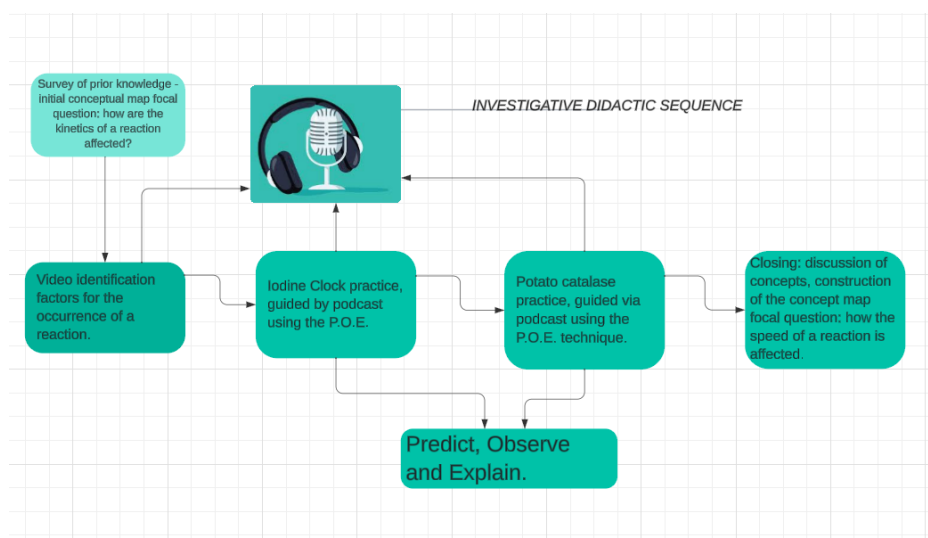


## GRAPHICAL ABSTRACT



## UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA UTILIZANDO A TÉCNICA PREDIZER OBSERVAR E EXPLICAR NA BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DE CINÉTICA QUÍMICA

### *AN INVESTIGATIVE DIDACTIC SEQUENCE USING THE TECHNIQUE PREDICT OBSERVE AND EXPLAIN IN THE SEARCH OF MEANINGFUL LEARNING CONCEPTS OF CHEMICAL KINETICS*

Águeda Cardoso de Aguiar <sup>1</sup>, Lara Colvero Rockenbach <sup>1</sup>, Daniele Trajano Raupp <sup>2</sup>, José Ribeiro Gregório <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91501-970 Porto Alegre – RS, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Química Orgânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91501-970, Porto Alegre – RS, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Química Inorgânica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91501-970, Porto Alegre – RS, Brasil

\* (quimicaagueda@gmail.com)

Artigo submetido em 31/10/2023, aceito em 11/02/2024 e publicado em 25/03/2024.

ORCID – Águeda de Aguiar: <https://orcid.org/0000-0003-0556-8159>

ORCID – Lara Rockenbach: <https://orcid.org/0000-0001-9842-049X>

ORCID – Daniele Raupp: <https://orcid.org/0000-0003-2314-5352>

ORCID – José Gregório: <https://orcid.org/0000-0002-0330-7652>

**Resumo:** Este artigo apresenta uma sequência didática desenvolvida no programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde se aplica um material didático potencialmente significativo, focado no ensino de Cinética Química. A Sequência Didática contextualizou práticas de baixo custo para sua execução, envolvendo a técnica Predizer, Observar e Explicar (P.O.E) com o recurso tecnológico *podcast* como meio orientador das práticas. O público participante foram duas turmas do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública de Porto Alegre. A análise de dados realizou-se por meio da coleta de questionários e mapas conceituais iniciais e finais. Os resultados indicam uma ampliação na estrutura cognitiva dos alunos que foram capazes de delinear os conceitos-chave da matéria de ensino a partir de vídeo instrucional, os quais puderam ser aprofundados a partir das práticas experimentais. O sucesso da proposta fica claro com a construção dos dois mapas conceituais propostos: um anterior à realização das atividades e outro posterior, demonstrando apropriação do conhecimento por parte dos alunos. A técnica P.O.E, aliada às atividades experimentais situa o aluno como sujeito ativo no processo de aprendizagem, bem como mobiliza a disposição para aprender.

**Palavras-chave:** produto educacional; cinética química; aprendizagem significativa; sequência didática.

**Abstract:** This article presents a didactic sequence developed at PROFQUI, the National Network Professional Master program at the Federal University of Rio Grande do Sul, where potentially significant teaching material is applied, focused on the teaching of Chemical Kinetics. The Didactic Sequence contextualized low-cost practices for its execution, involving the Predict, Observe and Explain technique with the technological resource *podcast* as a means of guiding the practices. The participating public were two second-year high school classes from a public school in Porto Alegre. Data analysis was carried out through the collection of initial and final questionnaires and conceptual maps. The results indicate an expansion in the students' cognitive structure of which were able to outline the key concepts of the teaching subject using instructional video, which could be deepened through experimental practices. The success of this proposal remains clear with the construction of the two proposed conceptual maps: one prior of the realization of the activities e other after, showing the appropriation of the knowledge by the students. The P.O.E technique, combined with experimental activities, places the student as an active subject in the learning process, as well as mobilizing the willingness to learn.

**Keywords:** educational product; chemical kinetics; meaningful learning; didactic sequence.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção de um produto educacional permite analisar a realidade em que o pesquisador e professor está inserido, identificando um problema e partindo do mesmo. No contexto inserido da escola pública, muitos desafios são encontrados ao ensinar conceitos de físico-química, em especial Cinética Química. Segundo a literatura, os desafios enfrentados na aprendizagem da Cinética Química estão relacionados com o fato de esse conteúdo ser considerado pelos alunos altamente quantitativo e demandar o uso de múltiplas representações matemáticas. Os aspectos relativos à Cinética Química têm o poder de fornecer informações sobre a natureza das reações e dos processos químicos, já que vinculam fenômenos observáveis a aspectos teóricos da Química que são modelados matematicamente Çakmakci *et al.* (2006). É uma área da química que pode ser abordada com o uso dos níveis representacionais macroscópico, microscópico e simbólico de acordo com Johnstone (1982); Taber (2013).

A compreensão de conceitos químicos atrelados aos conhecimentos já estabelecidos na nossa estrutura cognitiva como, por exemplo, a conservação de alimentos, a utilização de experimentos e métodos científicos de observação ao fenômeno traz para o processo de ensino e aprendizagem um novo viés, saindo do tratamento matemático, de aplicação de fórmulas sem contexto e aplicação real. É necessário o entendimento integrado de muitos conceitos fundamentais, como por exemplo, o da natureza particular da matéria e o caráter interativo e dinâmico das reações químicas para a compreensão dos fenômenos cinéticos para a compreensão total do processo segundo Justi (1999). A partir dos questionamentos iniciais, o problema de pesquisa surgiu através da percepção da grande dificuldade dos alunos em compreender conteúdos de físico-química trabalhados no segundo ano, como Cinética Química. Neste trabalho, a

problemática elaborada para o desenvolvimento do produto educacional foi: como desenvolver um produto educacional potencialmente significativo que contribua para a aprendizagem de cinética química por meio de uma abordagem experimental.

Por meio da análise da problemática, o produto educacional torna-se uma ferramenta de como relacionar os conceitos cinéticos de forma potencialmente significativa, associando-os por meio experimental e utilizando como recurso tecnológico o *podcast*.

A Cinética Química está presente em nosso cotidiano, possibilitando que conhecimentos prévios sejam relacionados durante a construção da sequência didática proposta. A estruturação das atividades didáticas partindo dos conhecimentos prévios é uma importante estratégia adotada pela Teoria de Aprendizagem Significativa, que foi o referencial teórico adotado. O trabalho apresentado nesse manuscrito apresenta abordagem qualitativa do tipo estudo de caso.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreender o entrelace das temáticas apresenta-se uma breve explicação sobre a Cinética Química, o tempo como variável dentro de um processo químico, a cinética como campo experimental, seguindo da abordagem do conceito de Aprendizagem Significativa. Na sequência apresenta-se a proposta da técnica Predizer, Observar e Explicar a partir de uma abordagem investigativa e experimental do conteúdo de cinética utilizando a ferramenta tecnológica *podcast* para orientar os procedimentos experimentais.

### 2.1 A CINÉTICA QUÍMICA

A Cinética Química estuda as velocidades das reações de forma quantitativa, bem como os fatores que a

influenciam e a variação da composição reacional com o passar do tempo. A primeira reação cujo comportamento cinético foi quantitativamente analisado, segundo Zewail (1990), foi a reação de inversão da sacarose (hidrólise em D-(+)-glicose e D-(-)-frutose na presença de ácido), por Wilhelmy em 1850.

