

INDÍCIOS E REFLEXÕES DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA A PARTIR DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA: UMA EXPERIÊNCIA NO RESIDÊNCIA PEDAGÓGICA

EVIDENCE AND REFLECTIONS ON THE SCIENTIFIC LITERACY FROM AN INVESTIGATIVE TEACHING SEQUENCE: AN EXPERIENCE IN THE PEDAGOGICAL RESIDENCE

Danielle Pereira de Almeida¹

Ulysses Vieira da Silva Ferreira²

Oberto Grangeiro da Silva³

Resumo: O presente estudo buscou compreender o que poderia emergir da alfabetização científica (AC) numa proposta de ensino por investigação. Nesse sentido, foi realizada a produção de uma sequência de ensino investigativa (SEI) pelos autores do trabalho, durante o Programa Residência Pedagógica. A SEI abordou o conteúdo de propriedades coligativas e foi aplicada numa turma de 2º ano do ensino médio integrado, seguindo as etapas: problematização; sistematização do conhecimento; contextualização social do conhecimento e atividade de avaliação. Como método de análise de dados foi adotada a Análise Textual Discursiva. A pesquisa possui caráter qualitativo e o *corpus* de análise foi composto por produções textuais escritas dos discentes. A análise do *corpus* mostrou que a experimentação investigativa contribuiu para a construção dos conceitos científicos e tais caminhos direcionam à promoção da AC, oportunizando reflexões para pensar um ensino que aproxime o aluno da ciência, ao mostrar sua relevância e aplicação no cotidiano.

Palavras-chave: Residência Pedagógica; Ensino Investigativo; Alfabetização Científica; Análise Textual Discursiva; Propriedades coligativas.

Abstract: This study sought to understand what could emerge from scientific literacy (SL) in a teaching proposal by investigation. In this sense, the production of an investigative teaching sequence (ITS) was carried out by authors, during the Pedagogical Residency Program. The ITS addressed the content of colligative properties and was applied to a 2nd year class of integrated high school, following the steps: problematization; knowledge systematization; social contextualization of knowledge and assessment activity. As a data analysis method, the Discursive Textual Analysis was adopted. This research has a qualitative character so that the *corpus* of analysis was composed of textual productions by the students. The *corpus* analysis showed that investigative experimentation contributed to the construction of scientific concepts, leading to the promotion of SL and providing opportunities for reflections which think about a teaching that brings the student closer to science, by showing its relevance and application in everyday life.

¹ Licenciada em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) e mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino (POSENSINO) - UERN/UFERSA/IFRN. E-mail: daniellea896@gmail.com.

² Doutor em Química, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) E-mail: ulysses.vieira@ifrn.edu.br.

³ Doutor em Química, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). E-mail: oberto.silva@ifrn.edu.br.

Keywords: Pedagogical Residence; Investigative Teaching; Scientific Literacy; Discursive Textual; Analysis Colligative properties.

1 Introdução

O Ensino da Química, bem como o das demais ciências, enfrentou e ainda enfrenta desafios. Dentre aqueles ligados, diretamente, ao cotidiano da sala de aula, se destacam: a falta de contextualização, a memorização excessiva de fórmulas e o alto grau de abstração na abordagem dos conteúdos (SANTOS, 2007), o que, muitas vezes, pode acarretar falta de motivação e desinteresse dos alunos pela disciplina.

Apesar das mudanças ocorridas na formação de professores e nas estratégias metodológicas de ensino, ainda há muito a ser feito para que o aluno saia do papel de receptor e assuma um papel ativo na construção do conhecimento. Para isso, é fundamental não apenas trabalhar conceitos, mas buscar caminhos que possibilitem ao aluno reconhecer a importância destes para sua vida (LEITE, 2015, SILVA; LORENZETTI, 2020).

Desse modo, é necessário repensar o Ensino de Química, buscando metodologias, estratégias e recursos didáticos que possibilitem potencializar a aprendizagem, que favoreçam a construção sólida dos conhecimentos e a formação de um cidadão crítico e reflexivo. Destarte, um cidadão com atuação ativa na sociedade que utilize os conhecimentos científicos para discutir e propor soluções aos problemas de sua época.

Nessa perspectiva, Sasseron e Carvalho (2011) ressaltam que para promover um Ensino de Química que vise uma aprendizagem efetiva, é essencial o desenvolvimento de atividades investigativas em sala de aula. Em consonância a isso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe no âmbito das Ciências da Natureza a utilização de atividades de caráter investigativo, nas quais os alunos possam refletir, planejar e realizar procedimentos de forma cooperativa, divulgando os resultados de suas investigações e contribuindo, assim, para a promoção da Alfabetização Científica (AC) (BRASIL, 2018).

Chassot (2003) destaca a AC como uma das perspectivas de ensino capazes de potencializar a educação. Segundo o autor, ser alfabetizado cientificamente é equivalente a compreender a linguagem da natureza e usá-la de maneira consciente. Nesse contexto, a experimentação investigativa pode ser uma grande aliada na promoção da AC por incentivar o pensar crítico e reflexivo, assim como o desenvolvimento de habilidades e competências que vão ao encontro da compreensão da linguagem científica, as quais podem ser representadas através dos indicadores da AC.

Assim, partindo de tais considerações, foi realizada a construção e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), baseada em Carvalho (2013), que aborda o conteúdo de propriedades coligativas. O estudo buscou compreender a seguinte questão de natureza fenomenológica: Quais indícios ou evidências do processo de Alfabetização Científica emergem das produções textuais de alunos do ensino médio acerca do conteúdo de propriedades coligativas? O interesse no tema surgiu no âmbito do Programa Residência Pedagógica (PRP), a partir do qual foi possível observar a dificuldade apresentada pelos alunos em visualizarem e aplicarem os conceitos químicos nas situações cotidianas.

Considerando a relevância da AC e das habilidades investigativas para a formação dos discentes, os resultados dessa pesquisa são relevantes, uma vez que podem possibilitar a ampliação da compreensão acerca da AC e dos fenômenos relacionados a esse processo. Somado a isso, propostas nesse âmbito podem contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, ao passo em que possibilitam uma construção efetiva dos conceitos científicos e sua aplicação em problemas reais. Ainda por meio do referido estudo, é possível discutir caminhos, dificuldades e desdobramentos que surgem no processo de promoção da AC, o que pode corroborar para a reflexão de professores em exercício e futuros professores sobre suas respectivas práticas pedagógicas.

Desse modo, o referido estudo buscou compreender o que poderia emergir acerca da AC numa proposta baseada no ensino por investigação. Para isso, foi realizada a construção e aplicação de uma SEI em uma turma de 2º ano do ensino médio. Os resultados foram analisados com base na Análise Textual Discursiva, proposta por Moraes e Galiazzi (2007), resultando num metatexto que contempla as categorias emergentes da análise.

2 Referencial Teórico

Dentro do contexto educacional e nas mais diversas formas dos processos educativos, o professor desempenha um papel essencial no sentido de promover uma visão integradora do processo de ensino e da aprendizagem. Assim sendo, o docente almeja o desenvolvimento de atitudes e comportamentos que permitam a troca de aprendizados, a convivência, a tolerância e o desenvolvimento pessoal dos alunos.

Nessa perspectiva, o ato de ensinar é uma tarefa complexa que envolve fatores diversos e exige uma postura ativa do professor frente aos objetivos de aprendizagem que

englobem a construção do “saber” e do “fazer” relacionados à experiência. Esse contexto desafia o professor a adequar-se a tecnologias e estratégias didáticas inovadoras que, na maioria das vezes, não estiveram presentes em sua formação, mas fazem parte da realidade escolar (SEIXAS; CALABRÓ; SOUSA, 2017). Assim, o ensino precisa considerar as mudanças ocorridas na sociedade e promover uma formação que aborde temas e problemas da época, além de preparar o professor e os alunos para lidar com os avanços da ciência e da tecnologia, ou seja, o ensino deve almejar uma Alfabetização Científica (AC).

