristal com o conceito de entalpia. Levando em consideração que os estandes 2 e 3 envolviam a explicação do processo de crescimento de cristais sob a ótica do conceito de entropia, observa-se o uso do termo “entalpia” usado na resposta, que embora também esteja envolvido no processo, não foi o destacado pelos monitores.

Tal resultado é semelhante ao encontrado por Valerio et al. (2019), em que os autores também relatam o uso de conceitos incorretos para justificar um fenômeno representado em uma apresentação de TC.

Já a maioria das respostas associa a demora com o processo de cristalização, mesmo sem dar sentido do porquê a cristalização demanda maior tempo. Ao mesmo tempo, é possível observar a presença de diversas dimensões do conhecimento químico, que variam entre temporal (resposta 37); energética (resposta 32); e composicional/estrutural (resposta 33 e 34). A presença das três dimensões nas respostas da(os) estudantes é um bom sinal de aprendizagem por meio da DC a partir do teatro, pois indica que dimensão composicional/estrutural não se sobressai às

demais conforme critica Talanquer (2011).

A categoria 11, Entropia, é formada pelo conjunto de respostas que relacionam a variação da entropia com o tempo de crescimento dos Cristais.

Resposta 39: Porque a entropia diminui.

Resposta 40: Porque a entropia diminui a cada dia, então quanto mais dias se passa, maior fica.

Resposta 41: (talvez) a entropia não diminua de forma contínua na mesma velocidade.

Nessa categoria os resultados são conceitualmente semelhantes à explicação feita nos estandes 2 e 3, em que as(os) estudantes relacionam que o tempo de crescimento se torna maior em função da variação da entropia. Dessa forma, é acessível identificar que o conhecimento químico está no nível dos modelos, abordagem conceitual e dimensão energética.

Cabe analisar que a resposta 41, representa de forma muito explícita o observado pelo relatório da *National Research Council* (2009), que destaca a criação hipóteses como resultados de pesquisas em ambientes de DC.

Ao iniciar a resposta com o advérbio de dúvida – talvez - é possível perceber que a(o) estudante lança uma hipótese sobre o conceito de entropia no contexto do crescimento dos cristais. Para ela(e), a variação da entropia é mais complexa que um processo homogêneo e linear, e tais características contribuem para a demora no tempo de crescimento dos cristais.

A categoria C12, Local/Temperatura, retrata as respostas ao local de formação e a temperatura como fatores que influenciam no tempo de formação.

Resposta 42: Devido a formações de terra e ao tempo, que ela levou para se formar.

Resposta 43: Depende da temperatura que ele está se formando e o local.

Os resultados que emergem dessa categoria demonstram que as(os) estudantes correlacionam os conceitos, em nível, escala, abordagem e dimensão diferentes dos abordados nos estandes 2 e 3, evidenciados nas categorias anteriores (10 e 11). Nessa perspectiva, é possível entender que as(os) estudantes demonstram avanços nas correlações e conexões entre os diferentes contextos do conhecimento que envolva o crescimento dos cristais.

Todas as respostas exploram fatores ligados a uma abordagem contextual e próxima do nível das experiências. Em termos de escala é perceptível que as(os) estudantes optam pela macroscópica ao invés da atômica, uma vez que é mais fácil correlacionar com o que é visível e tangível. No quesito dimensão as

respostas se expressam nas três dimensões – energética (resposta 43 – temperatura), temporal (resposta 42 – tempo) e composicional/estrutural (resposta 42 e 43 – Formação).

Esses resultados representam a característica multifacetada do conhecimento químico, cuja capacidade de transição entre os níveis, escalas, abordagens e dimensões, representam uma apropriação mais integral do conhecimento químico (TALANQUER, 2011). Além disso, nessa categoria é possível perceber que as respostas das(os) estudantes se expressam de forma a dar sentido a conceitos teóricos, relacionando-os com fatos ou experiências do cotidiano (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009).

QUAIS DIFERENÇAS EXISTEM ENTRE UM CRISTAL E OUTRO?

Para a pergunta, tema da seção, foram identificadas 2 categorias, sendo elas: C13 Estrutural/Cor com 42% das respostas; e C14 Composicional/Estrutural/Cor com 58%.

A categoria C13, Estrutural/Cor, se refere ao conjunto de respostas que diferenciam os cristais baseados em suas diferenças estruturais e cor.

Resposta 42: Formatos, cores e geometria.

Resposta 43: Formato, cor, estrutura, raridade e umidade.

Resposta 44: Formatos, cores, estrutura e raridade.

Resposta 45: Tamanho, largura, comprimento, cor, forma, material e forma de criação.