Existem características nas reações químicas entre reagentes transformando-se em produtos que são consideráveis no estudo da cinética. Foi observado que reações entre íons geralmente ocorrem mais rapidamente, devido a sua interação eletrostática não direcional, pois quando os íons de carga oposta se aproximam eles são capazes de se atrair e reagir entre si sem qualquer orientação prévia (Slabaugh; Parsons, 1977). As moléculas reagem mais lentamente, devido à necessidade de rompimento de pelo menos uma ligação covalente, necessitando de energia para isso, e as colisões que ocorrem entre as espécies devem se dar de forma orientada.

Uma reação pode ser considerada espontânea levando em conta os aspectos termodinâmicos, mas para isso deve-se considerar também o intervalo de tempo na qual a mesma ocorre, e para determinar o quão rápido ou não esta reação ocorre, precisamos dos princípios da Cinética Química.

Podemos analisar uma reação através dos modelos da Teoria das Colisões, onde as moléculas devem colidir para reagir. Quanto maior o número de colisões num mesmo espaço de tempo, maior será a velocidade da reação. Entretanto, as colisões devem ocorrer de certa maneira, ou seja, com certa orientação, para que a reação proceda. As colisões devem causar a quebra das ligações existentes e a formação de novas, outro conceito importante ao abordarmos a Cinética Química. Numa reação química os produtos são formados e tendem a reagir entre si, voltando a formar os reagentes: quando em equilíbrio, a velocidade global é nula, ou seja, a velocidade da reação no sentido direto e no

sentido inverso é a mesma. Muito antes de atingir o equilíbrio, a reação no sentido direto é predominante, sendo tão mais predominante quando mais próxima do início ela estiver, uma vez que a quantidade de produtos que eventualmente poderiam reagir entre si nesse momento é quase nula. Pode-se então considerar que a reação está ocorrendo somente no sentido direto. No que se refere à velocidade de uma reação, pode-se falar em velocidade média e em velocidade instantânea (Atkins *et al.*, 2018). Outros conceitos de Cinética Química também são relevantes como ordens de reação, mas não abordaremos especificamente neste artigo.

Abordados bastante em nível de Ensino Médio, outros fatores que afetam a cinética de uma reação, além da concentração dos reagentes, podem interferir na velocidade de uma reação química. Um deles é a temperatura, uma vez que a constante de velocidade de uma reação aumenta com a temperatura. Arrhenius propôs, de maneira empírica, uma relação entre a constante de velocidade e a temperatura:

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

O termo  $A$  é chamado de fator de colisão, fator de choque ou fator pré-exponencial, e  $E_a$  é a Energia de Ativação. Ambos os termos são chamados de parâmetros de Arrhenius, têm seus valores determinados experimentalmente e são praticamente independentes da temperatura. Uma reação termodinamicamente espontânea pode não ocorrer, pois, possuindo uma energia de ativação alta, tem uma velocidade baixa.

Um catalisador, outro fator importante a ser considerado na Cinética Química, é uma substância que altera a velocidade de uma reação, sofrendo transformações durante o processo que, ao final da reação o regeneram, participando então efetivamente da reação, contrariamente ao que muitas vezes é

ensinado. Em muitos casos, uma pequena quantidade de catalisador já é suficiente, pois ele age repetidas vezes (uma vez que ele é regenerado, pode proporcionar diversos ciclos catalíticos).

Desta forma, com os aspectos aqui relacionados podemos compreender os fatores essenciais que influenciam na velocidade da reação, relacionando os diversos fatores envolvidos. Podemos notar a complexidades dos conceitos de Cinética Química e a necessidade de uma abordagem diferenciada para aproximar esse conteúdo da realidade dos alunos da educação básica. Considerando-se isso, a teoria de David Ausubel (1980) da Aprendizagem Significativa nos permite utilizar os conhecimentos prévios dos educandos, estabelecendo novas conexões de conceitos e ressignificando as já estabelecidas.

## 2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A construção da aprendizagem significativa está atrelada às conexões dos conhecimentos prévios, também chamados de subsunçores, dos alunos aos novos conceitos que lhe serão apresentados de maneira não literal e não obrigatória (arbitrária). Caso essa fosse obrigatória e puramente literal, estaria mais associada a uma aprendizagem mecânica ou memorística do que significativa. Segundo Masini (2016), a Teoria de Aprendizagem Significativa foi divulgada em 1976 e recebeu da Associação Americana de Psicologia o Prêmio Thorndike pelas ilustres contribuições psicológicas à Educação. A Teoria da Aprendizagem Significativa está voltada para como ocorre a aprendizagem de *corpus* organizados e de conhecimentos que caracterizam a aprendizagem cognitiva em contexto escolar.

Ao encontro da construção de conhecimento significativo estão as formas de diversificar no ensino, e uma delas é a experimentação. Segundo Guimarães (2009), a experimentação pode ser uma

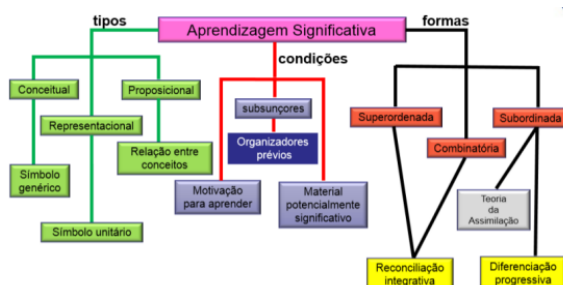
estratégia eficiente para criação de problemas reais que permitem a contextualização e o estímulo de questionamentos e investigações. É possível compreender que esta metodologia experimental investigativa vai além de ter como consequência a abordagem de conceitos, mas também a contextualização do universo em que o aluno está inserido, permitindo ao mesmo fazer novas conexões com o seu cotidiano e com outras disciplinas, entendendo o seu processo de aprendizagem e evolução como único. A teoria de aprendizagem significativa de acordo com Pelizzari *et al.* (2001) propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que possam utilizar estruturas mentais como meio, podendo ser expressas por mapas conceituais que permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos. É notável a importância da inserção da realidade do aluno no seu processo de aprendizagem. Quando desenvolvemos novos conceitos, há uma mudança na estrutura de conhecimento e há uma nova forma de significar o conteúdo que lhe foi apresentado por meio deste conhecimento prévio de forma que o material potencialmente significativo provoque uma mudança cognitiva de como o aluno responde à apresentação por meio da conexão com seus conhecimentos prévios de forma inicial e subsequente.

Segundo Ausubel (2003), a distinção entre a aprendizagem significativa e a mecânica não deve ser confundida com aprendizagem por descoberta e por percepção. Ambas podem ser significativas, desde que se relacionem com conhecimentos prévios. Aqui é necessário encontrar indícios destes conhecimentos prévios, o que é um processo complexo de conhecimento do aluno. Torna-se necessário desenvolver e aplicar momentos que permitam ao professor fazer o levantamento destes dados. Assim, vai-se ao encontro do uso da experimentação com a teoria da aprendizagem significativa, na qual é possível propor práticas para a solução de problemas que sejam reais,

estando os educandos motivados a solucioná-los.

Existem formas de aprendizagem significativas e sua classificação se dá dentro do desenvolvimento que está atrelado com a forma que o novo conhecimento ou informação se conecta aos conhecimentos prévios. Os tipos e as formas da aprendizagem significativa e suas conexões podem ser observados na figura 1, facilitando diferenciá-la da construção de conhecimento mecânico. A aprendizagem pode ser subordinada quando o conhecimento adquirido se posiciona hierarquicamente a seguir ao conhecimento prévio, organizados entre si. A aprendizagem superordenada é mais geral e inclusiva. Segundo Brum e Schuhmacher (2015), ela ocorre quando há um conceito ou proposição mais geral do que algumas ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz. Ela é adquirida e passa a ser assimilada, condicionando o surgimento de várias ideias, organizando o raciocínio indutivamente e envolvendo a síntese de ideias compostas. A aprendizagem pode ser também combinatória, que é quando novas ideias não têm relação subordinada ou superordenada com os conhecimentos prévios, mas se encontram no mesmo nível, de forma nem mais específica nem mais inclusiva (Ausubel *et al.*, 1980).

Figura 1 – Estrutura tipos, condições e formas de aprendizagem significativas.



Fonte: Brum e Schuhmacher (2015).