Em uma sociedade na qual a velocidade e a quantidade de informações disponíveis é cada vez maior, alfabetizar cientificamente implica a necessidade de lidar e analisar um grande volume de informações. Sharon e Baran-Tsabari (2020) discutem a AC como um processo capaz de auxiliar no combate à desinformação da vida cotidiana através de estratégias, como o estímulo ao questionamento de informações transmitidas e a abertura intelectual para analisar diferentes pontos de vista.

Silva e Lorenzetti (2020) relatam a importância da AC para uma formação cidadã e defendem que esse processo precisa ter início desde as primeiras séries do ensino fundamental, de modo que a abordagem dos conhecimentos científicos dê a oportunidade aos estudantes de lerem e compreenderem o mundo. Logo, a AC deve possibilitar a um olhar crítico e ao desenvolvimento de ações que visem à transformação em relação aos problemas e a dinâmica do mundo contemporâneo intimamente ligado à esfera científico-tecnológica.

Atualmente alguns autores utilizam o termo Alfabetização Científica, outros preferem o termo Letramento Científico. Dessa forma, os termos são motivos de polêmica, porém, de acordo com Sasseron e Carvalho (2008) é notório que os autores que utilizam tanto um termo quanto o outro apresentam as mesmas preocupações com relação ao ensino de ciências, uma vez que, ambos derivam da mesma expressão, “*Scientific Literacy*”. Desse modo, no presente trabalho adotou-se “Alfabetização Científica” por considerar a alfabetização não apenas como um processo de decodificação de símbolos, mas como um processo que pode contribuir para a leitura de mundo dos indivíduos (FREIRE, 1970).

Sasseron e Carvalho (2008) enfatizam três eixos estruturantes que norteiam o planejamento de propostas baseadas na AC: 1) a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; 2) a compreensão da natureza da

ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e 3) o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

O primeiro desses eixos é referente à compreensão e à construção de conceitos científicos básicos que podem ser aplicados em situações cotidianas. O segundo eixo faz referência aos fatores éticos e políticos que estão inseridos na natureza da ciência e a considera como um conjunto de saberes em constantes modificações. O último eixo reconhece que tudo o que nos cerca é influenciado pela ciência e tecnologia e visa à conscientização acerca da sustentabilidade e preservação ambiental.

Sasseron e Carvalho (2008) apontam também indicadores de AC e reuniram esses indicadores em três grupos. O primeiro compreende os indicadores relativos ao trabalho direto com os dados empíricos (Organização de informações, Classificação de informações e Seriação de informações). O segundo tem relação com a estruturação do pensamento e a construção do pensamento lógico e objetivo (Raciocínio lógico e Raciocínio proporcional). O terceiro está relacionado com a busca pelo entendimento da situação analisada (Levantamento de hipóteses, Teste de hipóteses, Justificativa, Previsão e Explicação). Tais indicadores têm o objetivo de apresentar aptidões a serem trabalhadas quando se busca promover a AC em sala de aula. Eles são competências próprias do fazer científico, desenvolvidas e utilizadas para divulgar, discutir e resolver problemas relativos às ciências, e representam a busca pelas relações estabelecidas entre o problema investigado e as construções mentais que levaram ao seu entendimento (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Aliado a essa dimensão, Lima (2012) defende que o ensino das disciplinas de ciências deve contemplar atividades problematizadoras que não tragam respostas prontas, mas que orientem o aluno a construir seu próprio conhecimento. Para Seixas, Calabro e Sousa (2017), o conhecimento científico é socialmente construído na escola e seu ensino deve contemplar a investigação, o diálogo, a reflexão e o contexto dos alunos. Logo, torna-se imprescindível que o ensino tenha objetivos de aprendizagem claros que busquem a formação integral do cidadão. É válido destacar que uma forma de tornar a construção dos conceitos mais efetiva é por meio do desenvolvimento de práticas investigativas em sala de aula.

A investigação é utilizada no ensino com o intuito de proporcionar o desenvolvimento de habilidades como fazer observações, perguntas, pesquisas, coleta, análise e interpretação dos dados; elaborar explicações e previsões; e aperfeiçoar o raciocínio lógico e a cooperação (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996;

ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Para isso, é importante que as atividades desenvolvidas proporcionem aos alunos o contato com informações novas e, ao final do processo, seja feita a comunicação dos resultados, de forma oral ou escrita.

Wharta e Lemos (2016) enfatizam que o ensino por investigação deve ser um mecanismo de diversificação da prática pedagógica que objetiva mobilizar o aprendizado das ciências ao estimular a dúvida, a curiosidade, a explicação, a criação e a recriação de ideias. Além disso, tais atividades devem promover a participação do aluno e possibilitar a construção do conhecimento através da tríade: pensar, sentir e fazer (GIL-PÉREZ; VALDÉS-CASTRO, 1996). Logo, os estudantes se envolvem não apenas com o trabalho experimental, mas também com a manipulação das ideias, deslocando-se da ação manipulativa para a ação intelectual (PIAGET, 1978; SOUZA *et al.*, 2013).

Desse modo, as atividades investigativas devem apresentar situações-problema abertas, em nível de dificuldade adequado, que possibilitem a reflexão e o levantamento de hipóteses e, caso os alunos estejam preparados, o planejamento experimental das atividades (GIL-PÉREZ; VALDÉS-CASTRO, 1996). Essas etapas são importantes para estimular o raciocínio lógico, habilidades cognitivas e o desenvolvimento de competências e habilidades importantes para uma formação crítica.

Nessa perspectiva de ensino são comumente utilizadas as Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), que, segundo Carvalho (2013), constituem sequências de atividades que abordam um conteúdo programático e são organizadas de modo a propiciar o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, bem como sua utilização para construir novos conhecimentos, resolver problemas, testar hipóteses, elaborar ideias e discuti-las. A autora define quatro etapas para esse tipo de sequência: problematização; sistematização do conhecimento; contextualização social do conhecimento e atividade de avaliação.

A autora ressalta que o problema, seja ele experimental ou não, deve introduzir o conteúdo, possibilitar reflexões e a busca de soluções, a qual pode ser realizada mediante atividade manipulativa. É importante que o problema utilizado tenha uma linguagem clara, objetiva e apresente todas as informações necessárias para que os discentes possam tentar solucioná-lo (CARLINI, 2006).

Após a resolução do problema deve haver uma sistematização do conhecimento através da leitura de textos, de discussões em grupo da relação entre as informações obtidas e da resolução do problema proposto (CARVALHO, 2013). Outra etapa a ser desenvolvida em uma SEI é a contextualização do conhecimento que tem por finalidade

o aprofundamento do tema e a reflexão sobre a aplicação dos conceitos em outras situações. Algumas SEI's apresentam mais de um ciclo, assim, para cada ciclo, é necessário que aconteça uma atividade de avaliação formativa (CARVALHO, 2013).

Ressalta-se ainda que, no contexto de aplicação da SEI, o papel do professor, não é transmitir, mas mediar o processo de construção do conhecimento. Ele deve instigar os alunos a pensarem e buscarem uma solução para o problema proposto, conduzir as discussões através de questionamentos que estimulem a reflexão e o estabelecimento de relações entre o problema, os dados coletados e o conteúdo abordado (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015; ZANON; FREITAS, 2007).

Além disso, outro aspecto que merece destaque é a importância da ação manipulativa, uma vez que esta pode promover reflexões, questionamentos, observações, discussões. A ação manipulativa quando acontece por meio da relação entre teoria e prática, favorece o desenvolvimento intelectual dos discentes. Dessa forma, nas práticas de ensino investigativas, a manipulação é utilizada não somente para o manejo de objetos, mas também, para o manuseio das ideias. Partindo de tal compreensão, pode-se dizer que a experimentação surge como uma ferramenta essencial no contexto de aplicação da SEI.