Resposta 46: Formação do cristal e suas impurezas, propriedade e formação.

Nessa categoria, as(os) estudantes diferenciam os cristais, principalmente, nas propriedades organolépticas, ou seja, aquelas perceptíveis aos sentidos humanos. Dessa forma, os conhecimentos químicos envolvidos tendem a permanecer no nível das experiências, em escala macroscópica, abordagem contextual e dimensão composicional/estrutural, com ênfase na estrutura, e avanços até a dimensão energética.

A categoria C14, Composicional/Estrutural/Cor, por sua vez, se refere ao conjunto de respostas que diferenciam os cristais baseado em seus aspectos composicional/estrutural e cores.

Respostas 47: Formação, componentes, cores, tamanhos e muito mais.

Respostas 48: Componentes, cores, formas entre outros.

Respostas 49: Seus formatos, componentes químicos, estrutura.

Respostas 50: Formação, cores, local, fórmula e composição.

Respostas 51: A cor, a composição e geometria.

Respostas 52: As cores, formatos, composição e raridade de cada uma.

Respostas 53: O formato, a cor, as composições e as raridades de cada uma.

Os resultados identificados nessa categoria revelam que a dimensão estrutural/composicional, com ênfase na composição é o que diferencia da categoria C13.

Todavia, em ambas as categorias é possível perceber a formação de pseudoconceitos, ou seja, emprego de conceitos que não correspondem aos modelos explicativos dos fenômenos presentes no teatro e usá-los durante as respostas. É possível perceber também que a maioria das respostas empregam termos mais gerais, como “componentes” no lugar do conceito de composição e “tamanho” como generalização para o conceito de volume. Tais generalizações são relatadas em outros trabalhos, indicando situações em comum no processo de ensino/aprendizagem de estudantes (VALERIO et. al, 2019).

O QUE É PRECISO FAZER COM OS CRISTAIS PARA SEREM UTILIZADOS COMO JOIAS?

Para esta pergunta foram identificadas três categorias: C14 Tratamento/Lapidação com 50% das respostas; C15 Pureza/Lapidação com 16,66%; e C16 Polimento com 25%.

A categoria C14, Tratamento/Lapidação, se refere ao conjunto de respostas que indicam o tratamento dos cristais e a lapidação como formas de viabilizar o emprego de um cristal na confecção de joias.

Resposta 54: Tratar eles e lapidação.

Resposta 55: Retirar impurezas e lapidar.

Resposta 56: Remoção de impurezas nocivas e lapidação.

Resposta 57: Lapidação. Tratar joia. Limpeza.

Resposta 58: Lapidação.

Resposta 59: Lapidação, é preciso quebrar os cristais.

A categoria demonstra que os estudantes são capazes de apresentar algumas etapas importantes para o tratamento dos cristais ao serem empregados na confecção de joias. Observa-se que as respostas das(os) estudantes são focadas em etapas de processos que destacam o nível das experiências por envolver procedimentos como a lapidação, dimensão composicional/estrutural e abordagem contextual (TALANQUER, 2011). Embora as(os) estudantes não explorem de forma sistemática as etapas envolvidas nos processos, as(os) estudantes possuem

conhecimentos prévios acerca do assunto e utilizam-se desse conhecimento para dar sentido ao fenômeno questionado.

As ideias sobre lapidação também são identificadas durante as interações no estande 2, obtidas por meio de gravação:

M1: Ele já está lapidado, ou ele lapida depois?

P: Não, ele está bruto!

F1: E como que lapida?

M2: Eu acho que não tem como lapidar!

Nesse trecho os alunos discutem e questionam se o cristal de sulfato de cobre, manipulado por eles, já tivera passado pelo processo de lapidação por sua forma e apresentação. O questionamento levantado pela fala de M1 permite presumir que esse estudante percebe que o cristal possui aspecto diferente de cristais brutos, como vistos no estande 1, culminando na pergunta.

Para os autores do relatório da *National Research Council*, o levantamento de perguntas sobre um fenômeno em ambientes informais são um dos resultados esperados para o 3º padrão de aprendizagem, uma vez que as perguntas fazem parte do raciocínio científico.

A categoria C15, Pureza/Lapidação, se refere ao conjunto de respostas que indicam, além do processo de lapidação, a importância do grau de pureza dos cristais para ser empregado na confecção de joias.

Resposta 60: Tem que ser puro.

Resposta 61: Lapidação e deixar ele puro.