Mapas conceituais são utilizados como um método auxiliar para captar o significado de um conteúdo ou material, cuja representação de conjunto de

significados conceituados é construída a partir de uma estrutura esquemática, na qual conceitos são organizados por meio de relações estabelecidas com termos de ligação. O termo de ligação explica a conexão entre os dois conceitos, expressando visualmente um conjunto de proposições sobre um determinado assunto. Mapas Conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa. Segundo Novak e Canas (2010), os mapas conceituais podem ser utilizados como uma pré-avaliação, sobre o que o aluno pode desenvolver e as fontes que usará para esse desenvolvimento. Os mapas conceituais ainda podem ser utilizados como ferramentas para determinar o nível de conhecimento que os alunos têm sobre determinado assunto a ser estudado, antes do mesmo ser introduzido. Durante o desenvolvimento da atividade didática os mapas conceituais desenvolvidos pelos educandos vão sendo ampliados e aprimorados, apresentando modelos mais complexos da compreensão dos conceitos.

Estes novos significados e compreensões do conhecimento podem ser percebidos a partir da evolução dos mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos. Para auxiliar o aluno a desenvolver o mapa conceitual, vários estudos demonstram que guiá-lo por meio de uma pergunta focal se mostra eficiente e também induz ao tipo de mapa conceitual que o aluno irá desenvolver. Por exemplo, uma pergunta do tipo “o que são” induz a um mapa mais informativo e classificatório. É necessário pensar na pergunta de modo que a resposta auxilie o aluno a construir o mapa conceitual (Novak; Canas, 2010).

A técnica Predizer, observar e Explicar utiliza os conhecimentos prévios na etapa Predizer, fazendo conexões com esses subsunçores nas etapas seguintes: Observar e Explicar.

### 2.3 TÉCNICA PREDIZER, EXPLICAR, OBSERVAR (P.O.E.)

A estratégia de ensino denominado Predizer, Observar e Explicar (P.O.E.) é apresentada como uma abordagem que envolve desde simulação computacional até práticas experimentais. O objetivo principal dessa metodologia é promover um ambiente coletivo e investigativo no qual, por meio da observação e do debate amplo, os alunos são estimulados a assumirem uma postura crítica. Essa abordagem pode ser realizada com grupos de alunos ou individualmente e, além de servir como um ótimo método de ensino, também pode ser utilizado como método de avaliação, uma vez que fornece ao professor informações sobre o processo de pensamento dos alunos e como os alunos os organizam.

A estratégia consiste em três etapas (como está subentendido no próprio nome), segundo as quais, no primeiro momento, o aluno deve predizer o que ocorrerá, por exemplo, em uma prática ou simulação por meio da orientação ou narração do professor; depois, observar o fenômeno como forma de investigação e anotando os fatos e, por último, comparar o previsto com o observado, constatar as diferenças e explicar o fenômeno, construindo o conhecimento. Além de desenvolver conhecimentos significativos e tornar o aluno como protagonista e investigador, a técnica P.O.E. desenvolve outras habilidades, como desenvolvimento de comunicação e linguística, melhorando a forma de expressão escrita e verbal. Cada uma das etapas desenvolve habilidades diferentes. Segundo Cinici, Sozbilir e Demir (2011), a técnica P.O.E. é usada, principalmente, para fazer emergir as opiniões dos alunos sobre fenômenos e favorecer a discussão, a comunicação e a avaliação das ideias iniciais sobre um dado conceito.

Espera-se que, ao aplicar esta técnica, exista discrepância entre o previsto e o observado, provocando o chamado conflito cognitivo, permitindo a flexibilização dos conhecimentos prévios. Estudos mostram que as ideias concebidas

muitas vezes não se mostram resilientes, os chamados conceitos âncora, cabendo ao professor como mediador apresentar analogias como pontes, resgatando os conceitos âncora de forma correta. Segundo Cid e Sasaki (2018), a metodologia de ensino deve promover que o próprio aprendiz possa estabelecer novas associações e questionar as suas concepções prévias. Outro ponto a considerar é que as analogias têm o potencial de otimizar o chamado efeito dual do conflito cognitivo (Vosniadou, 2008). Se por um lado o conflito cognitivo provoca um desequilíbrio nas concepções prévias, por outro também pode despertar um conjunto de vínculos que servem para guiar o aprendiz a uma modificação de seus modelos.

A técnica P.O.E. mostra-se então muito adaptável dentro de diferentes propostas, dentre elas a experimentação por investigação fazendo uso dos subsunçores e indo ao encontro da aprendizagem significativa. Tais recursos causam um conflito cognitivo ao se observar e buscar comparar com os conceitos já ancorados, na busca por uma solução, dando viés de autonomia e maior envolvimento dos alunos em todo o processo. A utilização da técnica P.O.E., considerando os princípios da aprendizagem significativa, possibilita um ambiente de construção de aprendizagem potencialmente significativa, onde novos conceitos são estruturados a partir dos já existentes e ainda os já existentes tomam novos significados dentro do conceito científico desenvolvido.

#### 2.4 *PODCAST* COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM

A proposta do uso do *podcast* vem da observação do que ocorre muitas vezes na realização de aulas experimentais quando os alunos não possuem o roteiro da prática proposta para o seu desenvolvimento, ou ainda não realizaram a leitura prévia do material. O *podcast* tem como objetivo apresentar-se como ferramenta orientadora detalhada para a

aula experimental, e já está inserido na realidade de muitos alunos na faixa etária do ensino médio. Isso poderá facilitar o processo de conhecimento da prática investigativa e torná-lo mais dinâmico.

A ideia é facilitar o conhecimento prévio da prática e do problema a ser resolvido e serve para instigar o aluno e provocar o seu interesse de modo que ele busque, dentro dos seus conhecimentos prévios, algumas formas de como poderia solucionar o problema da prática em questão. Segundo Demo (2016), o uso de *podcasts* implica na utilização da mídia não apenas como recurso midiático produzido pelo professor e sim como recurso capaz de instigar os alunos a serem autores das suas próprias produções.

O *podcast* como ferramenta desta sequência didática pode ser utilizado de forma prévia pelo aluno e durante a própria realização do experimento.

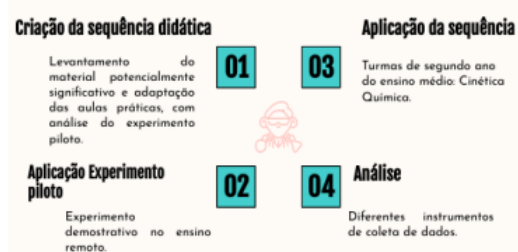
Como ferramenta didática geral, pode-se propor a produção de *podcasts* como uma via de mão dupla: orientação da prática e instigação do problema realizada por parte do professor e solução do problema e análise por pesquisa guiada feita pelo aluno. Assim, seria possível a construção de um material complementar didático de contexto educacional potencializado, de forma que sujeitos se tornam críticos e laboriosos nesse processo. Logo, o *podcast* faz parte do contexto de uma metodologia ativa sendo utilizado como um recurso.

### 3 PROCESSOS METODOLÓGICOS/MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa de mestrado, desenvolvida no programa PROFQUI – UFRGS possui o aporte teórico para a produção e avaliação de um produto educacional, incluindo conceitos de química e educação para o seu desenvolvimento dentro da classificação de estudo de caso, considerando os aspectos

sociais, a fim de aprofundar o conhecimento e oferecer subsídios para a investigação, e está estruturada em quatro etapas conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2 – Estrutura das etapas da pesquisa.



Fonte: autores (2024).

Com o objetivo de colaborar com o ensino dos tópicos relacionados à Cinética Química, aplicou-se uma sequência didática. Para alcançar esse objetivo, a sequência foi estruturada em cinco aulas, pensando em sua aplicabilidade no Ensino Médio, sendo todas interligadas e contextualizadas no desenvolvimento, culminando na avaliação individual dos alunos e na contribuição do grande grupo em discussões dos conceitos.

### 3.1 CARACTERIZAÇÕES DA AMOSTRAGEM

Esta sequência didática foi aplicada em uma escola estadual que se situa na região norte de Porto Alegre, RS. A aplicação da sequência didática ocorreu em duas turmas regulares de segundo ano, com 31 alunos matriculados em cada turma, chamados aqui de turmas A e B, respectivamente. Tratam-se das duas turmas de segundo ano das quais a pesquisadora é regente.

A escola, que costuma atender no total em torno de 600 alunos durante o ano letivo, foi fundada em 1966 e em sua infraestrutura conta com onze salas de aula, uma biblioteca, dois banheiros, uma quadra de esporte, uma sala de professores e uma sala de coordenação, além do ambiente administrativo; porém não dispõe de laboratório de ciências.



Devido à situação pandêmica da Covid-19, o número de alunos participantes foi muito diferente do de matriculados. Na turma B, por exemplo, a participação foi de no máximo 10 alunos, enquanto na turma A chegou a no máximo 18. A sequência didática foi desenvolvida no salão da escola, com o devido distanciamento social, com períodos reduzidos de uma hora para 30 minutos.

