



CINÉTICA QUÍMICA E ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UM ESTUDO COM ESTUDANTES DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

CHEMICAL KINETICS AND TEACHING BY INQUIRY: A STUDY WITH 9TH GRADE STUDENTS

Jozélio Agostinho Lopes  

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

✉ jozelio_lopes@hotmail.com

Elton Casado Fireman  

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

✉ elton@cedu.ufal.br

Monique Gabriella Angelo da Silva  

Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

✉ monique.silva@iqb.ufal.br

RESUMO: O presente estudo é fruto de uma dissertação de mestrado que analisou, a partir das aulas de Ciências, as concepções de 39 estudantes do 9º ano do ensino fundamental sobre conceitos básicos de cinética química, mediante a vivência de propostas envolvendo transformações químicas que se processam na natureza. Buscou-se, nesse processo, proporcionar aos envolvidos uma atuação ativa (em grupo e individual) em atividades teóricas e experimentais, de abordagens investigativas, com foco na formação científica. Trata-se de um estudo de caso, de natureza qualitativa, que contemplou, durante a coleta de dados, o emprego de questionários, rodas de conversas e gravação (áudio e vídeo), sendo estes submetidos à análise de conteúdo. Como resultado, destacam-se três categorias emergentes, sendo elas: (1) saberes preliminares sobre as transformações da matéria, na qual os estudantes apresentam conhecimentos iniciais, mas não estruturados, sobre o tema; (2) tomada de consciência sobre as ações realizadas frente aos problemas investigados, que traz os relatos dos estudantes de como fizeram para alcançar o efeito desejado; e, por último, (3) fatores da cinética química, em que o corpo discente evidenciou a temperatura, a superfície de contato e a concentração como sendo os responsáveis pela alteração da rapidez das reações. Dado o exposto, o ensino por investigação se mostrou ser viável e eficaz para a (re)construção do conhecimento científico sobre o conteúdo de cinética química.

PALAVRAS-CHAVE: Cinética química. Ensino por investigação. Ensino fundamental.

ABSTRACT: This study is the result of a master's thesis that analyzed, from the science classroom, the conceptions of 39 students in the 9th grade of elementary school about basic concepts of chemical kinetics, through the experience of proposals involving chemical transformations that take place in nature. We sought, in this process, to provide those involved with an active role (in groups and individually) in theoretical and experimental activities, with investigative approaches, focusing on scientific education. This is a study case of a qualitative nature, which included, during data collection, the use of questionnaires, conversations and recording (audio and video), which were submitted to content analysis. As a result, we highlight three emerging categories, which are: (1) preliminary knowledge about the transformations of matter, in which students present initial knowledge, but not structured, on the subject; (2) awareness about the actions performed in front of the problems investigated, which brings the students' reports of how they did to achieve the desired effect; and, finally, (3) factors of chemical kinetics, in which the student body highlighted temperature, contact surface and concentration as being responsible for changing the speed of reactions. Given the above, the teaching by investigation proved to be viable and effective for the (re)construction of scientific knowledge about the content of chemical kinetics.

KEY WORDS: Chemical kinetics. Teaching by investigation. Elementary school.

Introdução

No cenário atual, promover um ensino de Ciências acessível e autêntico, que leve o estudante à construção do seu próprio conhecimento, tem se tornado um desafio cada vez maior à prática docente. Desse modo, aliar teoria e prática à luz de abordagens que façam sentido e favoreçam a formação científica dos envolvidos necessita, dentre outras coisas, considerar o que o público alvo traz para a sala de aula. Em consonância, Carvalho (2011, p. 259) defende que o ensino deve partir do conhecimento que o aluno leva para o espaço escolar, sendo este “[...] um ponto discutido em todos os referenciais teóricos, mas que na área de ensino de Ciências tornou-se um grande campo de pesquisa: o dos conceitos espontâneos e das mudanças conceituais”.

Entretanto, faz-se oportuno destacar a preocupação de diversos pesquisadores (Mori; Curvelo, 2018; Sasseron, 2015; Carvalho, 2013; Carvalho *et al.*, 2009; Sasseron & Carvalho 2008; Campos & Nigro, 1999; entre outros) entorno de estratégias metodológicas que favoreçam o processo de ensino e de aprendizagem em Ciências. A partir destes referenciais, salienta-se o ensino de caráter investigativo, uma vez que os estudantes conseguem desenvolver melhor sua compreensão conceitual acerca da natureza das ciências quando são estimulados por meio de abordagens investigativas. Logo, a sala de aula deve oportunizar espaços para atuação, análise, discussão e reflexão das informações que lhes são apresentadas.

Nesse sentido, Carvalho (2013) ressalta as possibilidades de se promover o ensino por investigação no âmbito escolar, tendo em vista que este pode ser concretizado mediante múltiplas práticas, tais como: problemas de caráter experimental, cuja ação será realizada pelos estudantes; podendo, ainda, se dar por intermédio de demonstrações investigativas realizadas pelo professor; assim como por meio de problemas não experimentais, fazendo uso, com isso, de imagens, gravuras, tabelas, gráficos ou textos.

Posto isto, ressalta-se o ensino de caráter experimental com materiais de baixo custo, já que, quando bem planejado e mediado, torna-se uma alternativa viável e possível de ser realizado, possibilitando que, a partir da investigação científica, o processo de Alfabetização Científica (AC) dos estudantes possa ser desenvolvido. Para Sasseron e Carvalho (2011, p. 61), a AC “deve desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca”. Conforme dados do Censo Escolar de 2018 (Brasil, 2019), apenas 37,5% das escolas estaduais apresentam laboratórios de Ciências, esse número é ainda menor quando analisadas as unidades municipais, com 28,8%.

Esse cenário tem levado professores da rede pública a buscarem cada vez mais alternativas viáveis para aliar teoria e prática em prol da aprendizagem discente. Nessa perspectiva, destaca-se a utilização de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) para a abordagem do conteúdo aqui proposto. De acordo com Sasseron (2015, p. 59), a SEI diz respeito ao “encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados”.

A escolha pelo conteúdo de cinética química levou em consideração a presença e pertinência do tema no contexto discente, o seu caráter provocativo, assim como a possibilidade de sua abordagem por meio de um estudo qualitativo nos anos finais do ensino fundamental. Sobre o conteúdo escolhido, torna-se oportuno destacar que:

O tratamento das relações entre tempo e transformação química deve ser iniciado pela exploração dos aspectos qualitativos, que permitem reconhecer, no dia a dia, reações rápidas, como combustão

e explosão, e lentas, como o enferrujamento e o amadurecimento de um fruto, estabelecendo critérios de reconhecimento (Brasil, 2000, p. 33).

Coadunando com essa perspectiva, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2017) compreende que o ensino de Ciências da Natureza deve propiciar aos estudantes uma formação que permita compreender e interpretar o mundo no qual estão inseridos, sendo capazes de transformá-lo, tendo como base os aportes teóricos e processuais da área.

Diante disso, objetivou-se, por meio deste manuscrito, analisar de que forma o ensino por investigação pode corroborar com a construção de conceitos básicos sobre cinética química e com o desenvolvimento de indicadores de alfabetização científica por alunos do 9º ano do ensino fundamental, tendo como base uma abordagem investigativa inspirada nas obras de Carvalho (2013), Carvalho *et al.* (2009), Sasseron & Carvalho (2008), almejando, com isso, contribuir para a compreensão do conteúdo supracitado, bem como com o processo de AC do público alvo. Para tanto, utilizou-se atividades teóricas e experimentais, mediante um estudo de caso, de abordagem qualitativa com 39 participantes.

A referida escolha partiu da necessidade de utilização de novas estratégias para a promoção do ensino de Ciências na escola campo de pesquisa. Buscou-se, com isso, ir além daquelas que se restringem ao quadro e ao livro didático, proporcionando condições para que os alunos pudessem refletir, assim como atuar ativamente, de forma crítica, acerca do conteúdo proposto. Nesse sentido, o problema que norteou esta pesquisa foi: como o ensino por investigação pode contribuir com a construção de conceitos básicos sobre cinética química e de habilidades do fazer científico por estudantes do 9º ano do ensino fundamental?

Outrossim, o artigo em questão é fruto de uma dissertação de mestrado na área de ensino de Ciências e Matemática, defendida no ano de 2020, a qual foi desenvolvida no âmbito da sala de aula da rede municipal, sob o desafio de levar o conteúdo de cinética química para alunos do 9º ano a partir da abordagem investigativa, onde se buscou contribuir com a formação científica dos participantes.