Aqui, os níveis dos conhecimentos científicos se equilibram entre o nível das experiências e dos modelos, em que as(os) estudantes usam de conceitos e procedimento para dar sentido ao fenômeno com o destaque do conceito de pureza (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009). Isso evidencia a dimensão composicional do conhecimento apresentado, isso porque, a pureza do cristal se relaciona com os constituintes elementares da estrutura unitária do sólido, cujo as variações nos ligantes refletem diretamente em suas propriedades físicas e químicas.

A categoria C16, Polimento, é identificada a partir das respostas que apontam o polimento como forma de viabilizar o emprego de cristais em joias.

Resposta 62: Tem que ser polido, e valorizado.

Resposta 63: Ser polido e tratado.

Resposta 64: Polir, processo de solução, tratamento e etc.

Resposta 65: Polir.

Embora seja possível observar que as(os) estudantes tentem a estabelecer relações entre o processo de polimento e o processo de confecção de joias, eles/as o fazem de forma superficial, apenas citando o polimento. Embora seja uma das etapas finais, não é a mais importante do processo, o que demonstra ainda lacunas acerca do fenômeno abordado e os procedimentos envolvidos.

Nesse caso, a tentativa de dar sentido ao fenômeno questionado é evidente. Todavia, apropriação de conhecimento científico que sustentem tal narrativa não se apresenta de forma expressiva e, portanto, a categoria revela que as respostas permanecem apenas no nível das experiências, caracterizado apenas pelo uso de termos científicos.

QUAIS AS CONDIÇÕES, ESQUECIDAS POR LORENA, PARA QUE O PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO OCORRA?

Duas categorias emergem da referida pergunta: C17 Reacional com 50% das respostas; e C18 Temperatura com 33,33% das respostas. Durante a categorização, 2 respostas foram excluídas por não atenderem aos objetivos da pesquisa enquanto dado.

A categoria C18, Reacional, se refere ao conjunto de respostas que indicam que as condições esquecidas por Lorena se relacionam com fatores da reação química.

Resposta 66: Ela preparou a solução errada.

Resposta 67: Faltou recuperar os cristais.

Resposta 68: Ela escolheu o solvente errado.

Resposta 69: Tempo, condições adequadas e temperatura.

Resposta 70: Ela esqueceu que quanto menor o potencial, maior o tempo de formação.

Resposta 71: Ela esqueceu alguns processos cruciais para a cristalização.

Nessa categoria pode-se observar a diversidade com que o conhecimento científico é empregado em diferentes respostas em uma tentativa de dar sentido ao fenômeno questionando (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009). A resposta 71 indica o esquecimento de processos “cruciais” para a reação de cristalização, porém, a resposta não contém os pressupostos conceituais que indique um entendimento sobre o porquê de a reação não ter acontecido. Portanto, é possível avaliar que a aprendizagem científica nessa resposta permanece no nível das

experiências, pelo emprego de termos generalistas.

Na resposta 69, por sua vez, é possível observar o emprego de termos científicos sem que estes sejam flexionados a uma tentativa de dar sentido ao fenômeno em questionamento. Nessa perspectiva, pode-se observar que o conhecimento científico envolvido na resposta permanece no nível das experiências, em escala indefinida, dimensão energética (temperatura) com avanços até a dimensão temporal (tempo) evidentes na resposta 69.

Na resposta 70, percebe-se uma tentativa de correlação entre o termo científico empregado e o maior tempo de formação dos cristais, ou seja, o uso de conceitos para dar sentido ao fenômeno (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009). Nesse sentido, o conhecimento químico avança para o nível dos modelos, em escala indeterminada, abordagem contextual e dimensão energética que nos é informado pelo emprego do termo “potencial” (TALANQUER, 2011). Tais resultados corroboram com os observados por Oliveira et. al (2019), que mostraram que as(os) estudantes partícipes de experiências teatrais são influenciados a ter uma nova visão sobre a Química, mostrando que ela não é apenas uma matéria abstrata.

A dissidência observada nas respostas das(os) estudantes já fora registrada anteriormente na categoria 7 e ressurge novamente nesta, sob a mesma justificativa. Enfatizando que os conceitos científicos quando regados de abstração tendem a não ser foco da DC, pois demandam de ações metacognitivas que suscitem mais de compreensão do que lembrança.

A categoria C18, Estado de Agregação, se refere ao conjunto de respostas que indicam que as condições esquecidas por Lorena se relacionam com o estado de agregação dos cristais em função da temperatura.

Resposta 72: Ela não acertou o arrefecimento.

Resposta 73: A fundição.

Resposta 74: A fundição.

Resposta 75: A fundição e a temperatura dos cristais.

Nessa categoria é possível observar que as(os) estudantes lançam mão apenas de termos científicos para justificar o tempo de formação dos cristais sem estabelecer conexão entre os termos empregados e o processo. Apenas na resposta 72 é possível perceber uma tentativa de justificar o processo.