### 3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos de coleta de dados utilizados ao longo da aplicação da sequência didática e analisados, buscando evidências de aprendizagem significativa foram os que seguem:

a) Mapa Conceitual Inicial a partir da seguinte pergunta focal: "Como a velocidade de uma reação é afetada?"

Aqui se apresentou aos alunos os elementos fundamentais dos mapas conceituais, exemplificou-se e estruturou-se um mapa conceitual com a pergunta focal: quais os aspectos positivos e negativos das aulas na pandemia? Este mapa foi realizado em grande grupo. Após exploração dos conceitos de mapa conceitual e exemplificação, cada aluno construiu um mapa conceitual individual com a pergunta focal: como a velocidade de uma reação é afetada?

b) Roteiro do vídeo sobre condições fundamentais para a reação ocorrer.

Neste roteiro o aluno foi orientado a assistir o vídeo de duração de seis minutos, e anotar o que mais chamou sua atenção. Foi solicitado ao aluno também escolher três a cinco palavras-chave que representassem o conteúdo apresentado.

c) Questionário Investigativo sobre a aula prática do Relógio de Iodo

Foram colocadas para os alunos diferentes questões para serem investigadas durante a execução da aula prática: Quais

fatores cinéticos você identificou? Qual é o fator determinante para identificarmos que a reação cessou? Qual a relação da mudança de cor com a reação realizada?

d) Aplicação da técnica P.O.E. na prática da reação do Sonrisal diluído em água

Embasado na técnica P.O.E., foi solicitado que os alunos previssem o que iria ocorrer quando os comprimidos efervescentes reagissem diferentes temperaturas de água (1 = temperatura ambiente, 2 = quente, 3 = gelada) e ao reagir com água na temperatura ambiente após ter sido triturado, sendo os volumes de água sempre os mesmos). Foi solicitado que os alunos previssem qual reação seria mais rápida e qual seria mais lenta.

Para que o aluno ordenasse do mais rápido (1) ao mais lento (4) segundo a sua previsão, foi disponibilizado a seguinte esquema:

( ) ½ comprimido com água gelada

( ) ½ comprimido com água quente

( ) ½ comprimido com água a temperatura ambiente

( ) ½ comprimido triturado (em pó) com água a temperatura ambiente.

Na etapa *Observar*, durante a realização da prática ouvindo o *podcast* para saber o passo a passo, foi solicitado aos alunos que anotassem os fatores envolvidos na transformação do reagente em produto e as reações que foram mais rápidas e mais lentas.

Dentro da observação, os alunos cronometraram e ordenaram o tempo de cada reação através do seguinte esquema:

( ) ½ comprimido com água gelada

( ) ½ comprimido com água quente

( ) ½ comprimido com água temperatura ambiente

( ) ½ comprimido triturado (em pó) com água à temperatura ambiente.

Na etapa *Explicar*, após a aula prática, os alunos responderam se o que eles sabiam

coincidira com as observações da prática realizada e, caso contrário, que explicassem o que havia ocorrido de maneira diferente.

e) Aplicação da técnica P.O.E. sobre na prática bicarbonato de sódio em solução com vinagre.

Foi solicitado que os alunos previssem o que iria ocorrer quando reagíssemos com o vinagre (de concentração fixa) soluções de diferentes concentrações de bicarbonato de sódio. Foi solicitado que os alunos comparassem o previsto com o observado e explicassem as diferenças.

f) Questionário P.O.E. sobre a prática da reação catalase da batata

Foi solicitado que os alunos previssem por meio dos seus conhecimentos anteriores o que iria acontecer nas reações (se ocorreriam ou não e se seriam rápidas ou não) nas seguintes condições, levando em conta a presença da catalase na batata, que reage com o peróxido de hidrogênio, sabendo que em alguns casos havia a presença de outros reagentes e também o conteúdo e as condições de cada copo:

Copo 1: Água a temperatura ambiente + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 2: Água quente + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 3: Vinagre + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 4: hidróxido de sódio + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 5: sulfato de cobre+ batata + peróxido de hidrogênio

Acompanhando a orientação via *podcast* foi solicitado que os alunos realizassem a prática passo a passo, e anotassem suas observações sobre o ocorrido, para cada copo dentro de diferentes intervalos de tempo: 20 segundos, 5 minutos e 30 minutos.

Após a realização da prática os alunos deveriam responder se o que eles sabiam coincidia com as observações da prática

realizada e, caso contrário, como explicar o que ocorreu de maneira diferente.

g) Mapa Conceitual final, tendo a seguinte pergunta focal: "Como a velocidade de uma reação é afetada?"

No instrumento de coleta de dados final, foi solicitado aos alunos que levassem em conta toda a aprendizagem e experiência vivida na sequência didática e construíssem um novo mapa conceitual com a mesma pergunta focal do mapa conceitual inicial.

Os questionários coletaram opiniões, conceitos e valores. Dependendo da forma que for organizado, permitirá ao pesquisador traçar o perfil daquele que é analisado. Como os questionários desta sequência didática focaram em aulas específicas usando vídeo ou aulas experimentais com a técnica P.O.E. as perguntas utilizadas em sua maioria foram abertas, para ir ao encontro do objetivo da pesquisa.

### 3.3 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Tendo em vista os desafios apresentados, propõe-se uma sequência didática sobre Cinética Química integrada com práticas investigativas orientadas pela técnica Predizer, Observar e Explicar, tendo como aparato tecnológico *podcasts* e um vídeo de prática demonstrativa. A sequência didática proporciona trabalhar um conteúdo ou temática por meio de um planejamento articulado para alcançar os objetivos desejados.

Devendo estar inserido neste contexto, o planejamento, a aplicação e a avaliação, segundo Zabala (1998), possibilitam um aperfeiçoamento das atividades de ensino. Também estão envolvidos as articulações e o uso de metodologias alternativas, integrando a avaliação como método de análise do que foi construído e possíveis reestruturações da sequência proposta, considerando todas as interações e construções de conhecimento.

Segundo Araújo (2003), “o modelo de sequência didática está associado às pesquisas sobre a aquisição da língua escrita através de um trabalho sistemático com gêneros textuais desenvolvido pelo grupo de Genebra” A sequência didática apresentada a seguir é estruturada em cinco aulas com objetivos, etapas, estratégias e recursos descritos e organizados, a fim de alcançar o objetivo geral desta pesquisa, sendo uma aula de fechamento e integração dos conhecimentos. A sequência didática foi aplicada no último trimestre vigente do ano de 2021, de forma presencial.

Quadro 1- Estrutura da sequência didática.

<b>Aula 01</b>	
Objetivos	O aluno irá reconhecer no seu dia a dia situações que possa relacionar com o conteúdo de Cinética Química. Compreender o conceito de mapa conceitual e como construí-lo.
Etapas	Apresentação da proposta, conhecendo mapas conceituais.
Estratégias	Apresentação de roteiro para a construção de um mapa conceitual com exemplos. Mapa Conceitual com a pergunta focal: como a cinética de uma reação é afetada? Levantamento dos conhecimentos prévios.
Recursos	Folha de papel e hidrocores para a construção de um mapa conceitual.
<b>Aula 02</b>	
Objetivos	O aluno irá definir como os fatos apresentados se relacionam com a ocorrência e cinética de uma reação; Descrever o fenômeno assistido em vídeo e explicar por meio do roteiro apresentado e de seus conhecimentos; Comparar e identificar os possíveis equívocos dentro das suas observações, explicando os conceitos de Cinética Química desta segunda etapa por meio da base teórica e dos conhecimentos construídos juntamente com o professor.