A experimentação investigativa pode ter diversos formatos que vão desde a realização pelos próprios alunos, até a demonstração e representação pelo professor. Independente da forma como é realizada, a experimentação deve partir de uma situação-problema que motive os alunos a participarem da investigação. Para isso, mobilizam os conhecimentos que os discentes já detêm para formular hipóteses e maneiras de solucionar o problema, argumentando, justificando e explicando as hipóteses levantadas, bem como procedimentos propostos (SOUZA *et al.*, 2013; SCHNETZLER; ANTUNES-SOUZA, 2019).

Ressalta-se que o momento de teste das hipóteses deve ser encarado não como uma simples manipulação de materiais e coleta de dados, mas como um momento que possibilite ao aluno refletir sobre as ações realizadas e propor explicações (CARVALHO, 1998; CARVALHO, 2004). Vale salientar que, dependendo do nível de abertura da atividade planejada, os alunos podem elaborar o procedimento experimental. No que tange à discussão acerca da coleta e análise dos dados, é importante que o professor questione acerca dos fenômenos observados no experimento. Assim, é um momento para discutir os dados obtidos, as mudanças percebidas e realizar comparações, para que, por fim, seja possível atribuir conclusões.

Em virtude de tais razões, as etapas percorridas durante uma atividade experimental investigativa podem contribuir de forma significativa não só na aprendizagem dos conceitos, mas também no desenvolvimento de um olhar mais aguçado para a ciência, para a compreensão de seus processos e produtos e, dessa forma, corroborar com a promoção da AC.

3 Metodologia

3.1 Caracterização e procedimentos da pesquisa

O percurso metodológico da pesquisa foi efetivado mediante uma pesquisa-ação, definida por Tripp (2005), como um método no qual os professores são pesquisadores e fazem uso da pesquisa para aprimorar o ensino e a aprendizagem de seus alunos. Assim, a proposta foi construída com o intuito de modificar a realidade observada em sala de aula e abordar o conteúdo de propriedades coligativas a partir de uma perspectiva investigativa.

O referido estudo é de abordagem qualitativa, não tendo como objetivo enumerar ou quantificar dados, visto que seu interesse está direcionado para questões mais amplas, as quais vão sendo delineadas ao longo do estudo. Para Godoy (1995), esse tipo de abordagem procura obter dados descritivos a respeito do objeto de estudo, através do contato direto entre pesquisador e situação estudada na medida em que almeja uma ampla compreensão dos significados inerentes ao fenômeno em estudo.

Com o intuito de alcançar os objetivos definidos inicialmente, a pesquisa foi desenvolvida no âmbito do Programa Residência Pedagógica (PRP) e se efetivou a partir da construção e aplicação de uma SEI sobre o conteúdo de propriedades coligativas. A SEI foi aplicada por uma aluna bolsista do PRP, sob a supervisão do professor, em uma turma de 2º ano do ensino médio de uma instituição escolar pública do Rio Grande do Norte. O estudo envolveu a participação de 29 alunos, com faixa etária entre 15 e 17 anos. Na tentativa de atender aos parâmetros éticos e científicos, os participantes da pesquisa foram esclarecidos quanto aos objetivos do estudo, as etapas, os riscos, bem como da importância de sua colaboração para a pesquisa. Além disso, foi solicitada e concedida, a assinatura prévia de um documento próprio que autoriza a utilização dos dados coletados.

3.2 Desenvolvimento das atividades da SEI

Para um melhor detalhamento das atividades realizadas, optou-se por descrevê-las a partir dos quatro momentos fundamentados em Carvalho (2013): (I) Problematização; (II) Sistematização do conhecimento; (III) Contextualização social do conhecimento e (IV) Atividade de avaliação. Foram realizados oito encontros, com duas aulas em cada um deles, a fim de atender aos quatro momentos da SEI. Tais encontros são destacados a seguir no quadro 1:

Momento	Atividade	Descrição	Objetivos
I	Encontro 1: Problematização inicial	Leitura compartilhada de texto problematizador e levantamento de hipóteses em grupo acerca de situações-problema relacionadas ao texto.	Despertar o interesse do aluno para a aprendizagem e promover o levantamento de hipóteses.
	Encontro 2: Teste de hipótese	Realização dos experimentos no laboratório e resolução de questões investigativas sobre os experimentos.	Possibilitar a refutação ou confirmação das hipóteses levantadas.
	Encontro 3: Discussões acerca dos experimentos	Discussão sobre as observações e resultados de cada grupo em relação aos experimentos realizados.	Proporcionar a participação ativa e o manuseio de ideias por parte dos discentes.
II	Encontro 4: leitura de textos científicos	Leitura e discussão dos textos, presentes na SEI, que abordavam os conceitos científicos relativos às propriedades coligativas.	Compreender os conceitos científicos referentes ao conteúdo de propriedades coligativas
	Encontro 5: Questões sobre os experimentos	Discussão e resolução de questões que envolviam a explicação das observações realizadas nos experimentos com aporte nos conceitos científicos estudados.	Estabelecer relações entre os conceitos e as observações realizadas no teste de hipótese.
III	Encontro 6: Osmose reversa no tratamento da água	Leitura individual e discussão coletiva do texto e das questões para debate.	Analisar os aspectos, sociais, científicos e tecnológicos associados ao processo de osmose reversa.
	Encontro 7: Novas situações-problema	Apresentação de novas situações-problema.	Aplicar o conhecimento construído em situações de ordem cotidiana
IV	Encontro 8: Produção textual	Produção textual individual retomando as situações-problema iniciais e os conhecimentos construídos ao longo da SEI.	Retomar as atividades investigativas desenvolvidas e sistematizar o conhecimento construído.

Quadro 1: Descrição dos momentos e atividades desenvolvidas na aplicação da pesquisa

Fonte: Autores (2022).

No primeiro encontro, composto por duas aulas, foi realizada a leitura compartilhada do texto inicial da SEI, intitulado “Churrasco na Casa do Tio Francisco”. O texto, elaborado pelos autores, abordava uma história ficcional que apresentava como

personagens principais o Tio Francisco, sua esposa Marta e o neto Raul. A história levantava situações curiosas que ocorreram durante um domingo em família, no qual acontecia os preparativos para um churrasco.

A primeira situação-problema teve como objetivo relacionar aspectos qualitativos da propriedade coligativa tonoscopia através de uma situação em que os personagens da história deixaram dois copos, de igual volume, numa mesa; um com água e outro com suco. No dia seguinte, perceberam uma redução no volume apenas no copo que continha água. Assim, foi solicitado que os alunos explicassem essa alteração no volume entre esses dois recipientes.

Na segunda situação, a propriedade coligativa envolvida foi a ebulioscopia. Nessa situação houve a descrição do momento no qual um dos personagens, ao cozinhar batatas, esqueceu de colocar sal em uma das panelas e percebeu que em outra panela, que continha sal, as batatas cozinharam mais rápido. Foi questionado aos alunos se o sal afetaria o tempo de cozimento e solicitado que eles explicassem esse comportamento a nível molecular.

A terceira e a quarta situações-problema envolveram as propriedades coligativas crioscopia e osmoscopia através das quais houve a adição de sal ao gelo como forma de acelerar o congelamento de bebidas e, na carne, como agente conservante, respectivamente. Por fim, foi questionado aos alunos se eles concordavam com os procedimentos adotados pelos personagens e solicitado que explicassem os fatos.

Após a leitura e discussão do texto, os alunos reuniram-se em grupos de cinco componentes e, a partir de seus conhecimentos prévios, levantaram hipóteses a respeito das quatro situações-problema elencadas no texto. O encontro seguinte foi desenvolvido a partir da realização de quatro experimentos investigativos que estabeleciam relação com o conteúdo propriedades coligativas e com as situações-problema presentes no texto. Esses experimentos possibilitaram a refutação ou confirmação das hipóteses levantadas inicialmente.