Fundamentação Teórica

Ideias Iniciais sobre Alfabetização Científica

Propiciar aos estudantes uma formação que possibilite compreender e explicar os fenômenos que os cercam, fazendo uso do conhecimento científico, tem se tornado uma necessidade da sociedade atual, assim como um desafio cada vez maior para o corpo docente. Segundo Chassot (2016), podem-se destacar duas questões que estão atreladas a esta discussão: a primeira, é que se faz necessário ofertar a homens e mulheres uma formação que seja capaz de alfabetizá-los política e cientificamente; a segunda, e mais desafiadora, é que, diante do cenário emergente, tal processo requer mudanças nas estratégias metodológicas empregadas.

De acordo com Lorenzetti e Delizoicov (2001, p. 51), ao discutirem as contribuições e a necessidade de implementação de propostas que corroborem com o desenvolvimento da AC nas aulas de Ciências, já nas séries iniciais do ensino fundamental, “as escolas, através de seu corpo docente, precisam elaborar estratégias para que os alunos possam entender e aplicar os conceitos científicos básicos nas situações diárias, desenvolvendo hábitos de uma pessoa cientificamente instruída”.

Outros estudos (Lorenzetti, 2000) também apontam para a importância de (re)pensar as aulas de Ciências ofertadas ao primeiro ciclo - 1º ao 5º ano - da educação básica, isso por considerarem que a AC deve ser iniciada já nessa fase da educação formal, além de atentarem

para o ensino por investigação como sendo um catalizador para que a aprendizagem discente seja, de fato, alcançada. Portanto, a AC:

[...] que está sendo proposta preocupa-se com os conhecimentos científicos, e sua respectiva abordagem, que sendo veiculados nas primeiras séries do Ensino Fundamental, se constituam-se num aliado para que o aluno possa ler e compreender o seu universo (Lorenzetti & Delizoicov, 2001, p. 8).

Segundo Costa *et al.* (2015), AC é um conceito que surgiu no século XX, por meio dos estudos do professor e pesquisador Paul Hurd, que foram realizados na década de 1950, sendo Hurd o primeiro a fazer uso do termo *Scientific Literacy*. A referida expressão faz parte do seu livro, que tem como título *Science Literacy: Its Meaning for American Schools*, publicado por volta de 1958. As pesquisas realizadas por Souza e Sasseron (2012) destacam como a AC tem sido compreendida e mobilizada por pesquisadores internacionais, quando apontam que:

Autores de língua espanhola, por exemplo, costumam utilizar a expressão 'Alfabetización Científica' para designar o ensino cujo objetivo seria a promoção de capacidades e competências, entre os estudantes, capazes de permitir-lhes a participação nos processos de decisões do dia a dia (Membiela, 2007; Díaz, Alonso & Mas, 2003; Cajas, 2001; Gil-Pérez & Vilches-Peña, 2001); nas publicações em língua inglesa o mesmo objetivo aparece sob o termo 'Scientific Literacy' (Norris & Phillips, 2003; laugksch, 2000; Hurd, 1998; Bybee, 1995; Bingle & Gaskell, 1994; Bybee & Deboer, 1994); e, nas publicações francesas, encontramos o uso da expressão 'Alphabétisation Scientifique' (Fourez, 1994, 2000; Astolfi, 1995) (Souza & Sasseron, 2012, p. 595).

Todavia, é necessário enfatizar que, conforme Sasseron e Carvalho (2011), a partir de estudos nacionais, há uma pluralidade semântica entorno do tema foco desta seção, o que tem levado ao surgimento das seguintes expressões: Letramento científico, enculturação científica e alfabetização científica.

Para Santos (2007, p. 479), o conceito de letramento científico está associado à função social da educação científica, “[...] contrapondo-se ao restrito significado de alfabetização escolar”. Para Sasseron e Carvalho (2011, p. 60), a ideia de letramento científico está associada a um “conjunto de práticas às quais uma pessoa lança mão para interagir com seu mundo e os conhecimentos dele”. Segundo essas autoras, a expressão em questão tem sido utilizada por estudiosos nacionais que levam em consideração as produções de duas grandes pesquisadoras da linguística, sendo elas: Angela Kleiman e Magda Soares. Para a primeira, o letramento está ligado com o “conjunto de práticas sociais que usam a escrita enquanto sistema simbólico e enquanto tecnologia, em contextos específicos para objetivos específicos” (Kleiman, 1995, p. 19); enquanto para segunda, a expressão em voga diz respeito ao “resultado da ação de ensinar ou aprender a ler e escrever: estado ou condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita” (Soares, 1998, p. 18).

Avançando nessa discussão, ao empregarem a expressão enculturação científica, os autores brasileiros:

[...] partem do pressuposto de que o ensino de Ciências pode e deve promover condições para que os alunos, além das culturas religiosa, social e histórica que carregam consigo, possam também fazer parte de uma cultura em que as noções, ideias e conceitos científicos são parte de seu corpus. Deste modo, seriam capazes de participar das discussões desta cultura, obtendo informações e fazendo-se comunicar (Sasseron & Carvalho, 2008, p. 60).

Por outro lado, autoras como Sasseron e Carvalho (2011, p. 60), apoiadas nas concepções de Paulo Freire (1980), pontuam que a AC “[...] deve desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca”. Em outras palavras, ser alfabetizado cineticamente vai além do simples domínio (psicológico e mecânico) “de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. [...] Implica numa auto formação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto” (Freire, 1980, p. 111), mobilizando, para tanto, a linguagem científica.

Nesse mesmo sentido, Chassot (2016) define a AC como sendo um conjunto de conhecimentos que possibilitam aos indivíduos fazerem a leitura do meio ao qual estão inseridos, de modo que estes possam transformá-lo (para melhor). É nesse sentido, apoiando-nos nas ideias de Freire (1980), Sasseron e Carvalho (2011) e de Chassot (2016), que adotamos a expressão alfabetização científica como sendo aquela que melhor compreende o que se buscou com esse trabalho. Ademais, Krasilchik e Marandino (2007) apresentam que a AC é um termo já consolidado nas práticas sociais.

Todavia, Lorenzetti *et al.* (2017) destacam que, independentemente da expressão adotada, todas estão relacionadas, já que consideram a necessidade de se ofertar um modelo de ensino que permita aos alunos uma formação em que possam entender, assim como agir frente às questões que se processam no cenário emergente.

Nessa direção, Sasseron e Carvalho (2008) apresentam alguns indicadores de AC, de modo que o professor/pesquisador possa acompanhar se o processo está ou não acontecendo nas aulas de Ciências. Os indicadores propostos pelas autoras estão organizados em três grupos, em que cada grupo representa um bloco de ações que podem ser trabalhadas quando se coloca um problema investigativo a ser resolvido. Desse modo, os indicadores “têm a função de nos mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a AC em processo de construção entre os alunos. Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico [...]” (Sasseron & Carvalho, 2008, p. 338).

O primeiro grupo de indicadores aqui citado está relacionado ao trabalho que é realizado com os dados oriundos da investigação. Participam desse grupo, a seriação, a organização e, por fim, a classificação das informações. Nesse viés:

[...] a **seriação de informações** é um indicador que não necessariamente prevê uma ordem a ser estabelecida, mas pode ser um rol de dados, uma lista de dados trabalhados. [...]. A **organização de informações** ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado. Este indicador pode ser vislumbrado quando se busca mostrar um arranjo para informações novas ou já elencadas anteriormente. [...]. A **classificação de informações** ocorre quando se busca conferir hierarquia às informações obtidas (Sasseron & Carvalho, 2008, p. 338, grifos das autoras).

O segundo grupo de indicadores propostos pelas autoras supracitadas compreende as dimensões que se encontram ligadas à estruturação do pensamento e de como este se encontra organizado. Em vista disso, o:

[...] **raciocínio lógico** compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionada à forma como o pensamento é exposto; e o **raciocínio proporcional** que, como o raciocínio lógico, dá conta de mostrar como se estrutura o pensamento, e refere-se também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas (Sasseron & Carvalho, 2008, p. 338-339, grifos das autoras).

Por fim, tem-se o terceiro e último grupo, que integra a busca dos estudantes em entender a situação analisada. Os indicadores que compõem esse grupo são o levantamento e a testagem de hipóteses, a justificativa, a previsão e a explicação. Conforme as autoras:

O **levantamento de hipóteses** aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. [...]. O **teste de hipóteses** concerne nas etapas em que se coloca à prova as suposições anteriormente levantadas. [...]. A **justificativa** aparece quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto; isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura. [...]. O indicador da **previsão** é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos. A **explicação** surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas (Sasseron & Carvalho, 2008, p. 339, grifos das autoras).

