



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

RENAN AMORIM DA SILVA

**5E-FLEX: repensando a implementação de simulações interativas no ensino superior  
por meio do modelo 5E à luz da Teoria da Flexibilidade Cognitiva**

Caruaru

2024

RENAN AMORIM DA SILVA

**5E-FLEX: repensando a implementação de simulações interativas no ensino superior  
por meio do modelo 5E à luz da Teoria da Flexibilidade Cognitiva**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para o título de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

**Área de Concentração:** Educação em Ciências e Matemática.

**Orientadora:** Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos

Caruaru

2024

## Catálogo de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Silva, Renan Amorim da.

5E-FLEX: repensando a implementação de simulações interativas no ensino superior por meio do modelo 5E à luz da Teoria da Flexibilidade Cognitiva / Renan Amorim da Silva. - Caruaru, 2024.

102f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2024.

Orientação: Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos.  
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Modelo Instrucional 5E; 2. Teoria da Flexibilidade Cognitiva; 3. Simulação interativa. I. Vasconcelos, Flávia Cristina Gomes Catunda de. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

RENAN AMORIM DA SILVA

**5E-FLEX: repensando a implementação de simulações interativas no ensino superior  
por meio do modelo 5E à luz da Teoria da Flexibilidade Cognitiva**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

**Área de concentração:** Educação em Ciências e Matemática.

Aprovado em: 30/10/2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Centro Acadêmico do Agreste - CAA

---

Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Centro Acadêmico do Agreste - CAA

---

Prof. Dr. Antônio Inácio Diniz Júnior (Examinador Externo)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, sempre presente, por todo o apoio, incentivo e preocupação ao longo de minha jornada acadêmica, desde a graduação. Vocês foram a base que me sustentou nos momentos de dúvida e cansaço, sendo fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui. Dedido a vocês não apenas este momento, mas todo o significado que ele carrega.

Chegar até aqui não foi fácil. Me vi dividido entre o trabalho e os estudos, viajar semanalmente entre dois estados (Pernambuco e Alagoas), e cumprir todas as demandas acadêmicas e profissionais me fizeram perder alguns dias de sono. Foi um período difícil, mas me vi rodeado de pessoas incríveis, do ambiente de trabalho, que me ajudaram a seguir em frente. Sou grato por cada gesto de empatia e por estarem comigo, Marianne, Hellen e Fábio.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos, por me acompanhar durante todo o processo, por entender minhas dificuldades e segurar minha mão com as ideias da pesquisa. Obrigado por ter aceitado me orientar, mais uma vez, e ter acreditado no meu potencial. Muito do meu desenvolvimento acadêmico enquanto professor/pesquisador, devo a você professora.

Agradeço aos discentes da disciplina de Metodologia da Pesquisa Educacional do curso de Química-Licenciatura da UFPE/CAA, que contribuíram diretamente com os dados da pesquisa. Agradeço, ainda, por terem aceitado participar do estudo e por se dedicarem com zelo a todas as etapas.

Agradeço aos membros da banca, Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva e Prof. Dr. Antônio Inácio Diniz Júnior, por todas as contribuições dadas à pesquisa e pelas indicações de melhoria. Destaco, em especial, o professor João Tenório, cuja participação na qualificação foi fundamental para o formato final da pesquisa.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro que viabilizou minha dedicação ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM). Agradecimento que também se estende aos professores do programa, cujas contribuições foram indispensáveis para minha formação acadêmica e profissional.

“O universo é demasiado harmônico, grandioso e avassalador para se acreditar que é tudo obra do acaso” Albom, Mitch (2018, p. 11)

## RESUMO

Estudos na área de ensino das Ciências apontam que tecnologias, como simulações interativas, se mostram promissoras frente a construção do conhecimento. Contudo, observa-se uma lacuna considerável na discussão acerca da maneira pela qual essas tecnologias são implementadas e das bases teóricas que norteiam essa implementação. Assim, esta pesquisa tem como objetivo compreender como professores de química, em formação, desenvolvem estratégias didáticas utilizando simulações interativas, adotando a abordagem cíclica 5E-FLEX. O modelo instrucional 5E foi revisitado à Luz da Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), culminando na proposição do modelo 5E-FLEX. Como metodologia, foi realizada uma oficina, dividida em três encontros, dirigida a uma turma de discentes do curso de Química-Licenciatura da UFPE/CAA. No primeiro encontro, foram explorados debates sobre a incorporação de simulações no ensino, assim como os princípios subjacentes ao modelo 5E, mediante análise de pesquisas da área. No segundo encontro, foi introduzida a TFC e sua possível relação com o modelo 5E. Em seguida, os discentes foram divididos em equipes para elaboração de uma estratégia de ensino com simulação interativa, envolvendo o modelo 5E-FLEX. No terceiro encontro, os estudantes apresentaram suas propostas didáticas e responderam a um questionário. As discussões ocorridas no primeiro e terceiro encontros foram registradas em formato de gravações de áudio, as quais foram posteriormente transcritas e submetidas a análise. Ao término da oficina, foram entregues as estratégias elaboradas pelos discentes, sendo avaliadas quanto ao alinhamento às premissas teóricas da pesquisa, além da aplicação de um questionário aberto com questionamentos referentes ao contexto geral da pesquisa. Os dados do questionário foram analisados por meio da Análise de Conteúdo. De um modo geral, os dados da pesquisa evidenciam avanços e desafios na implementação do modelo 5E-FLEX. Os discentes reconhecem a relevância do modelo para o desenvolvimento de habilidades dos alunos, contudo, expressam dificuldades na articulação entre as fases do modelo e a integração das simulações. Esses desafios são atribuídos, em parte, à falta de familiaridade com as tecnologias utilizadas e o tempo restrito para a realização da pesquisa. Apesar disso, as estratégias propostas foram avaliadas como viáveis para implementação, destacando a necessidade de ajustes metodológicos, a fim de melhor alinhar os preceitos teóricos.