Etapas	Apresentação da “situação” teoria das colisões e energia de ativação por meio de um vídeo. Etapa de ensino 01: Teoria das colisões, energia de ativação, velocidade instantânea e velocidade média.
Estratégias	Discussão e interpretação dos resultados do roteiro e as anotações realizadas pelos alunos, aula expositiva contextualizando a prática e a discussão dos resultados.
Recursos	Roteiro impresso, sala de vídeo da escola. Recursos Tecnológicos: vídeo disponível em <a href="https://www.youtube.com/watch?v=FwCsAzpUgT4&amp;t=33s">https://www.youtube.com/watch?v=FwCsAzpUgT4&amp;t=33s</a> .
<b>Aula 03</b>	
Objetivos	O aluno irá definir como os fatos apresentados se relacionam com a ocorrência e cinética de uma reação. Observar o fenômeno experimental e explicar por meio dos seus conhecimentos. Comparar e identificar os possíveis equívocos dentro do processo de prever e observar construindo conhecimentos nesse de ensino, explicando os conceitos de Cinética Química desta segunda etapa por meio da base teórica e dos conhecimentos construídos.
Etapas	Prática relógio de iodo (reação de Landolt). Etapa de ensino 02: evidenciando a ocorrência de uma reação, como as reações ocorrem, condição indispensável, teoria das colisões, energia de ativação (contextualização processos endotérmicos e exotérmicos).
Estratégias	Ficha de investigações sobre os fenômenos cinéticos que ocorrem na parte experimental. Na observação dos processos, a parte experimental será orientada via <i>podcast</i> . Discussão e interpretação dos resultados da ficha e das conclusões dos alunos, aula expositiva contextualizando a prática e a discussão dos resultados.
Recursos	Material para a realização do experimento e modo de preparo:

	<p>Solução C: dissolva meio tablete efervescente de vitamina C (aproximadamente 0,5 g) em 200 mL de água. Adicione meio frasco (50 mL) de xarope de iodeto de potássio, 100 mL de vinagre e 50 mL de suspensão de amido. Complete com água até o volume de 500 mL. A concentração de vitamina C nessa solução será aproximadamente de 0,006 mol L<sup>-1</sup>.</p> <p>Solução D (é a própria água oxigenada): Na água oxigenada a 10 volumes (3%), a concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é aproximadamente 0,89 mol. L<sup>-1</sup>, que é adequada para esse experimento, podendo ser utilizada sem diluição.</p> <p>Orientação da prática via <i>podcast</i>.</p>
<b>Aula 04</b>	
Objetivos	<p>O aluno irá definir como os fatos apresentados se relacionam com os efeitos sobre a cinética de uma reação já aprendidos na aula anterior e com catalisadores (novo conteúdo).</p> <p>Descrever o fenômeno experimental e explicar por meio dos seus conhecimentos.</p> <p>Comparar e identificar os possíveis equívocos dentro do processo de prever e observar construindo conhecimentos nesse processo, explicando os conceitos de Cinética Química desta quarta etapa por meio da base teórica e dos conhecimentos construídos.</p>
Etapas	Prática ação da enzima (catalase) da batata com peróxido de hidrogênio. Estudo da influência dos catalisadores e da concentração na velocidade da reação química.
Estratégias	<p>Ficha de interpretação por meio do Predizer, Observar e Explicar para fins de investigação da prática da catalase.</p> <p>Na observação ambos os processos serão orientados via <i>podcast</i>.</p> <p>Discussão e interpretação dos resultados das fichas e das conclusões dos alunos com a aula anterior.</p> <p>Aula expositiva sobre catalisadores.</p>
Recursos	<p>Materiais para a realização da prática:</p> <p>Solução 0,1 mol L<sup>-1</sup> de hidróxido de sódio, vinagre, solução de sulfato de cobre 0,2 mol L<sup>-1</sup>, água fervida, batata inglesa fresca e crua (deve ser cortada e</p>

	<p>picada na hora da prática), peróxido de hidrogênio (água oxigenada) comercial 10 volumes, seringas graduadas de 5 mL, provetas de 25 mL ou mais (podem ser substituídas por copos graduados), copos e luvas descartáveis.</p> <p>Orientação da prática via <i>podcast</i></p>
<b>Aula 05 - fechamento</b>	
Objetivos	O aluno analisa e evidencia os principais conceitos de Cinética Química apresentando usando dados e conhecimentos para resolver situações envolvendo a Cinética Química.
Etapas	Aula integradora final, discussão dos resultados e avaliação.
Estratégias	Trocas sobre a sequência. Construção de um novo mapa conceitual com a mesma pergunta focal inicial: como a cinética de uma reação é afetada?
Recursos	Papel e canetas coloridas para a construção do mapa conceitual.

Fonte: autores (2024).

### 3.4 ANÁLISES DOS DADOS

A pesquisa de mestrado desenvolvida envolveu aporte teórico para a produção e avaliação de um produto educacional, incluindo conceitos de química e educação para o seu desenvolvimento dentro da classificação de estudo de caso, considerando os aspectos sociais, a fim de aprofundar o conhecimento e oferecer subsídios para a investigação.

O anonimato dos alunos foi mantido e identificamos, por meio de números e com a letra A, os alunos que pertenciam à turma 204 e B para aqueles que pertenciam à turma 205. Os resultados dessa pesquisa serão apresentados conforme as aulas da sequência didática.

O método de análise dos dados foi a análise de conteúdo de Bardin. Dentro do contexto qualitativo sobre o estudo de caso, houve a criação de categorias e subcategorias de acordo com a análise dos instrumentos de dados. A regra de

enumeração e alocação das categorias foi de acordo com a frequência de aparição, pois segundo Bardin (2016), a importância de uma unidade de registro aumenta com a

Segundo Rockenbach *et al.* (2020), a alocação em cada categoria é justificada pela interpretação e inferência dos significados apresentados pelos alunos em cada etapa da sequência didática por meio de suas descrições e categorizações apresentadas nos instrumentos. No tratamento das informações coletadas buscou-se analisar os resultados de forma integral e objetiva. Quanto ao material que foi analisado e explorado, foram definidas unidades de contexto, que, segundo Bardin (2016), nos permitem compreender o significado dos itens obtidos através da análise categorial.

Os mapas conceituais foram analisados por comparação, onde três alunos e seus respectivos mapas conceituais iniciais e finais foram selecionados e analisados no produto educacional. Através da identificação de similaridades e diferenças para a avaliação da aprendizagem, foi possível a análise dos conceitos e relações estabelecidas pelos alunos nos mapas analisados. As interrelações entre conceitos esperados pelos alunos vinham ao encontro dos conceitos trabalhados no decorrer da sequência.

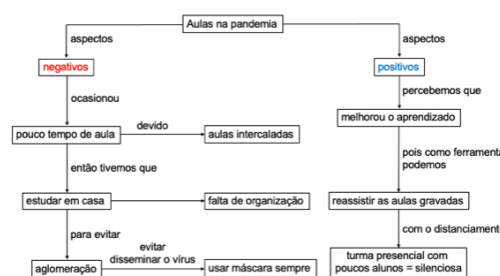
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação e a discussão dos resultados são apresentadas conforme as aulas da sequência didática, logo este segmento do artigo apresentará um subcapítulo para cada aula e a avaliação do instrumento e coleta de dados e seus resultados parciais.

##### 4.1 AULA 01 - APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA: CONHECENDO OS MAPAS CONCEITUAIS

Nesta aula foram apresentados os principais conceitos de mapas conceituais para os alunos, uma vez que era o primeiro contato deles com o assunto. Foi construído um mapa conceitual geral sobre um assunto escolhido pelos alunos (na ocasião o assunto escolhido foram as aulas remotas), para que os mesmos aprendessem a questão de hierarquia, palavras conectivas e como construir um mapa. Abaixo a estrutura do mapa construído com os alunos na sala de aula.

Figura 3 - Representação do mapa conceitual construído com os alunos no quadro.



Fonte: autores (2024).

Em seguida, cada aluno elaborou um mapa conceitual considerado inicial com a pergunta focal: Como a velocidade da reação é afetada? Os resultados dos mapas conceituais iniciais construídos pelos alunos foram obtidos por análise comparativa com os mapas conceituais finais que estão relatados na aula de fechamento.

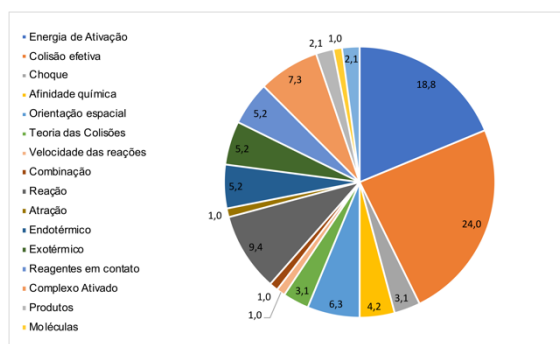
##### 4.2 AULAS 02 - FATORES INDISPENSÁVEIS PARA A OCORRÊNCIA DE UMA REAÇÃO: ABORDAGEM COM VÍDEO

Os alunos assistiram a um vídeo de aproximadamente seis minutos abordando fatores indispensáveis para a ocorrência de uma reação, como energia de ativação em processos endotérmicos e exotérmicos, mostrando diferentes simulações e

animações. Também foi mencionada a teoria das colisões.