Para Marques e Marandino (2019), AC como objetivo formativo busca, dentre outras questões, a promoção de um ensino de Ciências diferente daquele praticado em diversos espaços formativos, tendo em vista que o interesse da sua ação educativa se centra na formação de indivíduos capazes de perceber seu entorno, as transformações que se processam nas mais variadas áreas do conhecimento, de modo a intervir de forma crítica e consciente nas situações emergentes.

O Ensino Experimental e a Investigação Científica

É indiscutível que a experimentação (Sandonato *et al.*, 2019) e a investigação científica assumem importante papel no desenvolvimento das ciências naturais, como também na formação de pessoas autônomas e, por esse motivo, estas acabaram despertando, assim como possibilitando, um (re)pensar entorno das abordagens pedagógicas presentes em sala de aula.

No processo experimental, a autonomia dos estudantes é melhor desenvolvida quando estes “participam da elaboração de seu guia ou protocolo, realizam por si mesmos as ações sobre os materiais, preparam o modo de organizar as anotações, as realizam e discutem os resultados” (Brasil, 1998, p. 123). Para isso, o professor deverá atuar como mediador do processo de pesquisa, planejamento, construção e vivência das atividades experimentais.

Diante desse cenário, professores vêm buscando propiciar um ensino experimental próximo à realidade dos alunos por meio de materiais simples (Carvalho, 2013) que se fazem presentes no meio ao qual o educando está inserido. Dessa forma, as aulas práticas passam a não depender exclusivamente da presença de um laboratório de Ciências/Química, isso porque, com valores acessíveis, esses materiais permitem que sua presença seja cada vez mais comum e melhor explorada em sala de aula.

Todavia, a simples realização de atividades experimentais sem o devido planejamento e acompanhamento não representa garantia de que os alunos irão de fato aprender. Nessa perspectiva, Carvalho (2009, p. 74) acrescenta quem ao se trabalhar com problemas experimentais que permitam a interação e a discussão entre os grupos, assim como a reflexão, o levantamento e a testagem de hipóteses, é possível proporcionar ao aluno “o pensamento por trás do fazer”.

Para Silva (2013, p. 126), o estudante precisa se sentir provocado a compreender o novo, “a buscar novas informações para organizar seus esquemas de ação de forma a conseguir abstrair cada vez mais conhecimentos”. Santos e Galembek (2018) destacam que no modelo de ensino atual se evidenciam, muitas vezes, aulas práticas pautadas em roteiros inflexíveis, ou mesmo, inquestionáveis, o que apontam para uma necessidade de se pensar novas estratégias de ensino para as aulas de Ciências.

Ao abordarem o ensino de Ciências com caráter investigativo, Campos e Nigro (1999) atentam para a classificação das atividades práticas. Assim, estas podem ser do tipo:

Demonstrações práticas: Atividades realizadas pelo professor, às quais o aluno assiste sem poder intervir. Possibilitam ao aluno maior contato com fenômenos já conhecidos, mesmo que ele não tenha se dado conta deles. Possibilitam também o contato com coisas novas – equipamentos, instrumentos e até fenômenos. **Experimentos ilustrativos:** Atividades que o aluno pode realizar e que cumprem as mesmas finalidades das demonstrações práticas. **Experimentos descritivos:** Atividades que o aluno realiza e que não são obrigatoriamente dirigidas o tempo todo pelo professor. Nelas o aluno tem contato direto com coisas ou fenômenos que precisa apurar, sejam ou não comuns no seu dia a dia. Aproximam-se das atividades investigativas, porém não implicam a realização de testes de hipóteses. **Experimentos investigativos:** Atividades práticas que exigem grande atividade do aluno durante sua execução. Diferem das outras por envolverem obrigatoriamente discussão de ideias, elaboração de hipóteses explicativas e experimentos para testá-las. Possibilitam ao aluno percorrer um ciclo investigativo, sem, contudo, trabalhar nas áreas de fronteira do conhecimento, como fazem os cientistas (Campos & Nigro, 1999, p. 151, grifos dos autores).

Logo, o trabalho prático necessita ser bem explorado pelo professor e pelos alunos, para que a partir de tais abordagens (do campo da investigação) seja possível a construção do conhecimento científico, elemento de interesse do ensino de Ciências.

Carvalho (2013) discute o planejamento, assim como as interações didáticas das atividades mais representativas que integram uma SEI. Esse tipo de sequência engloba várias etapas, sendo elas: [...] “a distribuição do material [...] e proposição do problema; resolução do problema pelos alunos; sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos, escrevendo e desenhando” (Carvalho, 2013, p. 11-12).

No que tange às características das atividades presentes na SEI, faz-se necessário destacar que:

[...] uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático (Carvalho, 2013, p. 9).

Os problemas não experimentais são outra possibilidade para iniciar uma sequência, ou até mesmo como elemento complementar para sistematização do conhecimento adquirido. O uso de imagens, gravuras, notícias ou reportagens de jornais são alguns dos elementos que compõem esse tipo de proposta. Nesta, o aluno também irá trabalhar com a resolução de problemas por meio de grupos; a sistematização do conhecimento elaborado; além do trabalho escrito sobre as ações realizadas (Carvalho, 2013).

Nesse sentido, o uso de uma SEI em sala de aula permite ao professor a inserção de uma nova estratégia metodológica para a promoção do ensino de Ciências (Química, Física, Biologia), como também da AC. Portanto, o ensino por investigação compreende, dentre outras coisas, a problematização de conteúdos ou situações presentes no dia a dia discente, assim como a elaboração e aplicação de propostas que favoreçam a construção do conhecimento científico.

Pensando o Ensino de Cinética Química por Investigação

É imprescindível a oferta de um ensino de Ciências/Química que alcance de forma efetiva o aluno, propiciando a vivência de situações que estimulem uma aprendizagem autêntica. A proposta deve estar organizada de modo que, ao final do ensino fundamental – anos finais –, o estudante seja capaz de:

[...] compreender a natureza como um todo dinâmico e o ser humano, em sociedade, como agente de transformações do mundo em que vive, em relação essencial com os demais seres vivos e outros componentes do ambiente (Brasil, 1998, p. 33).

Nesta senda, Carvalho *et al.* (2009) enfocam a importância do trabalho prático, que consideram ser de relevância inquestionável. Desse modo, as aulas de Ciências devem tratar a experimentação com um viés diferente do praticado em outras épocas, que serviam “para demonstrar conhecimentos já apresentados aos alunos e verificar leis plenamente estruturadas” (Carvalho *et al.*, 2009, p. 18). Ou seja, o intuito deve ser a promoção de novas reflexões sobre os conteúdos propostos nas disciplinas supracitadas, de forma que a abordagem investigativa se torne cada vez mais presente nos ambientes escolares.

Para que o aluno seja impelido ao ato de investigar, é importante considerar a situação-problema a ser resolvida, a qual irá atuar como veículo de incentivo para o desenvolvimento da temática a ser trabalhada. O professor assume papel fundamental na elaboração e na proposição do problema. Este último “é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões” (Carvalho *et al.*, 2009, p. 18).

É importante ressaltar os fenômenos que são tratados em conteúdos de Ciências do 9º ano (Brasil, 2017), em sala de aula, em acontecimentos e ações do dia a dia dos alunos. Fenômenos estes que podem ser observados, a exemplo, em transformações químicas que acontecem na queima de uma vela (Mortimer & Miranda, 1995), na oxidação de uma palha de aço, na efervescência de um comprimido ou na decomposição dos alimentos que, por sua vez, permitem um rico e importante cenário para discussões e percepções. Nesse sentido, “relacionar os acontecimentos do dia a dia com os conceitos, de maneira a levar o aluno a refletir sobre o meio em que vive, pode ajudá-los a compreender esses conceitos, dar a eles significado e a ampliar a visão que têm do mundo físico e social” (Ayres-Pereira *et al.*, 2019, p. 586).

Campos *et al.* (2019), ao realizarem uma pesquisa sobre as concepções alternativas de 39 estudantes do ensino médio acerca do conteúdo de cinética química, afirmam, com base nos resultados analisados, que há:

[...] diversas dificuldades de entendimento em relação ao tema cinética química. Esses dados corroboram com investigações internacionais, evidenciando a necessidade de repensar o ensino desse conteúdo visando minimizar as dificuldades e promover a construção de conhecimentos (Campos *et al.*, 2019, p. 6).