**Palavras-chave:** Modelo Instrucional 5E. Teoria da Flexibilidade Cognitiva. Simulação Interativa.

## ABSTRACT

Studies in the field of science education indicate that technologies such as interactive simulations hold great promise in facilitating knowledge construction. However, there remains a significant gap in the discussion regarding how these technologies are implemented and the theoretical foundations guiding their use. Thus, this research aims to understand how pre-service chemistry teachers develop instructional strategies utilizing interactive simulations, adopting the cyclical 5E-FLEX approach. The 5E instructional model was revisited considering the Cognitive Flexibility Theory (CFT), culminating in the proposal of the 5E-FLEX model. As a methodology, a workshop was conducted in three sessions with a cohort of undergraduate chemistry education students from UFPE/CAA. In the first session, discussions focused on the integration of simulations into teaching practices and the underlying principles of the 5E model, supported by an analysis of relevant research. The second session introduced the CFT and its potential alignment with the 5E model. Subsequently, students were divided into teams to design a teaching strategy involving interactive simulations based on the 5E-FLEX model. In the third session, the students presented their instructional proposals and completed a questionnaire. Discussions from the first and third sessions were recorded as audio files, transcribed, and subjected to analysis. At the end of the workshop, the teams submitted their instructional strategies, which were evaluated for alignment with the study's theoretical premises, and an open-ended questionnaire was administered to collect broader feedback about the research context. The questionnaire data were analyzed using Content Analysis. Overall, the findings highlight both progress and challenges in implementing the 5E-FLEX model. The students recognized the model's importance in fostering skill development among learners but reported difficulties in articulating the phases of the model and integrating the simulations effectively. These challenges were partially attributed to a lack of familiarity with the technologies employed and the limited time allocated for the research. Nonetheless, the proposed strategies were deemed viable for implementation, emphasizing the need for methodological adjustments to better align with the theoretical principles.

**Keywords:** 5E Instructional Model. Cognitive Flexibility Theory. Interactive Simulation.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
3.1	UM BREVE PANORAMA DOS MODELOS INSTRUCIONAIS .....	16
<b>3.1.1</b>	<b>Modelo instrucional de Johann Herbart.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Modelo instrucional de John Dewey.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Processo de ensino cíclico de Heiss, Obourn e Hoffman .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Processo de ensino cíclico de Atkin-Karplus .....</b>	<b>21</b>
3.2	O MODELO DE ENSINO 5E .....	24
3.3	SIMULAÇÕES INTERATIVAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS .....	28
3.4	TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA .....	32
3.5	MODELO 5E-FLEX .....	36
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	40
4.2	CONTEXTO E POPULAÇÃO DA PESQUISA .....	40
4.3	ETAPAS DA INTERVENÇÃO .....	40
4.4	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	42
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
5.1	DISCUSSÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS DO MODELO 5E .....	44
5.2	MODELO 5E-FLEX: ESTRATÉGIAS DE ENSINO .....	49
5.3	PRESSUPOSTOS GERAIS DA PESQUISA .....	66
<b>5.3.1</b>	<b>Considerações sobre o modelo 5E .....</b>	<b>67</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Abordagens de uso da simulação interativa .....</b>	<b>70</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Desafios de elaboração da estratégia de ensino .....</b>	<b>74</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Viabilidade de aplicação das estratégias didáticas .....</b>	<b>77</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO A – CARTA DE ANUÊNCIA .....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO B – TERMO DE CONCENTIMENTO LIVRE E</b>	

<b>ESCLARECIDO (TCLE) .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO C –TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AO FIM DA PESQUISA .....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 1 .....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE C - SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 2 .....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE D – SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 3 .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE E – SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 5 .....</b>	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia moderna, sabe-se que seus recursos podem auxiliar alunos e professores no processo de ensino e aprendizagem de Química. Além disso, podem ampliar os meios de visualização de fenômenos químicos e sistemas à escala microscópica, ao mundo fora da sala de aula e a fenômenos de ocorrência muito rápida ou com prazos lentos (Russel *et al.*, 1997, Khan, 2011). Ao utilizar as tecnologias, preocupações de segurança ou extensos tempos de preparação ou limpeza de materiais são otimizados, promovendo maior tempo de análises e inferências dos dados apresentados a partir de seus recursos didáticos.