Após cada experimento, os alunos, sob a mediação da licencianda e do professor regente da turma, responderam questões descrevendo e propondo explicações para as mudanças observadas nos fenômenos experimentais. Ao final do encontro, com o intuito de proporcionar a participação ativa e o manuseio de ideias, os grupos discutiram sobre os dados coletados e sobre as observações realizadas durante os procedimentos. Nesse momento, a mediação foi conduzida no sentido de estimular o raciocínio lógico e o pensamento crítico e reflexivo dos alunos.

Após o teste de hipóteses no laboratório, foi iniciado um momento de sistematização do conhecimento. Para isso, realizou-se a leitura e discussão dos textos, presentes na SEI, que abordavam os conceitos científicos relativos às propriedades coligativas. Durante esse processo os alunos discutiram e responderam questões, nas quais tiveram que explicar as observações realizadas nos experimentos com aporte nos conceitos científicos estudados.

Em seguida, foi realizada a leitura compartilhada e a discussão de um texto sobre o tratamento de água por osmose reversa. Nesse sentido, foram discutidos o funcionamento, as dificuldades, as aplicações e os rejeitos produzidos. Além disso, foram analisados os aspectos sociais, científicos e tecnológicos associados ao processo de osmose reversa.

Por fim, ainda almejando aplicar o conhecimento construído em outras situações de ordem cotidiana, foram apresentadas novas situações-problema, nas quais os alunos tiveram de identificar a propriedade coligativa envolvida, assim como, explicar o que ocorreu em termos microscópicos. Após a resolução das situações, foi proposta a realização de uma discussão com toda a turma para socializar as respostas.

Como instrumento avaliativo foi realizada uma produção textual. Essa etapa consistiu em retomar os conhecimentos construídos ao longo da SEI. Na construção textual, os alunos tiveram de lembrar as hipóteses levantadas inicialmente, bem como mencionar a maneira como estas foram testadas. Destarte, esclarecer o experimento realizado em cada situação-problema e explicar, de acordo com os conceitos estudados, as situações-problema iniciais a nível macroscópico e microscópico. Por último, falar do processo de osmose reversa em termos de vantagens, limitações e aplicabilidade.

3.3 Coleta e análise dos dados

Os dados foram coletados mediante registros descritos pelos discentes, em documento próprio, durante o desenvolvimento das etapas da SEI. Porém, para o corpus de análise foram utilizadas apenas as produções textuais obtidas na etapa IV da SEI, uma vez que, a partir dessa produção, os alunos deveriam resgatar toda a construção do conhecimento desenvolvido ao longo do processo.

Para a análise dos dados, adotou-se a ATD, definida por Moraes e Galiuzzi (2007) como uma abordagem que se encontra entre a análise de conteúdo e a análise do discurso. Essa abordagem tem como principal objetivo a compreensão e a interpretação

aprofundada acerca do *corpus* de análise fundamentada na hermenêutica gadameriana e na fenomenologia a partir da compreensão de Bicudo (2011). A ATD é realizada em três etapas: a unitarização, categorização e produção de um metatexto.

Na etapa de unitarização, os textos foram desmembrados em unidades de sentido, fragmentos que apresentam significado diante do propósito da pesquisa, cujas dimensões foram definidas após análise do pesquisador. As unidades de sentido foram codificadas e receberam títulos. Para melhor compreensão, essas unidades foram identificadas recebendo o número correspondente, a fim de que fosse possível identificar a qual texto pertence e, em seguida, o número correspondente a ordem da unidade de sentido no referido texto. Logo, a unidade 1.1 representa a primeira unidade de sentido do texto 1. Ao todo foram codificadas 245 unidades de sentido.

Em seguida, se deu início ao procedimento de categorização a partir do agrupamento das unidades com sentidos semelhantes. Esse procedimento deu origem a categorias iniciais que resultaram em categorias intermediárias e, por fim, em categorias finais. No quadro 2 estão dispostas as categorias emergentes da análise e, entre parênteses, as categorias iniciais que, quando aglutinadas, deram origem às categorias intermediárias, as quais deram origem às categorias finais.

Categorias Iniciais	Categorias Intermediárias	Categorias Finais
1. Ampliação de horizontes da compreensão.	1. O ensino investigativo e a ampliação de horizontes da compreensão (Categorias Iniciais: 1 e 2)	1. A experimentação investigativa como potencializadora da construção dos conceitos científicos (Categorias Intermediárias: 2 e 3).
2. Explicação na construção de conceitos.		
3. Indicadores de Ac.	2. Os indicadores de alfabetização científica na explicação de situações-problema e o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (Categorias Iniciais: 3 e 4).	2. Investigar para compreender: Um caminho contínuo em direção a promoção da alfabetização científica. (Categorias Intermediárias: 1).
4. Dimensão CTS.		
5. Estabelecimento de relações entre experimentos e conceitos.	3. Experimentação investigativa e sua relação com a construção dos conceitos e a escrita científica (Categorias Iniciais: 5 e 6).	
6. Relação entre descrição do procedimento experimental, identificação e explicação da propriedade.		

Quadro 2: Categorias emergentes da análise

Fonte: Autores (2022).

As categorias trazem em si o estabelecimento de elos para a realização de inferências dos textos analisados (MORAES; GALIAZZI, 2007, SOUSA; GALIAZZI, 2017). A concretização cada vez mais elaborada dessas inferências é apresentada por meio de metatextos descritivos e interpretativos que expressam as compreensões assimiladas.

4 Resultados e discussão

Os resultados aqui descritos contemplam o metatexto produzido a partir da análise das produções textuais dos alunos baseadas nas etapas de unitarização e categorização e pautadas na ATD de Moraes e Galiazzi (2007). As categorias finais, que emergiram da análise serão discutidas sob um viés descritivo e interpretativo, com enfoque hermenêutico e fenomenológico. Os trechos das produções textuais, unidades de sentido, estão identificados através dos códigos atribuídos na unitarização.

4.1 A experimentação investigativa como potencializadora da construção dos conceitos científicos

A experimentação é uma abordagem metodológica amplamente utilizada no ensino de ciências, principalmente na disciplina de Química, a qual se destaca, dentre outros aspectos, por possibilitar uma postura ativa e reflexiva do aluno durante o processo de aprendizagem (SILVA; TRIVELATO, 2017; ZÔMPERO; TEDESCHI, 2018). Dessa forma, nessa categoria, serão discutidas observações realizadas na análise do *corpus* relativas à relação estabelecida entre a experimentação investigativa e a construção dos conceitos.

A análise das produções textuais mostrou a relevância da experimentação investigativa como potencializadora da construção dos conceitos científicos. Tornou-se perceptível que a maioria dos alunos que participaram ativamente das atividades investigativas e discorreram, detalhadamente, sobre os procedimentos experimentais e os fenômenos observados conseguiram identificar as propriedades envolvidas nas situações-problema e explicar os fenômenos observados nos experimentos. Além disso, foi possível identificar a presença de indicadores da AC, sendo a explicação o mais frequente.

Antes de iniciar a discussão sobre os fenômenos observados na análise é fundamental discorrer acerca dos termos “experimento” e “investigação”. De acordo com

o dicionário de filosofia, a palavra "experimento", por mais que, frequentemente, seja usada para indicar a experiência em geral, tem seu significado específico atrelado à experiência controlada ou dirigida, mediante a observação de determinados fenômenos (ABBAGNANO, 2007). Outra interpretação do termo é a definição de experimento como uma observação provocada com a finalidade de gerar uma ideia (ABBAGNANO, 2007). Logo, é possível relacionar o ato de experimentar a uma ação planejada que necessita da intervenção de um sujeito, de modo a possibilitar o entendimento de determinado problema e a abertura para indagações futuras.

Sobre a investigação, Dewey (1960) ressalta que a interpretação da investigação como a determinação de uma situação indeterminada permite não somente a resolução do problema na relação entre juízo e proposição, mas também a explicação coerente das diversas proposições, através da relação entre as observações e a teoria conceitual. Dewey relaciona lógica e investigação ao considerar a lógica como Teoria da Investigação. O autor afirma que as diversas formas lógicas e suas propriedades tiveram origem do trabalho da investigação.