Ademais, os autores defendem que as dificuldades conceituais envolvendo o referido tema são comuns aos estudantes de origem brasileira e turca, cujos desafios estão atrelados com “a velocidade da reação em função do tempo da reação; o efeito da temperatura sobre a velocidade de uma reação em equilíbrio e o efeito do catalisador na velocidade de reação e sua relação com a energia de ativação e o mecanismo de reação” (Campos *et al.*, 2019, p. 1). Esse cenário evidencia a necessidade de elaboração de estratégias que permitam caminhar com a construção de saberes sobre o tema em questão, visando, dessa forma, superar as dificuldades explicitadas pela literatura.

Coadunando com essa discussão, destaca-se o que é apresentado por Marani *et al.* (2017), quando tratam da importância de identificar as concepções dos estudantes, pois estas são fundamentais para o processo de ensino e de aprendizagem, visto que esta identificação tende a possibilitar um melhor planejamento, bem como organização de atividades adequadas às demandas do corpo discente.

Nessa direção, Cavalcante *et al.* (2018), Batista (2016), Martorano e Marcondes (2014), Atkins e Jones (2012) e Brown *et al.* (2005) discorrem sobre a importância, assim como alguns desafios entorno do estudo da cinética química a nível macroscópico e microscópico. Dentre os fatores contemplados na discussão, destacam-se: concentração, superfície de contato, catalisadores e temperatura, estes responsáveis por acelerar a ocorrência de uma reação química.

Outrossim, desenvolver cinética química e catálise no ensino fundamental e/ou médio oportuniza reflexões, o despertar da curiosidade, bem como discussões entorno das questões referentes à rapidez das reações, de como elas acontecem, de como podem influenciar a temperatura, a pressão, a superfície de contato, a concentração ou até mesmo, os catalisadores, em um maior ou menor tempo reacional. Contudo, Marani *et al.* (2017, p. 336) apontam que há uma escassez de estudos que abordem as concepções discentes, tendo por base, a influência de fatores como a temperatura e a superfície de contato.

Diante dos elementos expostos, compreende-se que é pertinente discutir o conteúdo de cinética química, este presente no contexto discente, com o intuito de corroborar com a AC enfocada por Sasseron (2015) e Lorenzetti *et al.* (2017), isso sob a abordagem investigativa defendida por Carvalho *et al.* (2009) e Carvalho (2013), na qual o aluno é levado à resolver problemas teóricos e experimentais sobre o tema de cinética química, sem desconsiderar, os saberes preliminares, o trabalho em grupo, assim como o processo argumentativo dos agentes envolvidos.

Caminhos Metodológicos

Esta pesquisa se caracteriza como estudo de caso. De acordo com Yin (2001, p. 19), esta diz respeito à “estratégia preferida quando se colocam questões do tipo ‘como’ e ‘por que’”. Para Gil (2002), o estudo de caso é amplamente utilizado nas ciências sociais e pode assumir diferentes propósitos, tais como:

a) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; b) preservar o caráter unitário do objeto estudado; c) descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; d) formular hipóteses ou desenvolver teorias [...] (Gil, 2002, p. 54).

A abordagem adotada configura-se de natureza qualitativa, tendo em vista que, conforme Sampieri *et al.* (2013, p. 41), esta [...] “proporciona profundidade aos dados, dispersão, riqueza interpretativa, contextualização do ambiente ou do entorno, detalhes de experiências únicas”. Logo, a mesma “preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais” (Silveira & Córdova, 2009, p. 32).

O estudo em questão foi realizado com 39 estudantes de uma turma de 9º ano do ensino fundamental, do turno matutino, de idade entre 14 a 17 anos, em uma escola da rede municipal de ensino, em Iati – PE. A escolha se deu via sorteio, visto que a instituição contava com quatro nonos anos. Ademais, cabe destacar que no ano da pesquisa a instituição atendia, aproximadamente, 1.400 alunos do 6º ao 9º ano, assim como da Educação de Jovens e Adultos (EJA). O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética, e tem o seguinte número de

Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 91139118.0.0000.5013; cujo parecer é o de número: 2769235, aprovado em 13/07/2018.

Visando uma melhor localização da pesquisa, ressalta-se que um dos autores deste artigo já atuava, desde o ano de 2017, na escola campo de estudo na função de coordenador pedagógico das disciplinas de Ciências e Matemática, período este que a turma cursava o 7º ano do ensino fundamental. Em 2018, ainda na mesma função, o profissional em questão elaborou o seu projeto de mestrado com vistas à proposição de abordagens metodológicas voltadas ao processo de ensino e de aprendizagem em Ciências, em especial, para a abordagem da cinética química e o desenvolvimento da AC.

A escolha do conteúdo cinética química levou em consideração a participação do público em aulas sobre transformações da matéria, em séries/anos anteriores, a presença e pertinência do assunto no dia a dia dos estudantes, a complexidade em compreendê-lo e os poucos estudos na área (Gatto *et al.*, 2019), além dos conteúdos propostos para Ciências Naturais (Pernambuco, 2013) (Quadro 1). Neste currículo, previa-se a abordagem não somente de conteúdos de Ciências/Química, como também a formação científica do corpo discente. Em vista disso, considerou-se a implementação do ensino por investigação como sendo uma alternativa viável ao desenvolvimento da AC, conforme defende Sasseron (2015), como também do conteúdo escolhido.

Quadro 1: Conteúdos de Ciências Naturais por bimestre para o Ensino Fundamental com base nos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco.

9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL - 4º BIMESTRE		
Campos ou Eixos	Conteúdos	Expectativas de aprendizagem
Alfabetização e Letramento Científico	Essa expectativa contempla todos os conteúdos	EA1 - Aprender a observar fatos, levantar e testar hipóteses, classificando, organizando informações e argumentado dentro dos princípios da ciência.
		EA2 - Justificar e construir modelos explicativos para os fenômenos e processos da ciência.
		EA3 - Desenvolver o raciocínio lógico e proporcional, por meio do uso de charges, gráficos e tabelas entre outros.
		EA4 - Interpretar e escrever textos sobre o conhecimento das ciências fazendo o uso da linguagem científica
Tecnologia e Sociedade	Reações químicas	EA21 - Reconhecer as evidências da ocorrência das reações químicas.
	Transformação química e física	EA22 - Diferenciar transformação química da transformação física.
	Teoria atômica	EA66 - Reconhecer a construção de modelos como processo histórico para explicação da teoria atômica.
	Tabela periódica	EA67 - Conhecer, a partir da compreensão do processo histórico da construção da tabela periódica dos elementos químicos, o significado de número atômico, massa atômica e número de massa atômica, bem como dos períodos e colunas.

Fonte: Estado de Pernambuco (2013), adaptado pelos autores.

O uso dos Parâmetros Curriculares do Estado de Pernambuco (Anos Finais do Fundamental) aqui contemplados se justifica pelo fato da pesquisa ocorrer em um período de transição de

proposta curricular, uma vez que, na época da vivência, estes eram utilizados pela Rede Municipal de Iati. Entretanto, vale destacar que nos dias atuais, a Secretaria de Educação da cidade supracitada vem adotando o novo currículo de Pernambuco para o ensino fundamental, este proposto pela Secretaria de Educação e Esportes do estado de Pernambuco, cuja construção se deu a partir da BNCC.

A presente proposta contou com a organização e proposição de uma SEI que compreendeu duas aulas acerca do conteúdo cinética química. A sequência foi inspirada nos estudos de Carvalho *et al.* (2009) e Carvalho (2013) e abrange atividades de fácil realização e da realidade dos alunos, cuja duração contemplou dois momentos e um total de 8 horas/aula (h/a), que foram realizados na mesma semana, em dois dias consecutivos. O intuito consistiu em contribuir com a formação científica dos estudantes; favorecer a compreensão de conceitos básicos sobre cinética química a partir de fenômenos e atividades do contexto discente, em um enfoque qualitativo; bem como fortalecer o processo de argumentação nas aulas de Ciências (verificar a proposta no Quadro 2).

Quadro 2: Sequência didática de caráter investigativo sobre conceitos básicos de cinética química.