Uma das tecnologias que apresenta tais perspectivas são as simulações interativas. Sendo tecnologias de natureza exploratória (Zacharia, 2005), as simulações interativas apresentam como vantagem a possibilidade de os estudantes analisarem e investigarem situações apresentadas, alterar valores de parâmetros, comprovar condições, observar os resultados de ações e refazer diferentes eventos, a fim de uma melhor análise do sistema (Zacharia; Anderson, 2003). Isso permite maiores níveis de interação entre os estudantes, além de viabilizar uma participação mais ativa frente ao conhecimento proposto.

Contudo, é válido pontuar que os benefícios da simulação dependem da qualidade do *design* instrucional, bem como de sua implementação com os alunos. Assim como autores afirmam, a maioria das pesquisas desenvolvidas com simulações no ensino desconsidera o papel do professor na mediação do recurso, ou sua adaptação nos contextos de ensino (Rutten; Van Joolingen; Van Der Veen, 2012), da mesma forma que há uma escassez de trabalhos que reportam ao uso de referenciais teórico-metodológicos (Junior; Paula, 2015; Chan *et al.*, 2021). O que acarreta dificuldades de avaliação do uso de simulações no ensino e na aprendizagem dos estudantes, tendo como principal parâmetro de análise, em muitos dos casos, o desempenho conceitual em testes padronizados no início e ao fim da estratégia didática.

Torna-se necessário, portanto, oportunizar discussões teóricas a respeito, que possibilitem favorecer o desenvolvimento de pesquisas que promovam uma visão mais abrangente quanto ao uso e adequação metodológica de simulações no ensino em Ciências. Sendo importante a necessidade de proposições didáticas que promovam associações adequadas entre o uso de simulações e pressupostos teórico-metodológicos. Uma forma de suprir tal prerrogativa é através de associações de modelos ou abordagens instrucionais, como o modelo 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*) (Bybee *et al.*, 2006).

A abordagem de ensino 5E, proposta por uma equipe de pesquisadores da BSCS (*Biological Sciences Curriculum Studies*), é um modelo de ensino cíclico. De acordo com

Marek (2008), a aprendizagem cíclica é um modo de estruturar atividades de cunho investigativo, na medida em que há o encorajamento dos alunos a explorar materiais, construir conceitos e aplicar ou expandir o conceito apreendido a diferentes situações, o que pela sua natureza acontece em três fases: exploração, introdução do conceito e aplicação do conceito.

O modelo 5E propõe uma abordagem voltada para a associação de cinco estágios, sendo eles: engajamento, exploração, explicação, elaboração e avaliação (Bybee *et al.*, 2006). Cada estágio do modelo busca contribuir para o aperfeiçoamento da aprendizagem, de modo a se avançar no desenvolvimento de diferentes habilidades que suportam a autorreflexão e interação com os pares.

O 5E apresenta vantagens como a promoção de participação ativa dos alunos, suporta o processamento de novas informações pelos alunos com base na extensão de seu conhecimento pessoal e melhora atitudes dos alunos em relação ao ensino de Química (Supasorn; Promarak, 2015). Assim sendo, o modelo instrucional 5E se configura como uma alternativa para o uso de tecnologias, como simulações, no ensino de Ciências, explorando de forma satisfatória potencialidades do recurso no ensino.

Dado que, o modelo 5E pode contribuir na remediação de concepções alternativas dos estudantes, promovendo o refinamento e a substituição de ideias prévias inadequadas por compreensões cientificamente mais consistentes (Supasorn; Promarak, 2015). Além disso, estudos indicam que sua estrutura cíclica favorece a retenção da aprendizagem a longo prazo, possibilitando aos estudantes consolidarem os conhecimentos adquiridos de forma mais duradoura, como evidenciado por Grau *et al.* (2021).

Quando comparado ao ensino tradicional, o modelo 5E revela-se superior por promover um aprendizado mais ativo e investigativo, proporcionando aos estudantes um papel central no processo de construção do conhecimento. Ademais, o modelo suporta de maneira eficaz a mudança conceitual, isto é, a reconstrução de estruturas cognitivas que permitem ao estudante avançar de concepções ingênuas para compreensões mais elaboradas e cientificamente embasadas, conforme discutido por Ceylan e Geban (2009).

Além disso, o modelo 5E apresenta bases teóricas voltadas para a teoria de aprendizagem construtivista (Duran; Duran, 2004; Bybee *et al.*, 2006), na qual o conhecimento é baseado em atitudes que promovam uma organização da estrutura cognitiva de um indivíduo com base em uma aprendizagem ativa, o professor se portaria como um facilitador da aprendizagem, conduzindo e auxiliando os estudantes na exploração e organização do conhecimento.

Dentro do projeto, será realizada uma associação teórica do modelo com a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), discutida por Spiro (1987), com o objetivo de aprimorar e aprofundar a compreensão do caráter cíclico do modelo. A TFC oferece um arcabouço teórico que enfatiza a capacidade de reorganizar e adaptar conhecimentos em diferentes contextos, considerando a natureza complexa e multidimensional do aprendizado. No contexto do modelo 5E, a aplicação da TFC busca superar limitações observadas na prática, como a execução linear e restritiva das etapas, frequentemente desprovida da revisitação sistemática de fases anteriores. Essa lacuna reduz o potencial do modelo em promover uma construção de conhecimento mais fluida e conectada.