Desse modo, o ato de investigar e experimentar produz relações à medida que ambos buscam solucionar um tópico ou problema específico e se entrelaçam durante o processo de busca, uma vez que, para resolver o problema ou questão, é necessário observar os fenômenos, realizar testes e relacioná-los a conceitos, para que possa ser construída uma explicação lógica para a indagação inicial.

Ao analisar o *corpus* foi possível identificar uma relação direta entre a experimentação investigativa e a assimilação do conteúdo, visto que, o procedimento experimental investigativo possibilitou o estabelecimento de relações com o objeto de estudo. Assim, à medida que os alunos levantaram e testaram hipóteses, coletaram e analisaram dados, ideias foram geradas, seja para confirmação, refutação ou ampliação da hipótese inicial. Tal raciocínio pode ser exemplificado a seguir:

Após o experimento no laboratório em que tinha dois béqueres, um era adicionado somente o gelo e no outro era adicionado gelo e sal, em seguida era adicionado um termômetro e o que tinha sal tinha uma temperatura mais baixa, então deu para acrescentar algumas coisas na primeira hipótese (3.7)

A descrição da aluna acerca do experimento relacionado a terceira situação-problema demonstra a contribuição da prática experimental realizada para o entendimento da situação, uma vez que, o experimento colaborou para que fosse construída uma nova

visão e informações fossem acrescentadas ao que se tinha inicialmente. O processo de construção e percepção dos fenômenos realizados pela aluna denota o engajamento dela nas atividades propostas e a internalização dos aprendizados construídos durante a prática investigativa e nas demais atividades da SEI.

As evidências são peças essenciais nesse processo, uma vez que podem colaborar para que o aluno confirme, refute ou reestruture sua ideia inicial. Para Newman *et al.* (2004), a evidência deve sempre fazer parte das propostas investigativas, assim como a lógica e a imaginação. Segundo os autores, tais elementos favorecem a formulação de explicações para o problema em estudo. Ao engajarem-se em uma proposta, os alunos são mais propensos a pensar crítica e logicamente, bem como a considerar explicações alternativas.

A análise dos textos também revelou a relação entre a descrição detalhada do procedimento experimental com a identificação e explicação da propriedade coligativa envolvida. Os alunos que descreveram com detalhes o procedimento experimental demonstraram maior domínio dos conceitos científicos, conseguiram identificar e explicar a propriedade coligativa envolvida na situação-problema. Abaixo está disposto um trecho extraído do texto de uma aluna que exemplifica o fato supracitado:

A hipótese foi que o sal se agrupou com as moléculas de água, assim baixando seu ponto de fusão. No experimento, foi usado dois recipientes, um com apenas gelo e outro para cada camada de gelo tinha uma de sal, e em outro recipiente foi inserido em um tubo de ensaio com 3 ml de água, onde a temperatura também foi observada, por fim observamos que o recipiente que continha sal congelou a água mais rápido e sua temperatura estava menor. Chamamos essa propriedade de crioscopia, onde acontece a diminuição do ponto de congelamento e de fusão do solvente quando um soluto não volátil é inserido (16.9).

O trecho traz uma descrição detalhada do procedimento experimental relativo à terceira situação problema, no qual são mencionadas as observações realizadas no experimento, as quais serviram de base para a construção dos conceitos. Assim, é possível que a aluna tenha se engajado nas etapas da investigação, desde o levantamento de hipóteses até a coleta dos dados. Por conseguinte, conseguiu estabelecer elos entre os fenômenos observados e os conceitos estudados.

A experimentação, realizada de maneira investigativa, pode gerar conflitos cognitivos, pois as concepções espontâneas dos alunos são colocadas em confronto com os fenômenos ou com resultados experimentais. Esse processo envolvendo conflitos cognitivos pode contribuir para a construção dos conceitos científicos (CARVALHO,

2004; CALDEIRA, 2009, FERREIRA, HARTWIG; OLIVEIRA, 2009). Logo, quando o aluno consegue compreender os fenômenos observados em um experimento e estabelece conflitos cognitivos com seus conhecimentos anteriores, a apropriação do conteúdo ocorre de maneira mais aprofundada, e isso é visto de forma evidente no texto dos alunos. Em contrapartida, a maior parte dos discentes que não conseguiu descrever o procedimento experimental, ou o fez de forma superficial, demonstrou dificuldades quanto à identificação e explicação das propriedades coligativas. Abaixo está disposto o recorte de um texto que evidencia essa explanação:

Na situação 2, minha hipótese era que o sal aumentava a temperatura da água, mas ao fazer experimento no laboratório e ver o que acontece com uma batata com sal e outra sem sal, percebi que estava apresentando propriedade coligativa da osmose que é basicamente a função de extrair do meio interno para o meio externo a umidade presente na batata (6.4).

A segunda situação-problema estava relacionada à propriedade coligativa ebulioscopia, porém, a aluna, ao confundir os procedimentos experimentais, não conseguiu identificar e explicar, corretamente, a propriedade coligativa. A confusão nos procedimentos experimentais, ou carência do detalhamento destes, revela que alguns alunos podem não ter se envolvido plenamente durante o desenvolvimento das etapas da atividade experimental investigativa, fato que ocasionou dificuldades na organização do pensamento, argumentação e na compreensão das situações propostas a princípio.

Durante a análise do *corpus*, foi possível identificar também a presença de indicadores de AC, importantes parâmetros para propostas que buscam a promoção de uma educação científica (SASSERON; CARVALHO, 2008). Foram verificados indicadores como: explicação, justificativa, raciocínio lógico, raciocínio proporcional, levantamento de hipóteses, teste de hipótese, seriação, organização e classificação de informações.

Porém, nessa categoria, serão discutidos apenas os indicadores relacionados ao entendimento de situações e à estruturação do pensamento que são fundamentais na construção dos conceitos. Para exemplificar e discutir a presença de alguns indicadores relativos ao entendimento das situações-problema é apresentado a seguir, um trecho do texto de uma aluna:

Na situação quatro, chegamos à conclusão de que isso acontecia devido o sal que era uma substância que conseguia conservar os alimentos, por ser um íon. No experimento utilizando uma batata contendo sal e outra não, observou-se que na

batata que não possuía sal não houve liberação de líquidos e adquiriu um aspecto de alimento estragado. A que continha sal percebeu-se uma conservação, havendo assim grande liberação de líquidos, o que é explicado pela propriedade coligativa osmose, que consiste no fluxo através de uma membrana semipermeável, do meio menos concentrado para o meio mais concentrado (7.6).

A aluna traz inicialmente a hipótese levantada pelo grupo e a justifica quando menciona a conclusão a que chegaram. Nesse momento, a discente demonstra que o sal seria responsável por conservar os alimentos por ser uma substância iônica. A aluna constrói essa justificativa em virtude da relação entre número de partículas e efeito da propriedade coligativa. Um composto iônico, na grande maioria das vezes, ao se dissociar, gera mais partículas do que uma substância molecular e, quanto mais partículas presentes na solução, maior o efeito coligativo (BROWN; BURSTEN, 2005). Dessa forma, a justificativa utilizada pela aluna se configura como um complemento para conferir garantia e segurança à sua hipótese.

Na maioria dos casos, esse indicador vem acompanhado de uma explicação que justifica a afirmação proferida. A explicação foi o indicador mais frequente nos textos e aparece aliada, na maioria das vezes, ao detalhamento das hipóteses, à descrição dos procedimentos experimentais e dos fenômenos observados. Diante da análise do trecho anterior, infere-se que o indicador explicação está presente, à medida que a aluna interpreta os fenômenos observados no experimento, ao passo em que traz também conceitos relativos à propriedade coligativa osmose. Por mais que não esteja explícito, a hipótese inicial também se faz importante, pois foi lapidada ao longo do processo de investigação e estudo do conteúdo. Esse fato contribuiu para a formulação da explicação acerca dos fenômenos observados.