1ª aula	2ª aula
Tempo pedagógico: 4h/a	Tempo pedagógico: 4h/a
Momentos propostos	
<p>1º Momento: Foi realizada a verificação dos conhecimentos preliminares dos estudantes sobre transformações químicas mediante análise de imagens e roda de conversa, enfatizando o COMO e o PORQUÊ tais processos acontecem.</p> <p>Objetivo: o primeiro momento teve como objetivo analisar o conhecimento preliminar dos estudantes sobre conceitos básicos envolvendo reações químicas.</p> <p>Materiais utilizados: Imagens sobre fenômenos do dia a dia: reações de oxidação (formação da ferrugem); efervescência de comprimidos antiácidos; reação de combustão (queima do papel); alimentos em decomposição.</p>	<p>1º Momento: Neste primeiro momento, ocorreu a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os fatores que podem influenciar na velocidade das reações químicas, isso mediante texto introdutório e roda de conversa, tendo como base a seguinte questão: Por que algumas reações químicas acontecem de forma rápida, em alguns minutos ou segundos, e outras podem demorar horas, dias ou até anos para se processar?</p> <p>Objetivos: o primeiro momento teve como objetivo identificar concepções preliminares dos participantes acerca do conteúdo cinética química; analisar situações do dia a dia à luz de pressupostos da AC.</p> <p>Material utilizado: Texto introdutório sobre o tempo que algumas reações químicas levam para acontecer.</p>
<p>2º Momento: Foi realizada a formação de equipes com 4 ou 5 integrantes e realizada a apresentação do material experimental. Na sequência, deu-se proposição do seguinte problema: Como encher uma bexiga sem que para isso seja preciso soprá-la a partir dos materiais fornecidos?</p>	<p>2º Momento: A turma foi organizada em equipes com 4 ou 5 participantes, logo após, ocorreu a apresentação do material experimental e a proposição do seguinte problema: Como acelerar, o mais rápido possível, o processo de efervescência de comprimidos antiácidos?</p>

<p>3º Momento: As equipes realizaram a resolução do problema proposto.</p> <p>Objetivos: o terceiro momento teve como objetivo identificar a ocorrência de uma reação química; favorecer situações nas quais as hipóteses levadas fossem testadas; analisar de que forma o fator concentração contribuiu para a ocorrência de uma reação.</p> <p>Materiais utilizados: Vinagre comercial (CH₃COOH); Bicarbonato de sódio (NaHCO₃); Garrafas PET (500 mL); bexigas; funil.</p>	<p>3º Momento: As equipes realizaram a resolução do problema proposto.</p> <p>Objetivos: o terceiro momento teve como objetivo compreender de que forma a temperatura, a concentração e a superfície de contato aceleraram o tempo que uma reação leva para se processar; favorecer o levantamento e a testagem de hipótese frente à realização do problema prático proposto e realizado.</p> <p>Materiais utilizados: proveta; comprimidos efervescentes; água em diferentes temperaturas; garrafas térmicas; termômetro; cronômetro; copos (pequenos e transparentes) com tampa; pilão com socador.</p>
<p>4º Momento: Houve a sistematização dos conhecimentos construídos pelas equipes por meio de roda de conversa. Nesta, os participantes falaram como conseguiram resolver o problema proposto; o que propiciou o enchimento das bexigas; assim como identificaram se a quantidade de gás produzida nos testes realizados foi a mesma.</p> <p>Objetivos: Como objetivo para o quarto momento, buscou-se propiciar situações nas quais os estudantes, em equipe e individualmente, apresentassem como conseguiram resolver o problema proposto. Na oportunidade, argumentaram sobre os passos percorridos e os fenômenos que foram observados.</p>	<p>4º Momento: Ocorreu a sistematização dos conhecimentos construídos pelas equipes por meio de roda de conversa. Nesta, os participantes argumentaram como conseguiram resolver o problema proposto. De modo a estimular o envolvimento de todos, foram realizadas perguntas do tipo: Como conseguiram resolver o problema proposto? Quais fatores contribuíram para uma maior rapidez da reação? O que você compreende por cinética química?</p> <p>Objetivos: Como objetivo, buscamos propiciar situações onde os envolvidos elucidassem, em grupo ou individualmente, os fatores da cinética química mobilizados na resolução do problema; além da compreensão das estratégias empregadas na atividade experimental.</p>
<p>5º Momento: Os alunos escreveram, individualmente, acerca do conhecimento elaborado na aula.</p> <p>Objetivos: Buscou-se compreender, a partir dos registros individuais/produção escrita, os conhecimentos construídos pelos estudantes no primeiro dia de aula.</p> <p>Material utilizado: Folha A4 e lápis.</p>	<p>5º Momento: Os estudantes escreveram, individualmente, acerca do conhecimento elaborado na aula.</p> <p>Objetivos: Buscou-se compreender, a partir dos registros individuais/produção escrita, os conhecimentos construídos pelos estudantes sobre conceitos básicos da cinética química.</p> <p>Material utilizado: Folha A4 e lápis.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A vivência da SEI foi registrada, também, em áudio e vídeo. Após a transcrição dos registros obtidos por meio das filmagens, realizou-se ainda a apreciação dos questionários. Esta etapa ocorreu à luz da análise de conteúdo proposta por Bardin (2011).

A aplicação da sequência didática aconteceu no mês de março do ano de 2019 e contou com a participação de 14 estudantes do sexo masculino e 25 do sexo feminino, com idade entre 14 e 17 anos. Na etapa de coleta, os dados foram obtidos por meio das produções escritas (atividades e questionários) e das filmagens.

No processo em questão, a identidade dos estudantes foi preservada, portanto, as nomenclaturas de identificação empregadas foram codificadas. Nesse sentido, utilizou-se para representar os agentes da pesquisa, nas discussões que se seguem, a letra “A”, seguida de uma numeração, de 1 a 39, sendo as identificações atribuídas de forma aleatória.

O processo que integra a análise de conteúdo dispõe de algumas etapas que foram observadas. Recorre-se aqui ao que é sugerido por Bardin (2011, p. 125), uma vez que, para a autora, a análise de conteúdo envolve a seguinte organização: “1) a pré-análise; 2) a exploração do material; 3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação”.

Segundo Bardin (2011), a pré-análise contempla a leitura flutuante; a escolha dos documentos; a formulação de hipóteses e objetivos; referência dos índices e a elaboração de indicadores; e, por fim, a preparação do material. Já a segunda, a exploração do material, diz respeito, dentre outras coisas, à decodificação, decomposição ou mesmo à enumeração. A última fase, a do tratamento, tem-se a inferência e a interpretação dos resultados, a exemplo, leva-se em consideração o tratamento do material, este significativo e válido, como também o seu trabalho estatístico, seja ele simples ou complexo.

Na pré-análise, primeira etapa da análise de conteúdo (Bardin, 2011), realizou-se a leitura flutuante dos documentos levantados – obtidos por meio dos questionários e das transcrições. A referida leitura propiciou a delimitação do montante, constituindo, assim, o *corpus* da pesquisa.

Dessa forma, os dados foram preparados e organizados conforme o tema apresentado, o que permitiu que fossem definidas as unidades de registro e de contexto; na sequência, ocorreu o processo de categorização, exploração e interpretação dos dados (Bardin, 2011; Moraes, 1999).

Esse processo permitiu a criação de três categorias (*a posteriori*) que, por sua vez, levaram em consideração, nas manifestações dos estudantes, as características que se sobressaíram frente ao objetivo proposto, além da homogeneidade entre as informações que integravam cada categoria, de modo que as categorias fossem excludentes entre si, visto que, uma mesma informação não pode ser passível de compor duas ou mais categorias. Assim sendo, a categorização considerou o conhecimento que os estudantes já apresentavam sobre as transformações físicas e químicas da matéria, a tomada de consciência sobre as ações realizadas para resolverem os problemas propostos, assim como os fatores da cinética química percebidos durante o experimento, tendo por base, nessa investigação, o processo de AC dos participantes ao manifestarem o desenvolvimento de indicadores do fazer científico.

Análise e Discussão dos Dados

A análise dos dados apontou para categorias pertinentes ao problema de pesquisa. Nesse sentido, destacam-se: saberes preliminares sobre as transformações da matéria (Categoria 1); tomando consciência sobre as ações realizadas frente aos problemas investigados (Categoria 2); bem como os fatores da cinética química (Categoria 3). Os registros apresentados nestas três categorias compreendem à transcrição literal do que foi explicitado pelos participantes (de forma oral e escrita), buscando, com isso, respeitar as suas peculiaridades. Portanto, os textos

foram transcritos tal como falado ou escrito pelos sujeitos da pesquisa, visto que, os erros gramaticais ou de concordância fazem parte da linguagem coloquial do público alvo¹.

Saberes Preliminares sobre as Transformações da Matéria

A primeira categoria emergiu das concepções iniciais dos estudantes acerca do que vem a ser as transformações químicas e de como estas são conceituadas e percebidas em situações do dia a dia pelo público alvo.

Há o entendimento, mesmo que parcial, de que diferentes modificações acontecem diariamente - sejam elas físicas ou químicas - e que demandam de reflexão entorno do porquê acontecem. Contudo, explicar essas situações que se processam carece de fundamentação científica.