Ao incorporar a TFC, propõe-se a flexibilização dos conhecimentos construídos ao longo das etapas do modelo 5E, permitindo que os estudantes revisitem, reorganizem e integrem conceitos previamente abordados, conforme necessário, para construir uma compreensão mais sólida e interconectada. Essa abordagem reconhece a importância de estimular nos discentes não apenas a aquisição de conhecimentos, mas também a habilidade de transferi-los e aplicá-los em diferentes cenários. Assim, a associação entre o modelo 5E e os princípios da TFC culmina na proposição de um modelo revisitado, denominado 5E-FLEX, que valoriza a interligação entre as etapas e a adaptação constante do conhecimento.

Diante dos pressupostos delineados, esta pesquisa apresenta a seguinte questão: como discentes de um curso de Química-Licenciatura elaboram estratégias didáticas por intermédio do modelo 5E-FLEX empregando simulações interativas? Para tanto, uma turma de discentes de um curso de Química-Licenciatura foi avaliada em termos de discussões e produção de estratégias didáticas com base nos aspectos teóricos mencionados.

Esta pesquisa é organizada em cinco partes. A primeira expõe os objetivos da pesquisa, com o que se pretende analisar e investigar. A segunda parte descreve o referencial teórico, o qual inclui: (a) a apresentação de um panorama dos modelos instrucionais de ensino, (b) a descrição e detalhamento da abordagem 5E, (c) uma discussão teórica acerca do uso de simulações interativas no ensino em ciências, (d) uma apresentação da TFC, bem como (e) uma associação teórica do modelo 5E com a TFC (modelo 5E-FLEX). Na terceira parte, a metodologia da pesquisa é apresentada. Na quarta parte, as informações do que foi encontrado com o estudo são detalhadas e discutidas. Finalmente, na quinta parte as conclusões inferidas com a pesquisa são evidenciadas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender como professores em formação, de um curso de Química-Licenciatura, elaboram estratégias didáticas através do modelo instrucional 5E-FLEX com simulação interativa.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as percepções dos professores em formação sobre o modelo instrucional 5E e sua aplicação no contexto de estratégias didáticas;
- Investigar as abordagens utilizadas pelos professores em formação ao incorporar simulações interativas no desenvolvimento de estratégias didáticas baseadas no modelo 5E-FLEX.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado um contexto histórico do desenvolvimento dos modelos instrucionais, destacando-se a abordagem cíclica. Posteriormente, o modelo 5E é apresentado, sendo discutido suas perspectivas no ensino de Ciências. Em seguida, é exibida uma discussão teórica acerca das simulações interativas no contexto pedagógico. Posteriormente, a Teoria da Flexibilidade Cognitiva é apresentada, como alternativa de associação teórica ao modelo 5E, culminando na proposição do modelo 5E-FLEX, que reflete uma abordagem de ensino pautada para o uso de tecnologias, como as simulações.

#### 3.1 UM BREVE PANORAMA DOS MODELOS INSTRUCIONAIS

A aprendizagem cíclica é uma abordagem de ensino originada dos estudos de Atkin e Karplus em 1962 (Bybee *et al.*, 2006), constituída por três estágios: exploração, introdução do conceito e aplicação do conceito (Marek, 2008). Como uma abordagem de instrução investigativa, é convencionalmente objeto de estudo de pesquisadores na área de educação em ciências.

Benefícios associados à sua implementação em sala de aula recaem na transferência de habilidades e conceitos para novas situações e contextos, compreensão profunda sobre um dado conteúdo, reflexão sobre o processo de aprendizado e lacunas na compreensão (Marek; Methven, 1991; Birgit; Lawson, 1999).

Assim como Marek, Laubach e Pedersen (2003) preconizam, a aprendizagem cíclica não é um método ou modelo de ensino, ela deve ser entendida como uma abordagem compreensiva de aprendizagem, na qual há a presença de uma organização específica de fases dominadas pela integridade do todo e pelas relações das fases entre si, experimentando a ciência por meio da investigação e proporcionando uma organização no currículo em ciências.

A fim de se discutir acerca dos pressupostos que deram base aos modelos de ensino que fazem uso da aprendizagem cíclica, é válido apresentar um breve histórico do desenvolvimento dessas abordagens a partir das premissas estabelecidas por seus autores. Uma vez que, com isso, leva-se em consideração as contribuições depreendidas de cada teórico apresentado.

##### 3.1.1 Modelo instrucional de Johann Herbart

A compreensão conceitual e o interesse dos estudantes são pontos primordiais para o desenvolvimento de modelos instrucionais, de acordo com Johann Friedrich Herbart (Bybee *et al.*, 2006). Filósofo alemão, Herbart teve suas contribuições ascendidas no campo educacional no início do século XX. Para o autor, o desenvolvimento do caráter individual é decorrente da criação e desenvolvimento de estruturas conceituais.