Os alunos foram orientados por meio de um roteiro a anotar o que chamou mais a sua atenção no vídeo e de três a cinco palavras-chave para representar o conteúdo visto. Os termos e palavras-chaves que mais apareceram foram colisão efetiva e Energia de Ativação. Podemos ver os termos escolhidos para representar o vídeo e suas frequências.

Gráfico 1 - Análise das palavras-chave apresentadas pelos alunos no roteiro do vídeo.



Fonte: autores (2024).

Alguns alunos, além das palavras ou termos-chave colocaram também descritivamente o que mais chamou a atenção no vídeo, destacando novamente os termos colisões e Energia de Ativação. Por exemplo, o aluno 32 da turma A citou que “nem toda colisão gera uma reação química, para que ela possa ocorrer é necessário que os átomos, moléculas ou íons entrem em colisão e que há uma energia mínima para a formação do complexo ativado”. O aluno 23 B ressaltou: “É necessário que haja uma força (choque), uma geração de colisões agindo sobre os átomos para que uma reação ocorra, porém é necessária uma orientação favorável para ligação dos átomos, a exemplo do iodo e do hidrogênio”.

#### 4.3 AULA 03 - ATIVIDADE INVESTIGATIVA: RELÓGIO DE IODO

Nas atividades experimentais, os alunos foram orientados por *podcast*, ou seja, não tinham um roteiro em mãos, mas

sim um áudio que lhes informava detalhadamente o passo a passo para a execução da prática, também chamada de reação de Landolt. Os alunos realizaram as atividades experimentais no auditório da escola, pois a mesma não possuía laboratório de ciências ou de química. Lá estavam, com o devido distanciamento, classes e cadeiras para que os alunos se acomodassem e realizassem as atividades. Em frente às classes dos alunos havia uma grande mesa onde era organizado e devidamente identificado o material para a execução da prática, da qual participaram 27 alunos.

Figura 4 - Alunos organizados realizando a prática.



Fonte: autores (2024).

Após as observações da realização da prática orientada via *podcast*, os alunos deveriam responder um questionário investigativo previamente entregue composto de três questões: a) Quais são os fatores cinéticos que você identificou na prática? b) Qual é o fator determinante para identificar que a reação cessou? c) Qual a relação entre mudança de cor com a reação que acabamos de realizar?

Sobre as questões investigativas houve retorno de diferentes respostas, pois, nesse momento, o aluno se encontrava como investigador do processo experimental que estava realizando, e utilizava de conhecimentos prévios e já trabalhados na aula. Para responder às perguntas investigativas, muitos dos termos mencionados haviam sido trabalhados na aula anterior com o vídeo. Sobre a primeira questão temos os resultados a seguir:

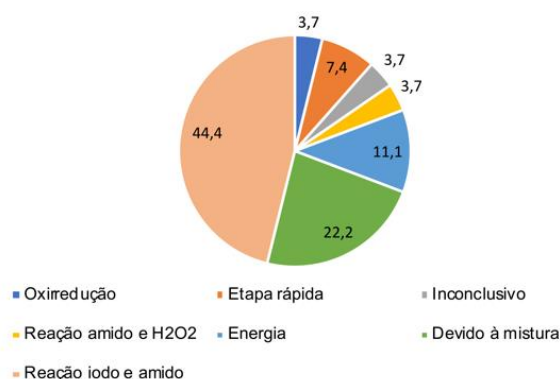
Gráfico 2 - Resposta dos alunos quanto aos fatores cinéticos identificados na prática:



Fonte: autores (2024).

As respostas dos alunos refletem que a maioria ainda não tem clareza sobre quais são os fatores que interferem na velocidade de uma reação, mas é possível perceber pelo relato dissertativo de alguns que compreenderam o fenômeno observado. Por exemplo, o aluno 31 da turma B: “no primeiro momento parecia que não estava reagindo, alguns minutos depois após a mistura da água oxigenada volume 10 com a solução (mistura), que contém vitamina C, xarope de iodo e suspensão de amido (amido mais água) essa mistura ocasionou uma mudança de cor, identificando energia e velocidade como fatores”. Ao passo que o aluno 23 da turma B foi mais abrangente e claro: “A cor final demorou aproximadamente 1 minuto para ser obtida. A demora para a fusão dos elementos pode ser explicada pela maior quantidade de energia necessária para realizar a reação. A primeira etapa da reação seria a etapa mais demorada de reação do iodo com a vitamina C, por isso a reação demora bastante para reagir. Terminando a etapa demorada as outras duas etapas ocorrem rapidamente, havendo mudança de cor”.

Gráfico 3 - Retorno dos alunos sobre qual a relação da mudança de cor com a reação realizada.



Fonte: autores (2024).

A grande maioria identificou que a mudança de cor (gráfico 1) foi o fator que determinou a percepção macroscópica do fim da reação. A mudança de cor foi um fator que chamou bastante a atenção dos alunos na execução da prática. Sobre o que ocasionou a mudança de cor (gráfico 2), os alunos identificaram a reação do iodo com o amido, mas é interessante perceber que também relacionaram com a etapa rápida do mecanismo da reação. O aluno 7 da turma B descreveu que “a reação foi acontecendo após a primeira etapa de concentração, o xarope reagiu se transformando em iodo ionizado, em seguida se juntou com o amido causando a mudança de cor na solução nos últimos segundos.” Já o aluno 28 da turma A foi mais objetivo: “A solução do amido faz a mudança de cor com a etapa rápida”. Então, é possível perceber que os alunos fizeram a conexão entre as etapas da reação e a velocidade.

#### 4.4 AULAS 04 - ATIVIDADE EXPERIMENTAL USANDO A TÉCNICA P.O.E.: REAÇÃO DO COMPRIMIDO SONRISAL DISSOLVIDO EM ÁGUA E SOLUÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO COM VINAGRE

Esta atividade foi separada em dois momentos, primeiramente com o comprimido de Sonrisal reagindo em

diferentes temperaturas (água gelada, a temperatura ambiente e quente) e diferentes superfícies de contato (inteiro e triturado). Posteriormente abordou-se a reação de duas soluções de bicarbonato de sódio (concentrações diferentes) com vinagre comercial.

Foi dada aos alunos a oportunidade para que dissesse na etapa *Predizer* em ambos os experimentos (comprimido efervescente e solução de bicarbonato), não somente ordenando as reações da mais rápida para a mais lenta, mas também discutindo. Os alunos tiveram um tempo para escrever sobre o ocorrido e explicar o previsto e o observado, bem como suas discrepâncias. Antes de realizarem o experimento, com a técnica P.O.E., os alunos previram a ordem de reação, da mais rápida (1) para a mais lenta (4) (tabela 1), sendo os valores apresentados na tabela as quantificações das previsões dos alunos.

Tabela 1 - Previsão dos alunos sobre a reação do Sonrisal diluído em diferentes temperaturas de água.

Condição	½ comprimido	½ comprimido	½ comprimido	½ comprimido triturado
	água gelada	água quente	água temperatura ambiente	água temperatura ambiente
Ordem				
(1)	1	10	1	16
(2)	1	10	5	8
(3)		6	17	2
(4)	24		3	

Fonte: autores (2024).

Nessa etapa da previsão na condição de temperatura água quente, os alunos ficaram bem divididos, enquanto na temperatura mais baixa a predição como mais lenta foi quase unânime. Aqui também havia um momento para os alunos descreverem sua predição, e o aluno 8 da turma A predisse que: “com a temperatura mais elevada ao calor com o contato do comprimido irão se chocar mais rapidamente que em temperatura ambiente e gelada”. No segundo momento, os alunos ouviram a narrativa por *podcast* e

realizaram a prática, anotando devidamente o que observaram no processo.

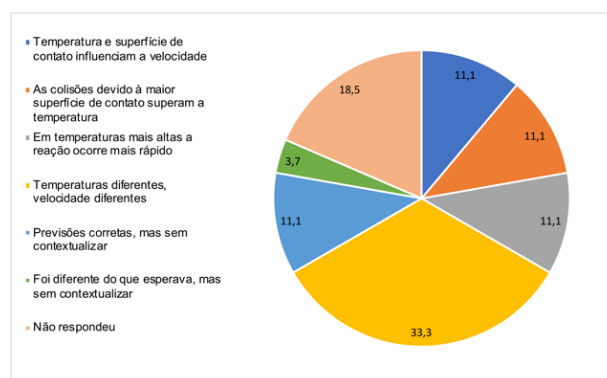
Tabela 2 - média do tempo cronometrado pelos alunos dentro de cada reação com o comprimido na etapa observar de Sonrisal.

Condição	½ comprimido	½ comprimido	½ comprimido	½ comprimido triturado
	água gelada	água quente	água temperatura ambiente	água temperatura ambiente
Ordem				
(1)	1	10	1	16
(2)	1	10	5	8
(3)		6	17	2
(4)	24		3	

Fonte: autores (2024).