Ao serem questionados sobre os fenômenos presentes nas imagens mobilizadas durante a aula - formação da ferrugem; efervescência de comprimidos antiácidos; queima do papel; alimentos em processo de decomposição -, os alunos compreenderam que se tratava de:

Transformações envolvendo a química de um jeito que com ela há mudanças que às vezes não podem ser invertidas (A39).

Tem várias situações como eu observei semana passada porque o queijo quanto mais velho melhor aí eu percebi que há de haver ciência envolvida e havia reações químicas (A27).

Exemplo: A corrente se compra nova e sem ferrugem e logo em seguida ela fica diferente com ferrugem, é transformação química (A33).

Situações da realidade discente são frequentemente vivenciadas, mas sem a análise crítica sobre o que provoca tais transformações. Para o espaço escolar, essas questões apresentam materiais ricos e importantes, onde conceitos científicos podem e devem ser trabalhados, sem que para isso seja desconsiderado o conhecimento prévio dos alunos. Para Marani *et al.* (2017, p. 323), “os conhecimentos que os estudantes levam para dentro da sala de aula são significativos para eles, o que justifica a dificuldade em ressignificar determinados conceitos”. Portanto, essa relação entre o que se aprende no dia a dia com o que propõe a Ciência, de modo a refletir e perceber o entorno, permite uma compreensão do mundo – físico ou social (Ayres-Pereira *et al.*, 2019; Carvalho, 2013).

O crescimento de uma criança, a digestão, a produção do plástico a partir do petróleo, por exemplo, também envolvem transformações, ou seja, são resultados de reações químicas, nas quais há a modificação da natureza do material, de forma que uma ou mais substâncias (os reagentes) reagem e originam novas substâncias (os produtos) (Atkins & Jones, 2012), questões estas apresentadas pelos estudantes em uma perspectiva inicial sobre o tema, como se verifica na fala de A27, A33 e A39, mas que necessitam ser trabalhadas e aprofundadas.

A utilização do termo transformação química, por vezes, foi empregada de forma equivocada, tendo em vista que passou a ser empregada para se referir a fenômenos físicos, o que se revela como um entendimento ainda não estruturado e que se pauta no universo macroscópico, conforme destacam A17 e A37, quando citam como exemplo:

A decomposição de carnes, processo de derretimento do gelo, derretimento de velas brancas, ou efervescência de comprimidos (A17).

¹ Nesse sentido, pensando em manter a originalidade dos dados obtidos, as possíveis inadequações linguísticas/gramaticais apresentadas pelos estudantes foram mantidas.

O lápis quando faz a ponta, o apagador quando apaga, a vassoura quando varre, um sapato quando usa e outros (A37).

Nessa perspectiva, Mortimer e Miranda (1995) destacam, a partir dos diversos estudos presentes na literatura sobre a classificação de fenômenos envolvendo as reações químicas, que os estudantes apresentam concepções bem distantes daquelas esperadas pela comunidade científica, visto que, “nem sempre reconhecem as entidades que se transformam e as que permanecem constantes, e tendem a centrar suas explicações nas mudanças perceptíveis que ocorrem com as substâncias, sequer fazendo referência às mudanças em nível atômico-molecular” (Mortimer & Miranda, 1995, p. 23). Em contrapartida, como possibilidade de lidar com as dificuldades dos estudantes e propiciar um avanço nas suas concepções, os autores defendem a importância de se “[...] discutir as explicações que eles fornecem a algumas transformações químicas bem simples, que podem ser realizadas numa sala de aula comum” (Mortimer & Miranda, 1995, p. 24).

A ideia de átomos, moléculas e o papel destas na ocorrência das reações químicas não foram identificados nas concepções iniciais sobre o tema e, por esse motivo, é importante salientar que “a visão submicroscópica da matéria forma a base para entender por que elementos e compostos reagem, como reagem e por que exibem propriedades físicas e químicas específicas” (Brown *et al.*, 2005, p. 31).

Tal cenário aponta para a necessidade de uma maior abordagem dos conteúdos supracitados, com vista na análise crítica das informações, para que, ao final do processo, os estudantes possam compreendê-las, assim como fazer uso da linguagem científica para explicá-las. Nesse sentido, considera-se de fundamental importância o papel da contextualização, tendo em vista que se faz “[...] importante e necessária a permanente busca por construir entendimento acerca de novas formas de conceber os fenômenos naturais e os impactos que estes têm sobre nossa vida” (Sasseron, 2015, p. 52).

Tomando Consciência sobre as Ações Realizadas Frente aos Problemas Investigados

Esta categoria partiu das ações dos estudantes para com a resolução de dois problemas investigativos: (1) Como encher uma bexiga sem que para isso seja preciso soprá-la? (2) Como acelerar, o mais rápido possível, o processo de efervescência de comprimidos antiácidos?

Ao serem inseridos em duas situações teóricas e experimentais, de caráter investigativo, os alunos buscaram atuar em equipe, agindo sobre os objetos fornecidos, com o intuito de produzirem o efeito desejado para cada problema lançado.

Percebeu-se, através das análises realizadas, a tomada de consciência do público em relatar “como” fizeram para alcançar o êxito das atividades. Os envolvidos enfocam que para se encher as bexigas o máximo possível, sem que para isso seja necessário soprá-las, deve-se proceder da seguinte forma:

Enchemos a bexiga de bicarbonato de sódio e em seguida colocamos a mesma quantidade de vinagre na garrafa. Em seguida, tapamos a ponta da garrafa com o dedo e colocamos o círculo da bexiga na boca da garrafa. Enfim, só esperar encher (A07).

Primeiro, foi adicionado o bicarbonato de sódio na bexiga, utilizado o funil; em seguida, adicionamos o vinagre à garrafa; inserimos a bexiga na boca da garrafa, despejamos o bicarbonato na garrafa para se misturar com o vinagre e esperamos a formação do ar invadir a bexiga (A27).

A participação e mobilização do público alvo permitiu que várias tentativas fossem realizadas, assim como abriu espaço para que possíveis respostas fossem criadas e testadas, o que garantiu

o enchimento das bexigas e corroborou com o processo de AC proposto por Sasseron e Carvalho (2008). Sandonato *et al.* (2019, p. 135) defendem que “a realização ou observação de um experimento em sala de aula é um momento muito rico para discussões e introdução de conceitos”.

Os participantes perceberam que não há um único caminho a ser seguido, no entanto, houve uma atuação semelhante na manipulação dos materiais fornecidos, como destacaram A07 e A27, ao colocarem o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) dentro da garrafa e o ácido acético (CH_3COOH) dentro da bexiga, de modo que esta última fosse acoplada à garrafa e possibilitasse o contato direto entre os reagentes e a não liberação dos produtos para o meio externo, mas sim para dentro da bexiga. Conforme Carvalho *et al.* (2009, p. 19), “uma atividade de Ciências fundamenta-se na ação dos alunos. Essa ação, [...] não deve se limitar à simples manipulação ou observação”.

Nesse cenário, cabe destacar outro fator pertinente que foi percebido por meio das ações e registros elaborados, trata-se do erro, já que este se fez de suma importância no (re)planejamento das ações seguintes. De acordo com os Parâmetros Curriculares de Ciências Naturais, “do ponto de vista do professor, o erro, que tradicionalmente expressa discrepâncias com conceitos e procedimentos da Ciência, também pode ser visto como uma revelação da lógica de quem aprende” (Brasil, 1998, p. 32). Este fato, possibilitou que os alunos pudessem refletir, bem como apresentar com segurança e autonomia os procedimentos adotados que garantiram a resolução do primeiro problema (Figura 1).

Figura 1: Obtendo os efeitos desejados - enchimento das bexigas



Fonte: Elaborado pelos autores.

O segundo problema resolvido pelo corpo discente também exigiu atenção, trabalho em equipe e análise crítica do cenário que se processava. O intuito consistiu em acelerar o máximo possível o processo de efervescência de comprimidos antiácidos.

Nesse sentido, a resolução do problema proposto levou o público a chegar às seguintes conclusões:

Para a solução do problema foi colocado água quente e fria no recipiente, com um comprimido inteiro e outro com ele triturado (A39).

Colocamos um comprimido (sonrisal) nas águas quente, fria (gelada) e ambiente e com o decorrer do tempo com ajuda do cronômetro percebemos o quanto o sonrisal ia se diluindo com o decorrer do tempo (A18).

Verificou-se uma maior facilidade dos estudantes no que concerne à manipulação dos materiais fornecidos, estes de fácil acesso, assim como maior agilidade em solucionar o que lhe fora

proposto. Por conseguinte, “ao promover condições para que os estudantes trabalhem ativa e conjuntamente na resolução de um problema, novas perguntas vão se construindo e se transformando em novas avaliações” (Sasseron, 2015, p. 64).