Herbart sugere dois tipos de interesse em sala de aula, o baseado em experiências com o mundo natural e o relativo a interações sociais. Os professores podem inserir objetos, situações do mundo real e permitir que os estudantes evidenciem suas impressões. Além disso, as interações com outros indivíduos têm papel importante nos modelos de ensino, de modo que oportunidades de discussão entre alunos, incluindo interações com o professor, podem contribuir para a aprendizagem.

É fato que o professor deve propor desenvolver nos alunos o interesse enquanto ensina, o que denota a ideia de que a aprendizagem é o fim e o interesse é o meio para atingi-la. Herbart propõe a inversão desse pensamento ao afirmar que “a aprendizagem deve servir ao propósito de criar interesse, sendo a aprendizagem assim transitória enquanto o interesse vitalício” (Hilgenheger, 1993, tradução nossa).

Para o teórico, outro ponto importante é a coerência de ideias, novas ideias consonantes com ideias existentes, de modo a se formar conceitos. Assim, a relação entre o conhecimento e as experiências prévias dos estudantes com novas ideias e interações oportunizadas pelo professor podem contribuir para uma melhor apreensão do conhecimento proposto, além de permitir a extensão de um conhecimento a uma nova situação.

O princípio base da pedagogia de Herbart parte da premissa que o processo educacional deve ser compreendido em sua complexidade, interconexão dialética, unidades de conteúdo e procedimentos metodológicos, sendo o objetivo o desenvolvimento da personalidade, da moralidade, a preocupação com o individual (Somr; Hrušková, 2014).

O Quadro 1 resume cada estágio do modelo instrucional de Herbart, sendo considerado uma das primeiras abordagens sistemáticas de ensino (Bybee *et al.*, 2006).

**Quadro 1 - Modelo instrucional de Herbart**

<b>Fase</b>	<b>Descrição</b>
Preparação	O professor explora e expõe as experiências prévias dos estudantes.
Apresentação	O professor introduz novas experiências e faz conexões com as experiências prévias.
Generalização	O professor explica ideias e desenvolve os conceitos para os estudantes.
Aplicação	O professor promove experiências nas quais os estudantes demonstram suas compreensões, aplicando conceitos a novos contextos.

Fonte: Adaptado de Bybee *et al.* (2006)

Na *preparação* o professor deixa claro o objetivo da aula, qual o tópico a ser explorado e verifica as concepções prévias dos estudantes através de questões. A *apresentação* é um passo crucial no processo de aprendizagem, no qual é necessário o provimento de situações em que ambos professores e alunos interagem. O objetivo final da *apresentação* é fazer os conceitos se tornarem compreensíveis para os alunos, assim, uma linguagem simples deve ser utilizada. Além disso, o interesse dos alunos deve ser mantido durante os momentos da aula, o uso de questões, gráficos, modelos, demonstrações podem ser explorados.

A etapa da *generalização* preocupa-se em chegar a ideias gerais ou tirar conclusões necessárias pelos alunos com base nas comparações e no que foi observado nos materiais disponibilizados pelo professor. O papel do professor deve ser o de fornecer orientações e correções necessárias, levando-se em conta o teor conceitual explorado pelos alunos.

A fim de fortalecer o aprendizado mediante a aplicação de princípios científicos, a etapa da *aplicação* visa permitir que os alunos usem o conhecimento compreendido em uma situação desconhecida, podendo ser situações-problema ou contextos do dia a dia.

### **3.1.2 Modelo instrucional de John Dewey**

Outro teórico que trouxe contribuições imprescindíveis para a pedagogia educacional no século XX foi John Dewey, filósofo e pedagogo norte americano, fundador do movimento filosófico conhecido como pragmatismo, além de assumir cargos de liderança em movimentos em favor da educação progressista nos Estados Unidos (Talebi, 2015). Dewey difundiu pensamentos referentes a questões sociais, políticas, científicas, orientados pela capacidade do uso do raciocínio na comprovação de experiências.

Por demarcar um período de crescente industrialização, difusão da ciência e reivindicação política das classes sociais desfavorecidas, a proposta educacional de Dewey pode ser entendida como uma proposta de sociedade democrática (Zanatta, 2012). Nesse contexto, surge o movimento Escola Nova, presente na Europa, e na América do Norte, chegando ao Brasil na década de 20, como crítica à pedagogia tradicional, denunciando o ensino enciclopedista, defendendo uma educação centrada na criança, na vida, sendo o aluno como elemento ativo no processo de aprendizagem.

Dewey abordava em sua teoria acerca de uma educação progressista, na qual deveria se incluir experiências de aprendizado socialmente engajadoras e apropriadas para o desenvolvimento das crianças. O teórico pensava que a educação efetiva vinha principalmente

das interações sociais e que o ambiente escolar deveria ser considerado uma instituição social, assim a educação deveria ser considerada como um processo de viver e não uma preparação para uma vida futura (Williams, 2017).

Em contraste ao ensino tradicional, Dewey afirmava que as escolas e salas de aula deveriam ser representativas de situações da vida real, as crianças deveriam participar de atividades de aprendizado em variados ambientes sociais (Williams, 2017). Para ele a ideia de introduzir abruptamente muito conteúdo acadêmico fora do contexto da vida social dos alunos se demonstrava como uma atitude antiética de ensino.