De acordo com Köche (2011), é por meio dos princípios explicativos que a realidade é vista, não de maneira desordenada e fragmentada, mas diante de um enfoque orientado, sustentado num princípio explicativo que possibilita a compreensão do tipo de relação estabelecida entre os fatos e os fenômenos. Para o autor, o conhecimento científico é expresso por meio de enunciados que explicam as condições e que definem a ocorrência dos fatos e dos fenômenos relacionados a um problema. Esse aspecto deixa evidente os esquemas e a dependência existente entre suas propriedades.

Logo, ao fazer a relação entre a explicação do aluno e a descrição de Köche (2011) acerca dos princípios explicativos, é possível afirmar que o conhecimento científico, apresentado, conforme a aluna, conseguiu classificar a propriedade coligativa e a

explicou, de maneira que evidenciou as condições nas quais ela ocorre ao mencionar que o fluxo se dá “através de uma membrana semipermeável, do meio menos concentrado para o meio mais concentrado”. Assim, a explicação é um indício significativo na aprendizagem e desenvolvimento cognitivo dos alunos, principalmente quando ocorre a externalização e a discussão de tais compreensões.

Na análise dos registros escritos, mostraram-se indicadores relacionados à estruturação do pensamento, tais como raciocínio lógico e raciocínio proporcional. Por serem indicadores de maior complexidade, esses só foram verificados em textos nos quais os alunos conseguem descrever, de maneira detalhada, todas as etapas da investigação. É importante destacar que esses indicadores exigem do aluno uma relação mais aprofundada com o objeto de estudo. Abaixo, está disposto um trecho que torna evidente a presença dos referidos indicadores:

Tanto na primeira situação quanto no experimento, foram adicionados ao solvente solutos não voláteis, o que ocasionou a diminuição da pressão de vapor, que deve ser igual a pressão atmosférica para poder evaporar, sendo assim, a adição de um soluto atrasou o processo de evaporação. Já na água, solvente puro, a pressão de vapor é maior, fazendo com que evapora mais rápido (19.4).

De acordo com Sasseron e Carvalho (2008), o raciocínio lógico está diretamente relacionado à forma de construção e externalização das ideias, assim como ao modo pelo qual o pensamento é exposto. Já o raciocínio proporcional também se relaciona com a forma em que o pensamento é apresentado, porém, tem como principal característica o estabelecimento de relação entre as variáveis, destacando-se a dependência que possa existir entre elas.

Assim, ao analisar o recorte do texto da aluna, percebeu-se a presença do indicador raciocínio lógico quando a discente afirma: “foram adicionados ao solvente solutos não voláteis, o que ocasionou a diminuição da pressão de vapor” e “sendo assim, adição de um soluto atrasou o processo de evaporação”. Nesses dois trechos, a aluna consegue, a partir de conhecimentos previamente construídos, realizar a interpretação dos fenômenos e conectar tais informações para chegar a sua conclusão em relação à situação, embora enfatize a variável “tempo” como principal, sendo que o tempo aumenta em função do aumento da temperatura.

O raciocínio proporcional é evidenciado nos trechos: “deve ser igual a pressão atmosférica para poder evaporar” e “já na água, solvente puro, a pressão de vapor é maior, fazendo com que evapore mais rápido”. Em ambos os trechos, a aluna faz relações entre

variáveis que influenciam na situação-problema e que são fundamentais para a compreensão da propriedade coligativa tonoscopia.

Em suma, diante das discussões aqui apresentadas, foi possível compreender que a experimentação não deve ser um recurso utilizado com o intuito de demonstrar, contudo deve pleitear a construção de conhecimentos. Construção essa que diz respeito não somente a conhecimentos conceituais, mas também, a habilidades cognitivas que despertem a criticidade do aluno. Além disso, percebeu-se que, durante esse processo, surgem indicadores de AC, importantes indícios de que uma aprendizagem sólida está sendo construída.

4.2 Investigar para compreender: um caminho contínuo em direção à promoção da alfabetização científica

A AC possibilita ao aluno enxergar o mundo pelas lentes da ciência, não como um cientista, mas como cidadão consciente que faz uso dos conceitos científicos para compreender sua realidade, tomar decisões e resolver problemas de seu cotidiano (CHASSOT, 2003). Tendo em vista tal pensamento, na análise da presente categoria serão discutidas, a partir de um estudo hermenêutico, as relações estabelecidas entre “investigar” e “compreender” e como tais relações podem favorecer a compreensão dos indícios da AC diante do fenômeno analisado.

A análise dos textos mostrou uma ampliação da compreensão acerca das situações inicialmente propostas. Percebeu-se uma evolução conceitual significativa no que tange a hipótese inicial e a explicação final da situação problema. Em alguns trechos dos textos foi possível perceber o estabelecimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

Na categoria anterior foram discutidos alguns apontamentos sobre o termo investigação e, nessa categoria, serão realizadas outras considerações de modo a conduzir a uma melhor compreensão do termo. De início, é necessário perceber que a investigação está diretamente relacionada ao método, uma vez que ambos direcionam a um processo lógico e organizado do que se busca conhecer. A palavra “método” possui duas definições: a primeira, o caracteriza como qualquer tipo de pesquisa ou orientação de pesquisa, não o diferenciando da investigação; a segunda, o define como uma técnica específica de pesquisa, remetendo a um processo de investigação organizado, lógico e que proporciona a obtenção de resultados válidos (ABBAGNANO, 2007).

Existem diversos tipos de método, porém, destacamos diante do contexto do presente estudo, o método experimental. O método experimental, segundo Sousa e Galiazzi (2017), apresenta um conjunto de procedimentos que se concretizam mediante a observação de determinados fatos em condições controladas pelo pesquisador, nas quais se tem como produtos a formulação de leis e as explicações para fenômenos. Logo, na experimentação investigativa, uma hipótese geral é o ponto de partida, podendo ser comprovada ou negada. Nos textos dos discentes, essa comprovação ou negação da hipótese inicial foi mencionada algumas vezes, como no trecho a seguir:

Na situação 2 levantamos a hipótese onde falávamos do nível da temperatura de ebulição das duas panelas onde é a panela de água possui uma temperatura menor que a panela de água com sal. A situação está relacionada a ebulioscopia, onde prova que um solvente com a água possui uma temperatura menor que a solução de água com sal. Realizamos os experimentos com as batatas e comprovamos a hipótese onde a panela com a solução cozinhará mais rápido as batatas logo a temperatura de ebulição será maior” (14.4).

A descrição do aluno está relacionada à comprovação de uma hipótese levantada para a situação-problema. Essa comprovação se dá por meio do método hipotético-dedutivo, pois é testada através da experimentação. Assim, investigação e método andam juntos quando o objetivo é conhecer, já que ambos possibilitam traçar estratégias e caminhos para o entendimento do que se almeja.

Investigar denota o sentido de indagação, ação fundamental na compreensão de um problema ou situação, pois é o primeiro passo para que seja possível “compreender” o que se deseja. Segundo o Dicionário de filosofia, a compreensão se fundamenta na relação simbólica que existe entre as experiências internas e a sua exteriorização. Dessa forma, para que algo seja compreendido, é preciso que antes seja interiorizado e, em seguida, externalizado, comunicado através de qualquer meio de expressão. Ainda de acordo com Abbagnano (2007, p. 159):

[...] compreensão e explicação podem ser identificadas pela noção de possibilidade e serem entendidas como declaração da ‘possibilidade de...’, onde o que ficou pendente pode ser preenchido, nos diversos campos de indagação, por diversas espécies de projetos e de previsões.

Partindo dessa reflexão, a compreensão pode ser descrita como a comunicação de uma experiência que não necessariamente é preenchida, mas que pode abrir espaço para novas compreensões em relação ao que se busca compreender, não sendo um fim, mas uma possibilidade de continuação, de ampliação de horizontes.