A atividade possibilitou o trabalho com comprimidos antiácidos em águas em diferentes condições, cujo intento foi o de promover maior rapidez no processo de efervescência. Sobre o tempo observado, os alunos apontam que o menor identificado foi o de 15 segundos, conforme enfatiza o registro de A17:

Começamos com o copo, comprimidos e três tipos de água gelada, quente e normal, testamos cada uma e contamos quantos minutos no cronômetro iria marcar e água quente com o comprimido e marcou 15 segundo para se dissolver e com água gelada deu 1 minuto e 22 segundos para acabar e com água normal foi 22 segundos aí chegamos na conclusão (A17).

Enchemos o copinho com um pouco de água quente, quebramos o comprimido em várias partes pequenas depois colocamos no potinho ele se desfez em 31 segundos já com a água gelada demorou 1 minuto e 5 segundos (A28).

No processo experimental, a utilização do cronômetro se fez de suma importância para precisar tais informações. Outro instrumento bastante utilizado foi o termômetro, tendo em vista o acompanhamento da variação de temperatura da água (gelada, ambiente e quente), conforme se observa na Figura 2.

Figura 2: Obtendo os efeitos desejados - efervescência de comprimidos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Portanto, apresentar as ações realizadas na solução dos dois problemas outrora citados exigiu dos alunos a organização das informações, isso de forma individual e coletiva, em um cenário de desafios e descobertas, pois, ao atuarem em grupo, não contavam com roteiros experimentais, necessitando apenas segui-los, pelo contrário, recebeu-se um problema e, por meio da interação, das análises e do levantamento e da testagem de hipóteses, chegou-se à resolução.

Dito isto, Campos e Nigro (1999, p. 145) provocam para outras questões que devem ser observadas durante a resolução do problema experimental, uma vez que “[...] é importante que o professor estimule e valorize as indagações dos alunos”. Diante dessa perspectiva, buscou-se estimular as manifestações dos participantes, bem como valorizá-las durante toda investigação, na busca de que estes - os alunos - se percebessem protagonistas do processo educativo e pudessem caminhar para novas reflexões sobre as questões lançadas.

Fatores da Cinética Química

A presente categoria surge da tentativa dos alunos em explicar os fatores que influenciaram nas velocidades das reações químicas. Portanto, a cinética química é o tema principal da discussão que se segue e tem como objeto de estudo não só a velocidade e os fatores, mas também a análise de “como as substâncias interagem durante o processo reativo” (Cavalcante *et al.*, 2018, p. 179).

Inseridos em atividades experimentais, os estudantes puderam trabalhar e observar de que forma a concentração, a temperatura e a superfície de contato contribuíram na diminuição do tempo de ocorrência de cada experimento. Nesse sentido, Atkins e Jones (2012) destacam que as reações químicas acontecem em velocidades diferentes, cenário este que despertou a atenção dos participantes do 9º ano para com a prática investigativa.

A compreensão acerca do tema cinética química forneceu aos agentes do processo educativo ferramentas para estudarem a rapidez das reações, seja a nível macroscópico ou atômico (Atkins & Jones, 2012). Todavia, “um importante problema atual [...] é determinar de que modo as velocidades [...] dependem das concentrações das substâncias reagentes” (Martorano & Marcondes, 2014, p. 118).

Nesse contexto, o primeiro fator contemplado durante a vivência da SEI e percebido durante o enchimento das bexigas foi a concentração dos reagentes, conforme a transcrição dos registros escritos que se seguem:

O fato da quantidade de bicarbonato e vinagre, o bicarbonato tem que ser menos que o vinagre, caso coloque muito pode estourar a bexiga (A10).

Nós obtivemos esse resultado depois de nós organizar e prestar atenção [...], e vendo as quantidades (A13).

Conseguimos porque variamos as quantidades de bicarbonato e de vinagre em cada garrafa, e fizemos mais de uma tentativa (A27).

Nas colocações apresentadas, o termo quantidade foi empregado para explicar que quanto maior for a concentração dos reagentes envolvidos, menor será o tempo gasto para que estes sejam consumidos. Nesse contexto, A10, A13 e A27, assim como os demais envolvidos, partindo das atividades realizadas, concluíram que a velocidade estava condicionada a quantidades adequadas, ou seja, que proporções precisavam ser obedecidas para se atingir o coeficiente de solubilidade. Contudo, percebe-se uma dificuldade em ultrapassar os aspectos perceptivos, e isso “[...] faz com que os alunos muitas vezes não reconheçam o papel de reagentes e produtos não tão perceptíveis, como por exemplo os gases” (Mortimer & Miranda, 1995, p. 23). Os referidos autores acrescentam que é por meio da discussão dos dados levantados e “das hipóteses sobre conservação da massa que os alunos poderão, com o auxílio do professor, perceber o que de fato ocorre, explicando a verificação experimental de que a massa do sistema reagente varia de maneira diferente em cada caso” (Mortimer & Miranda, 1995, p. 25).

Por outro lado, Batista (2016, p. 43) explicita que a teoria das colisões possibilita entender a influência da concentração nas situações aqui focadas, tendo em vista “[...] “que um maior número de moléculas de um reagente ocasionará um maior número de colisões efetivas”. Tais questões chamaram a atenção das equipes durante a investigação e, por esse motivo, foram enfocadas nos registros apresentados.

O ensino por investigação, as discussões em sala e a leitura do texto complementar trabalhado ao final da SEI contribuíram para tomada de consciência e sistematização de ideias sobre conteúdos inerentes aos processos realizados. Esse cenário permitiu que termos como “energia cinética”, “choques”, “moléculas”, “produção”, “gás carbônico”, “ácido”, entre outros, fossem

sendo mobilizadas na linguagem científica apresentada (Quadro 3). Nesta senda, faz-se oportuno compreender que:

O estudo da cinética química, a partir dos programas de investigação científica, pode ajudar a caracterizar a ciência como uma construção humana que visa aumentar o conhecimento do homem sobre o mundo natural, ajudá-lo a resolver determinados problemas e também melhorar as suas condições de vida (Martorano & Marcondes, 2014, p. 128).

A análise dos dados possibilitou a organização dos registros escritos - pelos alunos - em função dos fatores da cinética química, os quais foram mobilizados na segunda prática experimental - efervescência de comprimidos antiácidos. Ao responderem como e porque conseguiram resolver o problema proposto, afirmam, conforme o Quadro 3, que o êxito se deve:

Quadro 3: Fatores da cinética química percebidos pelos alunos em suas produções escritas.

Transcrição dos registros escritos dos estudantes	Fatores percebidos
“Por conta da água quente com o comprimido triturado. [...] Quando coloca um comprimido em água quente, aumenta a energia cinética, aí as moléculas se separam mais rápido... mais rápido, por causa da energia. Por conta dos choques” (A05).	Temperatura e superfície de contato.
“Porque Quando utilizamos água quente e comprimido triturado foi mais rápido, isso foi por causa da temperatura, quantidade... Quanto mais energia mais choque, mais rápido é a reação” (A10).	Temperatura, superfície de contato, concentração.
“[...] fizemos o teste de quebrar o comprimido e colocar na água quente, mas antes disso tentamos o comprimido inteiro em todos os tipos de água. No caso foi a gelada, quente e natural. Olhamos também se a quantidade de água era o suficiente, a temperatura, até que deu certo [...] foi excelente e rápido a Reação”(A25).	Superfície de contato.
“Medimos o tanto de água, a quantidade do comprimido e a temperatura da água. Foi a água quente que agiu mais rápido, isso aconteceu porque as moléculas se chocaram e se separaram com o choque” (A28).	Concentração e temperatura.
“Nós conseguimos acelerar o processo com a água quente ela fez com que o choque fossem mais rápido e assim criando o gás carbônico” (A38).	Temperatura.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O fator mais aludido foi a temperatura. Em sua maioria, o público alvo destacou que o processo aconteceu em um menor tempo quando trabalhavam com a água em temperatura elevada (quente). De acordo com Batista (2016, p. 44), esse aumento representa “uma maior agitação das moléculas e maior energia, assim um maior número de moléculas atinge a energia necessária para ultrapassar a energia de ativação e conseguem reagir, ocasionando um aumento na velocidade da reação”.

Ao abordarem a temperatura como sendo um dos fatores que altera a velocidade, A05, A10 e A28 vão além em seus registros, uma vez que atentam para a relação existente entre o aumento da energia com o grau de agitação entre as moléculas. O referido aumento de temperatura garantiu a energia mínima necessária para a ocorrência das reações químicas – energia de ativação –, o que possibilitou a ocorrência de choques, estes efetivos e, conseqüentemente, a quebra, assim como a formação de novas ligações.