De acordo com Dewey, uma situação não é um ou uma série de objetos ou eventos separados, mas objetos e eventos que estão conectados em um contexto, as situações encontram-se no início e no controle de toda experiência. Para o teórico, a situação é um fragmento da experiência de uma pessoa, campos de interações entre o objetivo e subjetivo das experiências (Dimova; Kamarska, 2015).

O Quadro 2 sintetiza os pressupostos de Dewey acerca do processo de ensino, incrementado pelas *situações*, discutidas por Dimova e Kamarska (2015), relativas aos momentos pedagógicos de Dewey.

**Quadro 2** – Modelo instrucional de John Dewey

<b>Situação</b>	<b>Fase</b>	<b>Descrição</b>
Situação indefinida	Experimentando situações complexas	O professor apresenta uma experiência na qual os alunos se sentem intrigados e constata um problema.
Situação problemática	Esclarecendo o problema	O professor auxilia os alunos a identificarem e formular o problema.
	Formulando hipóteses de tentativa	O professor provê oportunidades para os alunos elaborarem hipóteses e tentar estabelecer uma relação entre o problema e experiências prévias.
	Testando as hipóteses	O professor permite que os alunos façam vários tipos de experimentos, incluído os experimentos no imaginário, papel e caneta e concretos, a fim de testar suas hipóteses.
	Revisando por testes rigorosos	O professor sugere testes que resultam na aceitação ou rejeição das hipóteses.
Situação definida	Agindo em uma solução	O professor solicita aos alunos a elaboração de uma afirmação que comunica suas conclusões e expressa possíveis ações.

Fonte: Adaptado de Bybee *et al.* (2006)

Baseado no Quadro 2 parece claro que Dewey sugere uma abordagem instrucional baseada na experiência e que requer o pensamento reflexivo. Assim, o que se entende por *hands-on* na ciência não é suficiente, ou seja, apenas o envolvimento prático não é suficiente para garantir uma compreensão significativa dos conceitos científicos. Essas experiências

também necessitam ser *minds-on* (Bybee *et al.*, 2006), assegurando que os estudantes não apenas executem procedimentos, mas também compreendam o propósito das atividades, questionem os resultados, formulem hipóteses e conectem as experiências práticas com os fundamentos teóricos subjacentes

No Quadro 2, uma situação indefinida é observada quando há um certo grau de complexidade ou dificuldade, há a presença de incertezas ou dúvidas no que concerne o que está a acontecer ou o que deve ser feito. Nesse estágio, há o surgimento de questões e a constatação de um problema devido à incipiência de informação (Dimova; Kamarska, 2015).

A situação problemática se refere à posição do indivíduo em realizar investigações a fim de identificar o problema e propor hipóteses e testes para solucionar esse problema. Vários problemas podem ser inferidos de uma situação problemática, da mesma forma que várias soluções podem ser determinadas. Tendo os fatos e informações coletados das fases anteriores, e as hipóteses propostas aceitas, no último estágio os estudantes propõem uma solução para o problema, há assim a elaboração de uma conclusão e solução para a situação problemática estudada (Dimova; Kamarska, 2015).

A educação defendida por Dewey perpassa o aspecto pragmático da sociedade, logo, se propõe a oportunizar possibilidades de experimentações para que os indivíduos possam experimentar novas maneiras de interagir com o meio, ampliando suas experiências (Correia, Zoboli, 2020). Nesse sentido, a experiência asseguraria a formação de ambientes éticos e democráticos.

Contudo, parece oportuno retratar um aspecto do pragmatismo de Dewey frente ao processo de ensino. A educação de Dewey reduz-se ao aspecto da experiência, tendo como critérios de averiguação da qualidade dessa experiência, a interação do homem com o meio e a noção de continuidade, experiências que levam a mais experiências (Andrade, 2008).

A abordagem educacional de Dewey postula a promoção de variadas experiências como premissa fundamental, advogando assim pela aprendizagem por meio da prática. Ao fazê-la, não subestima os méritos inerentes às vivências práticas, mas antes enfatiza a perspectiva segundo a qual a concepção educativa pode, em certo grau, tornar-se deficientemente direcionada. Essa deficiência se manifesta ao direcionar a ênfase do processo educacional do conteúdo para a estratégia pedagógica em si, relegando o conteúdo a um plano secundário, muitas vezes desconsiderando a imprescindível relevância deste último.

### **3.1.3 Processo de ensino cíclico de Heiss, Obourn e Hoffman**

Na década de 1950, uma variação do modelo instrucional de Dewey surgiu, presente nos livros de métodos científicos para professores em formação, Heiss, Obourn e Hoffman elaboraram um modelo instrucional ao qual denominaram de aprendizagem cíclica (Bybee *et al.*, 2006; Carlson, 2014).

O trabalho desses autores influenciou a primeira era de uma reforma na educação em ciências nos Estados Unidos na década de 50. No entanto, uma abordagem de instrução sistemática somente ganhou aceitação generalizada com o desenvolvimento do projeto SCIS (do inglês, *Science Curriculum Improvement Study*), o qual foi incorporado à aprendizagem cíclica proposta por Myron Atkin e Robert Karplus (Bybee, 1997; Carlson, 2014).