Dadas as características do 3º padrão de aprendizagem, é válido

inferir que as(os) estudantes lançam uma hipótese sobre o fenômeno em questionamento com base em suas vivências e as experiências a que foram exposto até chegarem a essa situação (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2009). Embora os termos utilizados pelos estudantes não tenham relação direta com o contexto da pergunta, é possível analisar que esse conhecimento permanece no nível das experiências, dentro da abordagem contextual principalmente pelas experiências nos estandes, escala indeterminada e dimensão energética dado os termos empregados (TALANQUER, 2011).

Ao analisar-se o contexto e a sequência de experiências que as(os) estudantes foram expostos, pode-se inferir que a utilização do termo “fundição” tenha relação com a experiência vivenciada no 3º estande, em que foi observado a cristalização do bismuto fundido. Nessa perspectiva, é notório que houve uma troca de conceitos por parte das(os) estudantes, evidenciando fortemente a incompreensão de que o processo de cristalização ocorre de formas e situações diferentes a depender da natureza dos “reagentes” envolvidos no processo e dos procedimentos utilizados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi o de analisar a aprendizagem química de estudantes do ensino médio que vivenciaram uma experiência de teatro científico. Para a avaliação da aprendizagem utilizou-se o 2º e 3º padrões do *National Research Council* (2009), correlacionando-os com os níveis e subníveis do conhecimento químico, propostos por Talanquer (2011).

Os resultados da pesquisa mostram que houve aprendizagem química a partir da participação do público ao evento do Teatro Científico (TC), composto pela apresentação da peça “O guardião dos cristais”, seguida de debates nos estandes. Isso porque os estudantes mostraram compreensão científica da peça ao identificar que o enredo se tratava dos cristais e suas composições químicas, assim como algumas propriedades (coloração e estruturas cristalinas).

A partir do modelo de análise elaborado, correlacionando elementos do triplete químico com os níveis cognitivos da aprendizagem informal do segundo padrão e terceiro padrão, identificou-se uma tendência de aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos relacionados aos cristais. O grau cognitivo de lembrar e usar de conceitos tende a permanecer no nível das experiências, mesmo quando as respostas transitam entre as diferentes dimensões do conhecimento químico. Tal resultado é esperado quando se trabalha com divulgação científica, quando se compara com outros trabalhos.

No entanto, notou-se potencialidades de aprendizagem quando os estudantes buscavam explicar e tentar estabelecer relações entre as propriedades dos cristais e suas composições, como no caso da presença das cores e dos fatores energéticos do processo de cristalização. Nessas situações, o grau cognitivo avança para uso de explicações e argumentações, o que se aproxima do nível dos modelos do triplete químico.

Os avanços para o nível dos modelos são ainda mais evidentes quando as(os) estudantes tentam propor explicações e hipóteses ou usam de conceitos químicos para explicar questionamento que demandam de correlação entre os conhecimentos aprendidos e um fenômeno em específico. Tais conclusões são evidenciadas pelas correlações entre os conceitos científicos e as explicações empregadas pelos estudantes para explicar o tempo de crescimento dos cristais e os processos envolvidos na confecção de joias.

Diante disso, infere-se que o papel do debate após a apresentação da peça, independentemente de como for feito, é primordial para que os estudantes transitem do nível das experiências para o nível dos modelos explicativos. Nesse sentido, como perspectivas futuras ainda é preciso estudar maneiras, dentro da divulgação científica, de como conseguir esse avanço de aprendizagem química nos sujeitos participantes.

Assim, este trabalho mostrou que a divulgação científica por meio de teatro tem potenciais para engajar os sujeitos na relação Arte/Ciência de modo a propiciar aprendizagens. Além disso, o projeto Teatro Científico Tríplice Fronteira vem contribuindo tanto com a formação de professores no curso de Química Licenciatura, como na formação de estudantes da Educação Básica, por envolver conhecimentos químicos e didáticos a um público amplo. Logo, este trabalho representa para o pesquisador e discente uma formação integral como professor de química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Carla; HAMILTON, Wanda. O teatro no contexto da divulgação científica: muito praticado, ainda pouco compreendido. **Revista Poiésis**, Niterói, v. 24, n. 41, p. 106-126, 2023.

ALMEIDA, C. S. et al. Ciência e teatro: um estudo sobre as artes cênicas como estratégia de educação e divulgação da ciência em museus. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 24, n. 2, p. 375–393, abr. 2018.

ANDRE, Marli. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Revista da FAAEBA: Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, dez. 2013.