Na etapa *Explicar*, foi colocado o fator trabalhado nessa primeira prática para os alunos é feita uma ampla discussão sobre temperatura e superfície de contato, e então os alunos com estas informações responderam a última questão, que era explicar as observações e comparar com as predições. Segundo agrupamento por semelhança, temos as principais constatações, apresentadas no gráfico 4.

Gráfico 4 - Principais explicações apresentadas pelos alunos.



Fonte: autores (2024)

Percebe-se que grande parte dos alunos atribuiu a diferença da velocidade das reações à diferença de temperatura na qual ocorreram e que isso então explicou as diferenças nas suas previsões e observações.

No segundo momento, realizou-se também com a técnica P.O.E. o experimento da reação do ácido acético contido no vinagre com duas soluções de



bicarbonato de sódio de diferentes concentrações. Aqui o fator analisado foi justamente a concentração. Esse experimento ocorreu de forma mais rápida e dinâmica, também orientada por *podcast*. No primeiro momento, os alunos deveriam prever com qual solução a reação ocorreria mais rapidamente, sendo que as concentrações ( $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$  e  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ ) estavam apresentadas nos rótulos das garrafas.

Tabela 3 - previsão dos alunos (quantificação) sobre a influência da concentração na reação do bicarbonato de sódio em solução com vinagre comercial.

Concentração da solução	Resposta do aluno – reação mais rápida
$0,5 \text{ mol.L}^{-1}$	4
$1 \text{ mol.L}^{-1}$	22

Fonte: autores (2024).

No momento de *Observar*, foi predominante a constatação da reação de maior rapidez como sendo a de concentração  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ , tendo sido a liberação de gás citada muitas vezes como “borbulhamento” ou “bolhas” como fator para comparar a velocidade entre as soluções de diferentes concentrações. Em *Explicar*, a maioria dos alunos relacionou a concentração, a velocidade e a previsão correta, como, por exemplo, o aluno 10 da turma A: “as diferentes reações se deram em tempos diferentes devido às colisões”. Ao passo que o aluno 23 da turma B justificou porque sua previsão foi diferente de sua observação: “achei que a solução menos concentrada iria reagir mais rapidamente, talvez por poder haver alguma interferência do vinagre. Porém a solução concentrada reagiu mais rápido pois há uma maior chance das partículas se chocarem, o que acelera a reação.”

#### 4.5 AULA 05 - ATIVIDADE EXPERIMENTAL USANDO A TÉCNICA P.O.E.: CATALASE DA BATATA (REAÇÃO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO)

Nesta aula os alunos ouviram o *podcast* e realizaram os procedimentos com os reagentes disponíveis na grande mesa à frente de suas classes. No momento *Predizer*, os alunos tinham a seguinte questão: preveja por meio dos seus conhecimentos prévios o que irá acontecer nas reações (se ocorrem ou não e se são rápidas ou não) nas seguintes condições, levando em conta a presença da catalase na batata, que reage com o peróxido de hidrogênio e os outros reagentes envolvidos. Os alunos tinham ciência de que haveria um copo de controle somente com a batata e 25 mL de peróxido de hidrogênio para comparação. As condições dos copos eram as seguintes:

Copo 1: Água a temperatura ambiente + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 2: Água quente + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 3: Vinagre + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 4: NaOH (Hidróxido de sódio) + batata + peróxido de hidrogênio

Copo 5:  $\text{CuSO}_4$  (Sulfato de cobre) + batata + peróxido de hidrogênio

Na tabela 4 se apresentam as predições dos alunos em cada copo, por meio de agrupamento:

Tabela 4 - Predição dos alunos em cada copo: prática catalase da batata.

	No. alunos (copo 1)	No. alunos (copo 2)	No. alunos (copo 3)	No. alunos (copo 4)	No. alunos (copo 5)
Reação rápida	7	14	11	11	8
Reação lenta	8	2	6	5	11
Não reage	6	5	3	4	2
Reage			1	1	

Fonte: autores (2024).

Após realizarem a prática orientada via *podcast* a percepção dos alunos mudou bastante, como podemos acompanhar na tabela abaixo:

Tabela 5 - Resultado da observação do experimento.

	No. alunos (copo 1)	No. alunos (copo 2)	No. alunos (copo 3)	No. alunos (copo 4)	No. alunos (copo 5)
Reação rápida	18				18
Reação lenta	1	21		4	1
Não reagiu	2		21	16	2

Fonte: autores (2024).

Na observação, percebe-se que o parâmetro utilizado pelos alunos para medir a velocidade foi a emissão de gás, citado por muitos como “borbulhamento” ou “emissão de bolhas” comparado com o experimento piloto identificado como C. A maioria seguiu a mesma linha de observação. A explicação para alguns alunos terem observado diferente dos outros é a falta de identificação dos copos, conforme o orientado no *podcast*. É evidente a relação da técnica P.O.E. com a abordagem investigativa dos experimentos, uma vez que o aluno mobiliza seus conhecimentos a fim de propor hipóteses para o fenômeno na etapa Observar e maneiras de solucionar o problema apresentado nas etapas seguintes (*Observar* e *Explicar*), relacionando os fatos com possíveis explicações. Dessa maneira os alunos assumem papel ativo e o professor é o orientador do processo.

Depois da aula, os alunos puderam perceber a interferência das substâncias adicionadas nos copos além da batata e do peróxido de hidrogênio. Por exemplo, no copo 2 todos os alunos identificaram que a reação foi lenta, porém na verdade ela não ocorreu devido à temperatura, que desnatura a enzima, impossibilitando a reação. O calor pode provocar a desnaturação das proteínas, modificando a sua forma e levando à perda da função enzimática, o que fez os alunos terem uma

nova reflexão sobre a prática realizada. O aluno 23 da turma B em sua explicação coloca “eu pensava que uma temperatura mais alta da água aceleraria o processo, porém uma reação como a da prática, uma maior temperatura da água impede a reação. Pensava que o vinagre aceleraria o processo, porém por ter o pH alto 4, impediu a ação da enzima, o que também ocorreu com o hidróxido de sódio. Achei que o Cobre iria acelerar a reação sendo mais rápido que o copo 1 e 2, porém não foi a que reagiu mais rapidamente”.

#### 4.6 AULAS 06 - FECHAMENTO E CONSTRUÇÃO DE MAPA CONCEITUAL FINAL

Na última aula da sequência didática discutimos em grande grupo (turmas A e B) os conceitos desenvolvidos ao longo desta caminhada, relacionando desde o primeiro vídeo até a última prática. Nessa aula, havia 21 alunos. Os alunos realizaram muitas colocações e assim foi pedido que, dentro dessa nova perspectiva, os alunos construíssem um novo mapa conceitual respondendo a mesma pergunta focal do mapa inicial: como a velocidade de uma reação é afetada? Este foi considerado o mapa conceitual final (figura 5) e o fechamento desta sequência didática.

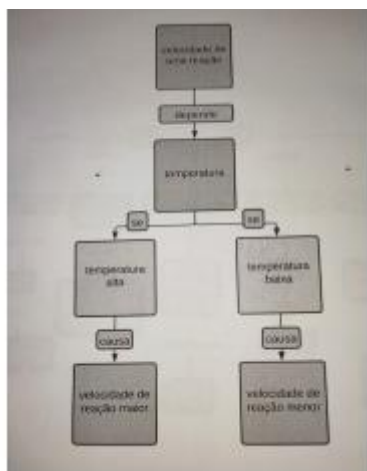
Como já visto no referencial teórico, mapas conceituais são ferramentas para aprendizagem significativa, pois apresentam os conceitos de forma hierárquica e organizada.

A seguir abordaremos a análise comparativa dos mapas conceituais realizados na primeira aula desta sequência didática e os realizados na aula de fechamento. Esta última objetivou estimular os alunos a externalizar de forma organizada seus conhecimentos sobre os conteúdos de Cinética Química, e assim identificar por meio dessa análise evidências de aprendizagem significativa. Para tanto, foi selecionado para apresentar neste artigo um aluno e seu mapa conceitual

inicial e final, mas no total foram analisados três alunos. Apesar dos alunos não dominarem a técnica da construção de mapas conceituais e esse ser o primeiro contato com este tipo de ferramenta, eles puderam apresentar ideias válidas para indícios de aprendizagem significativa, mesmo alguns deles não tendo apresentado o que se espera de um mapa conceitual.