A análise do *corpus* mostrou uma ampliação da compreensão dos alunos quanto às situações inicialmente propostas. Uma considerável parte dos discentes apresentou hipóteses bem próximas dos conceitos relativos ao conteúdo, mas não conseguiram, no momento inicial, justificar e explicá-las. Porém, à medida que avançavam nas etapas propostas na SEI, suas compreensões, quando comparadas ao momento inicial, foram ampliadas. No trecho abaixo, é possível perceber uma evolução em relação à hipótese inicial e à explicação final da primeira situação situação-problema:

A hipótese inicial era de que no copo com refresco tivesse alguma substância que retardasse o processo evaporação. No laboratório fizemos o experimento no qual tinha dois copos com água. Porém, um deles continha sal, ao deixar os corpos e esperar a evaporação, o copo que continha só a água evaporou mais rápido. A propriedade coligativa desse processo chama tonoscopia, onde ao ocorrer a adição do soluto não volátil no solvente é diminuída a pressão de vapor e retarda a evaporação (21.1).

A aluna destaca que acreditava na existência de uma substância no refresco que retardasse a evaporação, mas não evidencia qual seria essa substância, nem tampouco o porquê da sua influência na evaporação. Já em sua explicação final, a aluna consegue descrever o processo ocorrido e o comportamento das variáveis envolvidas (pressão de vapor e evaporação). Dessa forma, a discente apresenta uma melhor articulação das ideias e a ampliação da compreensão acerca do fenômeno estudado.

Logo, todo o processo investigativo contribuiu para a ampliação da compreensão. Nesse contexto, destacam-se os momentos nos quais os discentes socializam em pequenos grupos, bem como, de modo coletivo com toda a turma. Ao longo desses momentos os discentes são instigados a fazer uso do raciocínio hipotético dedutivo, o que proporciona o estabelecimento de relações entre as variáveis, que estimulam habilidades relacionadas ao fazer científico (CARVALHO, 2018).

Ainda na análise do *corpus*, além dos indicadores de AC mencionados na categoria anterior, percebeu-se a presença de indicadores relativos ao trabalho direto com dados empíricos. A manipulação dos dados empíricos é crucial para o entendimento de problemas, pois possibilita o estabelecimento de conexões mais profundas com o objeto de estudo e leva em consideração que tais dados são obtidos através da experiência. Assim, evidenciaram-se indicadores como organização de informações, classificação de informações e seriação de informações. Tais indicadores são importantes, pois proporcionam o encadeamento das ideias, a discussão dos resultados e a compreensão da situação em estudo.

O indicador seriação de informação pode ser identificado através do estabelecimento de uma lista de dados ou ações realizadas que contribui para a construção de bases para uma ação ou pesquisa. Esse indicador pode ser observado quando, por exemplo, ao descrever o procedimento experimental da quarta situação, a aluna afirma: “no experimento uma batata foi partida ao meio e feito um furo em cada banda, em uma delas foi adicionado sal no furo” (16.11). A análise da unidade de sentido mostra uma descrição de forma seriada e ordenada dos eventos ocorridos no procedimento experimental.

Ainda em relação à mesma situação-problema, outro aluno afirma: “notamos que a batata que continha sal liberou mais líquido que a batata normal” (2.12). Nota-se que o aluno organiza as informações comparando-as e relacionando-as para que, ao final, possa classificar a propriedade coligativa. O aluno realiza a classificação de informações ao afirmar: “podemos citar a osmose, que é o transporte de substâncias por meio de uma membrana semipermeável, ou seja, o solvente sai do meio menos concentrado para o mais concentrado” (2.13).

Logo, seriar, organizar e classificar informações são habilidades essenciais para o fazer e o pensar científico. Para Sasseron (2008), esses indicadores são importantes na investigação de um problema, pois favorecem a compreensão das variáveis envolvidas. Dessa forma, tais indicadores, além de estarem relacionados à compreensão de conceitos científicos, podem contribuir para o posicionamento diante de situações que envolvem problemas sociais, ambientais, científicos ou tecnológicos, uma vez que, ao seriar informações, organizá-las e classificá-las, o aluno percorre um caminho que proporciona visões amplas do objeto de estudo.

Em alguns momentos dos textos, foi possível perceber o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Ao explicarem o processo de osmose reversa, discutirem suas vantagens e desvantagens, muitos alunos citaram fatores econômicos e ambientais. O entendimento dessas relações é importante para o desenvolvimento de uma AC, pois implica a tomada de decisões e o posicionamento do aluno (SASSERON; CARVALHO, 2008; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001). A seguir, é destacada uma unidade de sentido que evidencia a presença dessas relações:

Esse processo é importante principalmente para dessalinização, porque é muito rápida a quantidade de água que o sal é retirado, isso é importante principalmente para a região Nordeste que sofre com esse problema de falta de água. Porém, esse

processo é muito caro e traz bastante prejuízo para o meio, poluindo e causando erosão no solo (5.11).

A aluna considera a importância do processo de osmose reversa para a dessalinização da água, porém, destaca as dificuldades e os prejuízos desse processo, enquanto chama a atenção para fatores econômicos e ambientais. A discente enfatiza ainda o custo do processo e a possibilidade de prejuízos ao solo, ao passo em que demonstra uma postura de preocupação com o meio ambiente. Assim, discussões nesse âmbito são importantes por favorecerem o senso crítico dos discentes e possibilitarem que estes se sintam parte do meio e percebam que suas atitudes podem afetar o ambiente. Desse modo, instigar nos alunos o pensar crítico e reflexivo sobre as ações do homem sobre a natureza, o desenvolvimento tecnológico e sua relação com a qualidade de vida, pode favorecer a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (ROSA; LANDIM, 2018). E para, além disso, pode desconstruir ideias que defendem o avanço científico e tecnológico a qualquer custo (AULER, 2007).

Ainda durante a análise do *corpus*, perceberam-se outras unidades de sentido que abordavam apenas um dos âmbitos, econômico ou ambiental. Isso foi observado principalmente nos textos de discentes que demonstraram pouco entendimento sobre o conteúdo e suas aplicações. No trecho a seguir, ficam evidenciadas tais afirmações:

O processo da osmose reversa ocorre através de uma dissolução, tirando do meio interno para o externo. E sim, pode contribuir para amenizar a falta de água, mas o restante que sobrar após tratada utilizando esse método não pode ser depositado em qualquer lugar pois pode prejudicar o meio ambiente (6.9).

Diante do trecho destacado, infere-se que o aluno não apresenta uma explicação aprofundada e coerente sobre a osmose reversa e traz alguns conceitos confusos. Mesmo apresentando tais dificuldades, o discente consegue se posicionar diante dos fatores ambientais relativos ao processo de osmose reversa, na medida em que alerta sobre o descarte dos rejeitos. Dessa forma, analisar um processo que envolve ciência e tecnologia em todas as suas vertentes requer uma visão ampla dos conhecimentos envolvidos para sua realização, assim como, a análise dos riscos e benefícios. Essa visão ampla é importante, pois permite que o aluno se posicione e desenvolva sua criticidade.

Logo, a alfabetização científica prepara o aluno para a vida para desempenhar seu papel como cidadão, uma vez em que este, portando conhecimentos científicos, pode posicionar-se diante de produtos e processos que envolvem a ciência e, assim, buscar melhorias para sua vida em comunidade (AULER, 2003; CHASSOT, 2003).

Por fim, diante dos eventos aqui descritos, destaca-se a estreita relação entre a investigação e a compreensão. Para compreender é necessário investigar e a investigação possibilita traçar estratégias e caminhos para o entendimento do que se almeja conhecer. Nesse caminho, surgem ideias que são reconstruídas e molda a compreensão sobre o objeto de estudo, compreensão essa que não está concluída, mas continua aberta para novas ampliações e mudanças.