Além da concentração e da temperatura, outro fator identificado diz respeito à superfície de contato. Os alunos perceberam que quando se trabalhava com o comprimido inteiro, a reação demorava mais para se processar, mas quando se aumentava a área de atuação, através da sua trituração, o tempo reacional era menor, “pois aumentando a superfície de contato das espécies reagentes, maior será a frequência das colisões, fator que proporciona maior probabilidade de colisões efetivas por unidade de tempo, o que torna a reação mais rápida” (Batista, 2016, p. 44).

Sobre a atuação dos três fatores mobilizados pelos estudantes, e de como estes influenciam nas velocidades das reações químicas, Klinger & Bariccatti (2007), afirmam que:

*Quando variamos a **temperatura** dos reagentes a reação se processa com maior velocidade porque ocorre um aumento na vibração das moléculas provocando maior número de colisões. [...]. Outra variável é a **superfície de contato**, o aumento desta provoca um aumento da velocidade da reação, partículas com tamanho reduzido possuem uma velocidade de reação maior que partículas maiores pois sua área de contato com outras espécies químicas é aumentada (Costa, 2005) com a redução de seu volume. A velocidade também é afetada pela **concentração** dos reagentes, assim, o aumento deste aumenta o número de colisões, portanto, aumenta a velocidade das reações [...]* (Klinger & Bariccatti, 2007, p. 3-4, grifo nosso).

Por fim, é possível perceber um avanço na compreensão e no repertório discente, o que evidencia uma maior apropriação da linguagem científica, a partir de elementos da AC, para explicar comportamentos do mundo microscópico.

Considerações Finais

A presente pesquisa buscou analisar de que forma o ensino por investigação pode corroborar com a construção de conceitos básicos sobre cinética química e com o desenvolvimento de indicadores de alfabetização científica por alunos do 9º ano do ensino fundamental. Almejou-se, com isso, contribuir com a formação científica dos 39 participantes.

Nesse sentido, foi possível perceber que quando o aluno é inserido em situações de caráter investigativo - com atividades teóricas e práticas nas aulas de Ciências/Química -, atuando como protagonista, e seu meio é levado em consideração nas discussões promovidas no âmbito escolar, a aprendizagem é facilitada.

As concepções discentes em torno dos conteúdos transformações químicas e cinética química se mostraram, a princípio, não estruturadas. Contudo, os participantes já apresentavam certa compreensão sobre os fenômenos que, por sua vez, exigiram aprofundamento.

Dito isto, o ensino por investigação se mostrou pertinente à construção do conhecimento científico pelo público alvo, tendo por base a elaboração de conceitos básicos sobre cinética química a nível macroscópico e microscópico, representando, dessa forma, uma possibilidade viável para o ensino de Ciências.

Identificou-se, por meio das concepções apresentadas, a mobilização de fatores da cinética na resolução dos problemas propostos, de modo que a concentração, a superfície de contato e a temperatura passaram a se fazer presentes nos argumentos apresentados.

Ao trabalharem com conceitos básicos sobre o tema, os estudantes atuaram com o levantamento e a testagem de hipóteses; a organização de informações; a apresentação de explicações, assim como de justificativas. Estes, por sua vez, integram o rol dos indicadores de AC propostos por Sasseron e Carvalho (2008). Assim, a SEI contribuiu para que os envolvidos

pudessem atuar e argumentar, de forma crítica e consciente, sobre questões pertinentes ao ensino de Ciências/cinética química.

Diante do exposto, considera-se que a abordagem investigativa propiciou implicações importantes ao ensino de Ciências/Química, em especial quando se leva em consideração que esta possibilitou a compreensão dos fatores que alteram a velocidade das reações químicas, sendo os estudantes os principais protagonistas do processo, além de corroborar com o processo argumentativo e o desenvolvimento de alguns indicadores de AC pelo público alvo.

Referências

Atkins, Peter, & Jones, Loretta. (2012). *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Tradução técnica: Ricardo Bicca de Alencastro. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.

Ayres-Pereira, Terezinha I., Vaciloto, Naãma C. N., Paulino, Ana C. A., & Marcondes, Maria E. R. (2019). O cotidiano como contexto para o ensino de transformações químicas. *Indagatio Didactica*, 11(2), 585-602.

Bardin, Laurence. (2011). *Análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

Batista, Jhonnata S. (2016). *Contextualização, experimentação e aprendizagem significativa na melhoria do ensino de Cinética Química*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Brasil. (2019). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Dados do censo escolar: Noventa e cinco por cento das escolas de ensino médio têm acesso à internet, mas apenas 44% têm laboratório de ciências*. Recuperado em 28 outubro, 2019, de http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-censo-escolar-noventa-ecinco-por-cento-das-escolas-de-ensino-medio-tem-acesso-a-internet-mas-apenas44-tem-laboratorio-de-ciencias/21206.

Brasil. (2017). Ministério da Educação e Cultura. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Base Nacional Comum Curricular: versão final*. Recuperado em 25 junho, 2020, de <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>.

Brasil. (1998). Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Brasília: MEC/SEF.

Brasil. (2000). Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, Brasília: MEC/SEMT.

Brown, Theodore. L., Lemay, H. E., Bursten, Bruce B., Murphy, Catherine J., Woodward, Patrick M., & Stoltzfus, Matthew W. (2005). *Química: a ciência central*. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

Campos, Angela F., Silva, Samyr P., & Fernandes, Lucas S. (2019). *Concepções Alternativas de Estudantes do Ensino Médio Sobre Cinética Química*. Recuperado em 24 maio, 2022, de <http://abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0427-1.pdf>.

Campos, Maria C. C., & Nigro, Rogério G. (1999). *Didática de Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação*. São Paulo: FTD.

Carvalho, Anna M. P. (2011). Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas – (SEI). In: M. D. Longhini (Org.), *O uno e o diverso na educação* (pp. 253-266). Uberlândia: EDUFU.

- Marques, Amanda C. T. L., & Marandino, Martha (2019). Alfabetização científica e criança: análise de potencialidades de uma brinquedoteca. *Revista Ensaio*, 21(e.10562), 1-25.
- Martorano, Simone A. A., & Marcondes, Maria E. R. (2014). Investigando a abordagem do tema Cinética Química nos livros didáticos dirigidos ao Ensino Médio a partir das ideias de Imre Lakatos. *Acta Scientiae*, 16(1), 114-132.
- Moraes, Roque (1999). Análise de conteúdo. *Revista Educação*, 22(37), 7-32.
- Mori, Rafael C., & Curvelo, Antonio A. S. (2018). A Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP) e o Ensino por Investigação: Compromissos Teóricos e Esforços Práticos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 795-818.
- Mortimer, Eduardo F., & Miranda, Luciana C. (1995). Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, 1(2), 23-26.
- Sampieri, Roberto H., Collado, Carlos F., & Lucio, María P. B. (2013). *Metodologia de Pesquisa*. Porto Alegre: Penso.
- Sandonato, Nathália M., Tomé, Leandro L., Aurélio, A., Souza, C., Tamiasso-Martinhon, P., & Rocha, Ângela R. (2019). Avaliação de uma sequência didática para estudo das Leis dos Gases: uma conexão entre o ano internacional da ONU (2017) e o uso de balões a ar quente. *Scientia Naturalis*, 1(3), 129-142.
- Santos, Verônica G., & Galembeck, Eduardo. (2018). Sequência Didática com Enfoque Investigativo: Alterações Significativas na Elaboração de Hipóteses e Estruturação de Perguntas Realizadas por Alunos do Ensino Fundamental I. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 879-904.
- Santos, Wildson L. P. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, 12 (36), 474-550.
- Sasseron, Lúcia H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, 17(especial), 49-67.
- Sasseron, Lúcia H., & Carvalho, Anna. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77.
- Sasseron, Lúcia H., & Carvalho, Anna. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333-352.
- Soares, Magda (1998). *Letramento: um tema em três gêneros*. Belo Horizonte: Autêntica.
- Souza, Vitor F. M., & Sasseron, Lucia H. (2012). As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. *Ciência & Educação*, 18(3), 593-611.
- Silva, Grasielle R. (2013). História da Ciência e experimentação: perspectivas de uma abordagem para os anos iniciais do Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 6(1), 121-132.
- Silveira, Denise T., & Córdova, Fernanda P. (2009). A pesquisa científica. In: T. E. Gerhardt & T. D. Silveira (Orgs.). *Métodos de pesquisa* (pp. 31-42). Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Yin, Robert K. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.