No Quadro 3 apresenta-se o modelo de ensino cíclico proposto por Heiss, Obourn e Hoffman. Baseado nos pressupostos de Dewey, esses autores apontam quatro estágios do processo de ensino.

**Quadro 3** – Processo de ensino cíclico de Heiss, Obourn e Hoffman

<b>Fase</b>	<b>Descrição</b>
Exploração das informações	Os estudantes dedicam-se à observação de demonstrações que visam esclarecer questões específicas. Com base nessas observações, eles formulam hipóteses que servirão como base para responder às questões propostas.
Comprovação por experiências	Os estudantes conduzem experimentos para testar suas hipóteses, coletando dados relevantes durante o processo.
Organização da aprendizagem	Os estudantes reúnem os dados, resultados e conclusões obtidos ao longo do processo em sínteses organizadas.
Aplicação da aprendizagem	Os estudantes aplicam ativamente as informações, conceitos e habilidades adquiridos a contextos novos e desafiadores. Essa aplicação demonstra a capacidade de transferência de conhecimento para situações do mundo real.

Fonte: Adaptado de Bybee *et al.* (2006)

Num primeiro momento os estudantes observam demonstrações para a elucidação de questões, propõem uma hipótese para responder as questões e elaboram um plano para teste. Na etapa de *comprovação por experiências*, os estudantes testam suas hipóteses, coletam e interpretam os dados, sendo por fim preparada uma conclusão. Em seguida, na etapa de *organização da aprendizagem*, os estudantes preparam sínteses dos dados obtidos, resultados, e fazem testes. No último estágio, os estudantes aplicam as informações, conceitos e habilidades a novas situações.

### 3.1.4 Processo de ensino cíclico de Atkin-Karplus

Interesses relativos ao processo de pensamento das crianças e os fenômenos naturais levaram Robert Karplus, físico teórico, a associar seus estudos à teoria da psicologia do desenvolvimento do pesquisador Jean Piaget, e assim propiciar a criação de materiais didáticos para o ensino em ciências (Bybee, 1997; Bybee *et al.*, 2006).

No início da década de 60, em uma colaboração com Myron Atkin sobre estudos envolvendo o ensino de ciência a crianças, os teóricos propuseram um modelo de ensino baseado na descoberta, o qual denominaram de aprendizagem cíclica SCIS. Após alguns anos com testes, através de materiais para o ensino de crianças, e refinamento das ideias e conceitos, o modelo de Atkin-Karplus ganhou contexto curricular e maior clareza, sendo então dividido em três etapas: exploração, invenção e descoberta (Bybee, 1997; Bybee *et al.*, 2006).

A primeira fase do modelo cíclico se refere a experiências não estruturadas, nas quais os estudantes coletam informações. A segunda, *invenção*, se refere a elaboração de uma declaração formal, relacionada à definição e termos de novos conceitos, há a interpretação das informações coletadas, reestruturando os conceitos prévios. Na terceira etapa, ocorre a aplicação do novo conhecimento apreendido, durante essa fase o estudante continua a desenvolver níveis de organização cognitiva.

Na década de 1980, os termos da aprendizagem cíclica de Atkin-Karplus foram ligeiramente modificados para: exploração, introdução do conceito e aplicação do conceito (Bybee *et al.*, 2006; Marek, 2008). Mesmo com a mudança na terminologia, os fundamentos conceituais da aprendizagem cíclica continuam essencialmente os mesmos.

O Quadro 4 ilustra o modelo de aprendizagem cíclica de Atkin-Karplus. Análises em sistemas educacionais apontam que o uso da aprendizagem cíclica apresenta efeitos positivos na aprendizagem, ao permitir a formulação de perguntas, reflexão na construção do conhecimento, colaboração e troca de informações, além de ser prescrita e utilizada como central para teorias de ensino (Lawson; Abraham; Renner, 1989).

**Quadro 4** – Processo de ensino cíclico de Atkin-Karplus

<b>Fases</b>	<b>Descrição</b>
Exploração	Os estudantes têm experiências iniciais com o fenômeno.
Invenção (introdução do conceito)	Novos termos associados ao objeto de estudo são introduzidos aos estudantes.
Descoberta (aplicação do conceito)	Os estudantes aplicam os conceitos e usam termos relacionados a novas situações.

Fonte: Adaptado de Bybee *et al.* (2006)