BENEDETTI FILHO, E.; FIORUCCI, A. R.; OLIVEIRA, N.; BENEDETTI, L. P. S.; FERNANDES, R. J. O emprego do teatro como forma de divulgação científica em química. **UDESC em Ação**, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2013.

BRITO, N., SILVA, A. P. B.; SILVEIRA, A. F. O Teatro como Estratégia de Comunicação da Ciência. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE, 12., 2010, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2010.

CHEMI, T. Science and the Arts: Curriculum Integration, Learning, and Emotions in Schools. **Cultural Studies of Science Education**, p. 203–218, 20 out. 2016.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; SILVA, D. M. da; NASCIMENTO, R. C. F. do; YAMASHITA, M. O teatro científico como ferramenta para a formação docente: uma pesquisa no âmbito do PIBID. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 079–100, 2015.

FRUGUGLIETTI, Salvatore. The theatre, (art) and science: between amazement and applause! **Journal of Science Communication**, Trieste, v. 8, n. 2., p. 1-3, 2009.

GUIMARÃES, R. S.; FREIRE, L. I. F. Divulgação científica por meio do teatro no evento Ciência em Cena. **ACTIO**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 1-22, mai./ago. 2021.

JOHNSTONE, A. H. Macro- and micro-chemistry. **School Science Review**, Hatfield, v. 64, p. 377–379, 1982.

LOPES, Thelma. Luz, arte, ciência... ação! História, Ciências, Saúde. Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 12, **suppl.**, p.401-418, 2005.

LOPES, T.; DAHMOUCHE, M. S. Teatro, ciência e divulgação científica para uma educação sensível e plural. **Urdimento-Revista de Estudos em Artes Cênicas**, v. 3, n. 36, p. 306-325, 2019.

LOPES, T.; GARDAIR, C.; SCHALL, V. Com quantas peças se faz ciências? A elaboração de uma peça teatral voltada para a educação científica. **CANAL CECIERJ**, Rio de Janeiro, sn, 2017.

MAGALHÃES JUNIOR, Raymundo. Origem do teatro: Teatro I. Rio de Janeiro: MEC, FENAME, BLOCH, 1980

MAREGA, L. M. P. Entre a arte de representar e a arte de ensinar: reflexões sobre teatro e educação. **Revista Científica/FAP**, Curitiba, v. 7, n. 1, 2011. DOI: 10.33871/19805071.2011.7.1.1540. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/revistacientifica/article/view/1540>. Acesso em: 8 abr. 2024.

NASHIMOTO, J. **Colagem de momentos da peça teatral**. Fotografia, 2023.

NASHIMOTO, J. **Estande 4**. Fotografia, 2023.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Learning science in informal environments: people, places, and pursuits. Committee on Learning Science in Informal Environments. BELL, P.; LEWENSTEIN, B.; SHOUSE, A. W.; FEDER, M. A. (Ed.). **Board on Science Education**, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press, 2009.

ÖCAL, E. An Artistic Approach to Secondary School Students' Process of Discovering Scientists: Theatre and Science. **International Journal of Contemporary Educational Research**, 9 maio 2022.

OLIVEIRA, P. W. et al. Uma proposta de contextualização teatral científica sobre qualidade do ar no ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 4, 26 jun. 2019.

REIS, J.; GONÇALVES, N.L. Veículos de divulgação científica. In: KREINZ, G., PAVAN, C. (orgs.). **Os donos da paisagem**. São Paulo: Publicações NJR, 2000. p.7-69.

SILVA, L. C. **A fantástica fábrica da química**: contribuições de uma peça de teatro científico para educação em química. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciência) – Programa de Pós Graduação de Educação em Ciências, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, p.105. 2018.

TALANQUER, V. Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

VALENTIM, A. P. S.; ORRICO, E. G. D.; SILVA, E. P. da. Memória e discurso de divulgação científica em mídias contemporâneas: Um olhar sobre a Cultura da Convergência. **P2P E INOVAÇÃO**, Rio de Janeiro, RJ, v. 7, n. 2, p. 88–111, 2021.

VALERIO, Palmira M.; PINHEIRO, Lena V. R. Da comunicação científica à

divulgação. **TransInformação**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 159-169, 2008.

VALÉRIO; S. J.; CÉSAR, L.; RAQUEL, J. A PEÇA DE TEATRO CIENTÍFICO O MÁGICO DE O₂ E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 9, n. 2, p. 55–55, 29 jul. 2019.

WERNER, B. **Teatro de Dionísio de Atenas**. 7 out. 2017. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Athen_Theatre_of_Dionysus_BW_2017-10-09_14-29-49.jpg . Acesso em: 1 maio. 2024