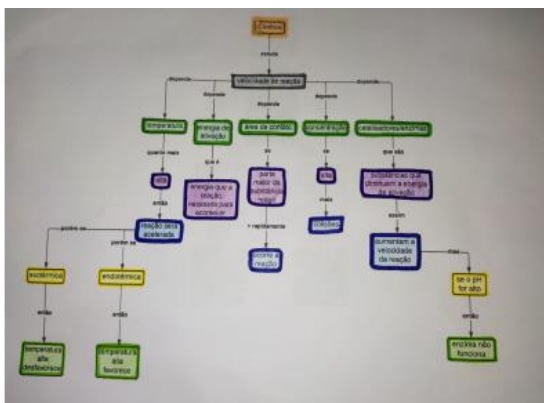
Os mapas do aluno 23 da turma B são apresentados respectivamente nas figuras 4 e 5. O aluno apresenta em seus mapas as características que se esperam de um mapa conceitual. No mapa conceitual inicial, é possível identificar uma estrutura de hierarquia e conhecimentos adequados (subsunçores) para o desenvolvimento de aprendizagem significativa. O principal termo em destaque deste mapa é “temperatura”.

Figura 4 - mapa conceitual inicial.



Fonte: autores (2024).

Figura 5 - mapa conceitual final.



Fonte: autores (2024).

Ao compararmos o mapa conceitual inicial com o final, observa-se a inserção de novos efeitos que influenciam na velocidade da reação respeitando a hierarquia, apresentando sempre palavras conectivas. É possível relacionar este mapa conceitual com todas as atividades realizadas durante a sequência didática, até mesmo ao pH na influência da prática da enzima, características da reconciliação integrativa. Aqui podemos categorizar como aprendizagem combinatória, pois existem proposições que não têm relação subordinada nem superordenada com as ideias relevantes já adquiridas apresentadas no mapa conceitual inicial. Retomando o referencial teórico, conforme Pozo (1998), na aprendizagem significativa combinatória, a ideia nova e as ideias já estabelecidas não estão relacionadas hierarquicamente, porém se encontram no mesmo nível, não sendo nem mais específicas nem mais inclusivas do que outras ideias.

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo geral desta pesquisa foi compreender as contribuições do emprego de um produto educacional potencialmente significativo para a aprendizagem de Cinética Química. Por meio de uma abordagem experimental e a partir dos resultados analisados com a construção do experimento piloto e da implementação da sequência didática, foi possível concluir que as contribuições deste emprego foram:

- intermediação da ancoragem de conceitos de uma forma estruturada, indicando diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, sendo o aluno ativo e participativo do processo;
- maior participação dos alunos nas atividades;
- postura investigativa buscando solucionar o problema ou questão da prática, relacionando o conteúdo da aula

expositiva posterior, por meio da estruturação apresentada;

d) intervenções realizadas por muitos alunos durante as explicações, já fazendo as conexões com o conteúdo, justificando suas observações, construindo conexões através da diferenciação progressiva.

Neste trabalho foram produzidos *podcasts* como meio orientador dos processos experimentais e foi aplicada a técnica P.O.E., a fim de facilitar a compreensão e o acesso ao material, ou seja, a integração da investigação por meio da técnica Predizer, Observar e Explicar. Buscou-se utilizar os *podcasts* como alternativa de roteiro para as práticas, e a técnica P.O.E. provocando conflito entre os conhecimentos previstos e observados, sendo possível perceber o processo de ressignificação os conceitos já solidificados dos alunos. Com a sequência didática integrando vídeos, aulas experimentais e mapas conceituais, os alunos tiveram uma nova possibilidade de percepção do conteúdo e um novo caminho para construção da aprendizagem. Buscamos, durante o processo, evidências de aprendizagem significativa dos conceitos de Cinética Química, como energia de ativação, lei das velocidades e fatores que interferem na velocidade de uma reação química. A aprendizagem significativa, que se relaciona principalmente com os conhecimentos prévios dos alunos e com as conexões e reconexões desses conceitos, pode ser percebida com o desenvolvimento de mapas conceituais construídos pelos alunos, por meio da forma como eles colocam hierarquicamente esses conceitos, os conectam e os organizam, indicando diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A análise dos mapas conceituais iniciais e finais selecionados possibilitou a percepção de vários indícios da construção de conhecimento significativo durante o processo. Exemplos disso são o respeito da hierarquia entre os conceitos de Cinética Química, a relação de conceitos trabalhados em aulas anteriores e a categorização e a

reorganização de conceitos, permitindo perceber tipos de aprendizagem, como a superordenada e subordinada aos subsunçores como reconciliação integrativa. A aplicação da sequência didática proporcionou um novo viés de como organizar e trabalhar conteúdos além de apenas práticas demonstrativas ou meramente integradas às aulas. Foi uma construção de forma a utilizar todo o contexto, construindo a aprendizagem de forma ativa, investigativa e potencialmente significativa em um ambiente escolar da rede pública do estado do Rio Grande do Sul sem estrutura de laboratório.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES (Código do Financiamento 001) e ao Programa de Mestrado Profissional PROFQUI – UFRGS.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Porto Alegre, v.25, n.2, p.176-194, jun. 2003. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?lang=pt> Acesso em: 31 out. 2023.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução de Félix José Nonnenmacher. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- AUSUBEL, David. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. 3ª Reimpressão da 1. São Paulo: Edições, 2016.
- BRUM, W. P.; SCHUHMACHER, E. Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Revista Eletrônica de Ciência e Educação**, v. 14, n. 1, p. 1-20, nov. de 2015. Disponível em: <https://www.periodicosibepes.org.br/index.php/reped/article/view/1732/874> Acesso em: 31 out. 2023.
- ÇAKMAKCI, Gultekin; LEACH, John; DONNELLY, James. Students' ideas about reaction rate and its relationship with concentration or pressure. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1795-1815, 2006. DOI 10.1080/09500690600823490
- CID, A.S.; SASAKI, D.G.G. Uma proposta de ensino do princípio de Stevin através do método predizer - observar - explicar (POE). **XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Campos do Jordão – 2018**. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epf/xvii/sys/resumos/T0077-1.pdf> Acesso em: 31 out. 2023.
- CINICI, Ayhan; SOZBILIR, Mustafa; DEMIR, Yavuz. Effect of cooperative and individual learning activities on students' understanding of diffusion and osmosis. **Eurasian Journal Of Educational Research**, v. 11, n. 43, p. 19-36, 2011. Disponível em: <https://ejer.com.tr/effect-of-cooperative-and-individual-learning-activities-on-students-understanding-of-diffusion-and-osmosis/> Acesso em: 31 out. 2023.
- DEMO, Pedro. **Aprendizagem autêntica na era digital: Envolvendo estudantes via pesquisa**. 2016. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1ub9Ok98FK-WkW4HUQw7YQ-xU4pq4JImG-CshrH9zVQw/pub>. Acesso em: 31 out. 2023.
- GUIMARÃES, C.C. Experimentação no Ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola** vol. 31, n.03, São Paulo, 2009. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31\\_3/08-RSA-4107.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf) Acesso em: 31 out. 2023.
- JOHNSTONE, Peter T. **Stone spaces**. Cambridge university press, 1982.
- JUSTI, R.; Gilbert, J. K.; History and Philosophy of Science Through Models: The Case of Chemical Kinetics. **Science and Education**, v.8 , p. 287-307, 1999. DOI 10.1023/A:1008645714002
- MASINI, E. F .S. Aprendizagem Significativa na Escola. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v.6(3), 2016, p. 70-78. Disponível em: [https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID90/v6\\_n3\\_a2016.pdf](https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID90/v6_n3_a2016.pdf) . Acesso em: 31 out. 2023.
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Revista Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun. 2010. DOI 10.5212/PraxEduc.v.5i1.009029
- PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1. p. 37-42, 2001 Disponível em: <https://bds.unb.br/handle/123456789/1116> Acesso em: 31 out. 2023.
- POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. 3ª. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1998.
- ROCKENBACH, L.C.; RAUPP, Daniele T.; REPPOLD, Danielle P.; SCHNORR, Carlos E. Uma revisão sistemática da literatura sobre estratégias e temas para o ensino de estereoisomeria. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10043
- SLABAUGH, W. H.; PARSONS, T. D. **Química geral**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1977.

TABER, Keith S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 14, n. 2, p. 156-168, 2013. DOI 10.1039/C3RP00012E

VOSNIADOU, S. Exploring the relationships between conceptual change and intentional learning. **Intentional conceptual change**, p. 377–406, 2003. In G.M. Sinatra & P.R. Pintrich Eds., Mahwah: Erlbaum.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZEWAIL, A. H. The birth of molecules. **Scientific American**, v. 263, n. 6, p. 40-46, 1990. DOI 10.1038/scientificamerican1290