5 Considerações finais

O presente trabalho, ao analisar o que poderia emergir acerca da AC através da aplicação de uma SEI, mostrou que a experimentação investigativa pode ser uma ferramenta significativa na construção dos conceitos científicos e que, nesse processo, podem surgir indicadores de AC. Além disso, foi possível perceber que o aprofundamento na compreensão dos conceitos levou a um melhor entendimento das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Dessa maneira, o objetivo principal da pesquisa foi alcançado e, a partir dos fenômenos emergentes da análise, foi possível ampliar a compreensão inicial acerca da AC, satisfazendo assim, um dos principais propósitos da ATD, a ampliação da compreensão. As categorias emergentes da análise foram fundamentais para desenvolver um olhar mais aguçado acerca da AC, ampliar os horizontes possíveis de interpretação e enxergar os fenômenos em suas mais variadas faces. Nesse sentido, a análise tornou possível mergulhar no processo de construção dos conceitos realizados pelos alunos, ao mostrar que a investigação se relaciona com a compreensão. Além disso, foi possível apontar que o envolvimento do aluno no processo de investigação-possibilita uma maior apropriação dos conceitos e a tomada de decisões.

A utilização da SEI favoreceu o desenvolvimento de um papel ativo dos alunos frente à construção do conhecimento, mediante a reflexão, discussão, questionamentos e socialização das observações realizadas. Porém, ressalta-se que mesmo diante das contribuições, uma parcela dos alunos não conseguiu desenvolver uma apropriação efetiva dos conceitos. Isso pode ter ocorrido em virtude de fatores como a falta de motivação e o baixo envolvimento nas atividades propostas.

Esse resultado é comum em propostas desse âmbito, uma vez que, alguns alunos apresentam resistência a esse tipo de abordagem, pois, ao longo da sua trajetória escolar, não foram estimulados a refletir, discutir e socializar. Assim, por mais que seja difícil

para o docente desenvolver propostas investigativas em sala de aula, uma vez que há a resistência por parte dos alunos e de outros fatores que envolvem a prática pedagógica, tais atividades são fundamentais para a formação do aluno e para o desenvolvimento de habilidades e competências relativas a AC.

Por fim, destaca-se a importância do planejamento, discussão e desenvolvimento de propostas voltadas para a AC no ensino de química, tendo em vista, a relevância do tema para promover mudanças positivas no processo de ensino aprendizagem. Logo, discutir sobre a AC é oportunizar a reflexão de práticas pedagógicas e abrir caminhos para um ensino de ciências que aproxime o aluno da ciência, mostrando a relevância e aplicação desta no cotidiano.

Referências

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. Tradução de Alfredo Bossi e Ivone Castilho Benedetti. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- AULER, D. Alfabetização Científico - Tecnológica: um novo “Paradigma”? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003.
- AULER, D. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. **Contexto e Educação**, Ijuí, v. 1. n. 77, p. 167-188, 2007.
- BICUDO, M. A. Aspectos da pesquisa qualitativa efetuada em uma abordagem fenomenológica. In: BICUDO, M.A. (Org.). **Pesquisa qualitativa segundo uma visão fenomenológica**. 1.ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011, p.29-40.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <
http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2021
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2005.
- CALDEIRA, A. M. A. **Ensino de ciências e matemática II**: temas sobre a formação de conceitos. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- CARLINI, A. L. **Aprendizagem baseada em problemas aplicada ao ensino de direito**: Projeto exploratório na área de relações de consumo. 2006. 295 f. Tese (Doutorado em Educação), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.
- CARVALHO, A. M. P. **Ciências no Ensino Fundamental**: o conhecimento físico. 1. ed. São Paulo: Scipione, 1998.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. 1. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação**: Condições para implementação em sala de aula. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>>. Acesso em: 5 ago. 2020

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 22, p. 89-100, out. 2003. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

DEWEY, J. **Logic: The Theory of Inquiry**. 1. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1960.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n.2, p. 101-106, 2009. Disponível em: < http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y **experiencias didácticas**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996. Disponível em: < <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21444>>. Acesso em: 02 ago. 2020.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 26, n.2, p. 20-29, 1995. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0034-75901995000300004>>. Acesso em: 18 out. 2020.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica**: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 29. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

LEITE, R. F. **Dimensões da alfabetização científica na formação inicial de professores de química**. 2015. 234 f. Tese (Doutorado em Educação para a ciência e a matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, 2015.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científica No Contexto Das Séries Iniciais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Minas Gerais, v.3, n. 1, p. 1-17. jun.2001. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030104>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, v. 12, n. 136, p. 95-101, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/15092>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. 1.ed. Ijuí: Unijuí, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standards**. 1. ed. Washington, DC: The National Academies Press, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.17226/4962>> Acesso em: 2 ago. 2020.

NEWMAN, W. J.; ABELL, S.K.; HUBBARD, P.D.; MCDONALD, J. Dilemmas of Teaching Inquiry in Elementary Science Methods. **Journal of Science Teacher Education**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 257–279, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1023/B:JSTE.0000048330.07586.d6>>. Acesso em: 22 nov. 2020.

PIAGET, J. **Fazer e Compreender**. 1. ed. São Paulo: Edusp, 1978.

ROSA, I.; LANDIM, M. O enfoque CTSA no ensino de ecologia: concepções e práticas de professores do Ensino Médio. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 263–289, 2018. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_1_13_ex1028.pdf> Acesso em: 20 nov. 2020.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista brasileira de educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-24782007000300007>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Uma análise dos referenciais teóricos para estudo da argumentação no ensino de ciências. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 243-262, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21172011130315>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

SCHNETZLER, R.P.; ANTUNES-SOUZA, T. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 947-954, ago. 2019. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6957>. Acesso em: 19 Ago. 2020.

SEIXAS, R.; CALABRÓ, L.; SOUSA, D. A Formação de professores e os desafios de ensinar Ciências. **Revista Thema**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 289–303, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.289-303.413>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

SHARON, A. J.; BARAM-TSABARI, A. Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life?. **Science Education**, [s.l.], v. 104, n. 5, p. 873–894, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/sce.21581>>. Acesso em: 16 jun. 2020

SILVA, V. R.; LORENZETTI, L. A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 46, e222995, p. 1-21, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1678-4634202046222995>>. Acesso em: 16 jun. 2020

SILVA, M. B.; TRIVELATO, S. L. F. A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 139-153, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p139>>. Acesso em: 02 ago. 2020.

SOUSA, R. S.; GALIAZZI, M. C. A categoria na análise textual discursiva: sobre método e sistema em direção à abertura interpretativa. **Revista Pesquisa qualitativa**, São Paulo, v. 5, n.

9, p. 514-538, 2017. Disponível em: < <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/130/97> >. Acesso em: 12 dez. 2021.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. 1. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2013.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p.443-466, 2005. Disponível em:< <https://doi.org/10.1590/S1517-9702200500000009> >. Acesso em: 20 out. 2020.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Minas Gerais, v. 17, n. esp., p. 97-114, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s06> >. Acesso em: 26 ago. 2020.

VIECHENESKI, J. P.; LORENZETTI, L.; CARLETTO, M. R. Desafios e práticas para o ensino de ciências e alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental. **Atos de Pesquisa em Educação**, Blumenau, v. 7, n. 3, p. 853-876, 2012. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.7867/1809-0354.2012v7n3p853-876>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

WHARTA, E. J.; LEMOS, M. M. Abordagens investigativas no ensino de Química: limites e possibilidades. **Amazônia: Revista em Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v.24, n. 12, p. 5-13, 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v12i24.3172>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 93-103, 2007. Disponível em: < <https://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/622> >. Acesso em: 13 jul. 2021.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305> >. Acesso em: 15 jul. 2020.

ZÔMPERO, A. F.; TEDESCHI, F. Atividades investigativas e indicadores de alfabetização científica em alunos dos anos iniciais do ensino fundamental. **Revista Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 546-567, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.5335/rep.v25i2.8178> >. Acesso em: 18 jun. 2020.

Recebido em: 30 de março de 2022

Aceito em: 09 de setembro de 2022