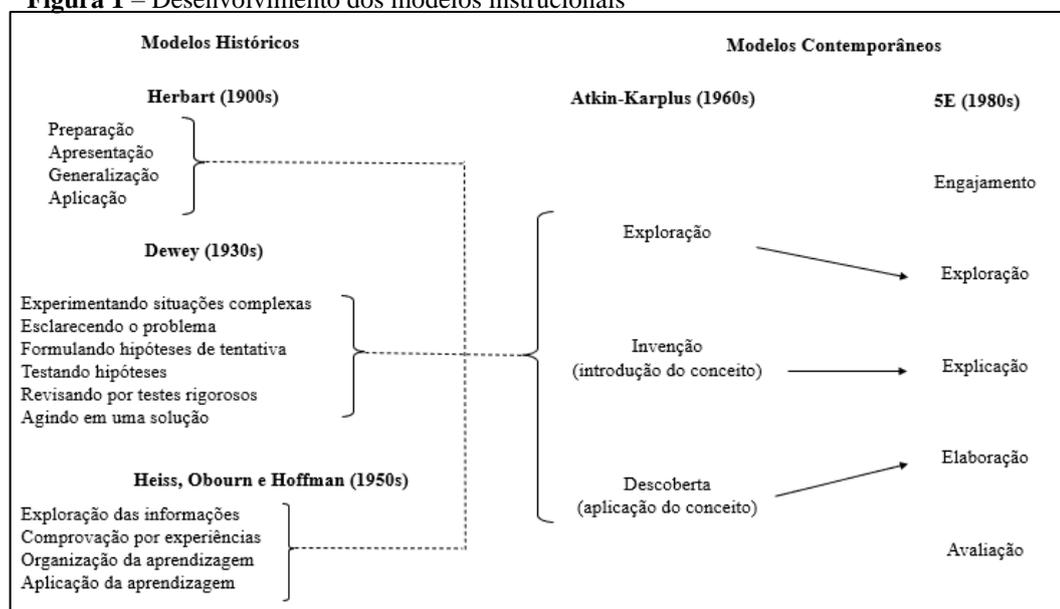
Explorar o fenômeno antes de explicá-lo é crítico para a aprendizagem. Cientistas cognitivistas afirmam que os alunos precisam relacionar novas ideias às suas experiências e

colocar novas ideias em uma estrutura para compreensão (Brown; Abell, 2007), a aprendizagem cíclica garante esse tipo de conexão ao incitar não só a realização de atividades práticas pelos estudantes, mas atribuindo sentido aos conceitos e associações entre o conhecimento e a experiência.

Com o tempo, diferentes versões de aprendizagem cíclica foram desenvolvidas, sendo que, mesmo apresentando diferentes quantidades de fases, exibem as mesmas bases de desenvolvimento instrucional (Settlage, 2000). A aprendizagem cíclica 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*) enquadra-se nessa perspectiva, tendo sido desenvolvida no final da década de 1980 por uma equipe de educadores do BSCS (*Biological Sciences Curriculum Studies*) com fins de melhorias no currículo em Ciências (Bybee *et al.*, 2006).

A abordagem 5E apresenta cinco estágios, cada estágio busca contribuir para o aperfeiçoamento da aprendizagem, de forma a se avançar no desenvolvimento de diferentes habilidades que suportam a autorreflexão e interação com os pares, são eles: engajamento, exploração, explicação, elaboração e avaliação. Ela tem como base os pressupostos teóricos de aprendizagem cíclica desenvolvidos por teóricos anteriores. Na Figura 1, observa-se os diferentes modelos em seus respectivos períodos de desenvolvimento.

**Figura 1** – Desenvolvimento dos modelos instrucionais



Fonte: Adaptado de Bybee *et al.* (2006)

A Figura 1 revela que o modelo educacional 5E opera a partir de uma estrutura essencialmente fundamentada nas fases originalmente concebidas por Atkins e Karplus. Essas fases, que foram reconfiguradas e intituladas como *exploração*, *explicação* e *elaboração*,

conformam os pilares essenciais do modelo 5E. Ademais, é notável que o *engajamento* e a *avaliação* tenham sido introduzidos como perspectivas suplementares, visando aprofundar a abordagem educativa.

### 3.2 O MODELO DE ENSINO 5E

Os estudantes, na maioria das vezes, iniciam seus estudos nas aulas de ciências com incompreensões ou concepções alternativas sobre conceitos científicos. Para os professores, isso pode significar um desafio árduo a ser remediado. Uma abordagem que se mostra como eficaz em se tratando de remediar compreensões equivocadas em sala de aula, é o modelo 5E (Artun; Costun, 2013).

O modelo 5E é uma abordagem construtivista para o ensino das Ciências, usa da investigação para tratar concepções equivocadas de alunos e ensinar conceitos tomando como base o conhecimento científico. Ele foi desenvolvido na década de 1980 por uma equipe de pesquisadores do *Biological Sciences Curriculum Studies* (BSCS), como componente curricular e de aprimoramento no ensino em Ciências Biológicas.

O modelo consiste em cinco fases: engajamento, exploração, explicação, elaboração e avaliação (Figura 2). Cada fase tem uma função específica e contribui para auxiliar o professor a providenciar uma instrução coerente aos estudantes, a formular uma melhor compreensão do conhecimento científico e a desenvolver atitudes e habilidades (Grau *et al.*, 2021). De acordo com seus criadores, as cinco fases do modelo 5E foram criadas para facilitar o processo de mudança conceitual (Bybee *et al.*, 2006; Bybee, 2014).

Diversos estudos indicam os benefícios do modelo 5E no aprimoramento conceitual, retenção da aprendizagem, remediação de concepções alternativas (Supasorn; Promarak, 2015; Grau *et al.*, 2021). Além de que, estudos comparativos com o ensino tradicional reportam a superioridade do modelo na facilitação da compreensão e mudança conceitual em diferentes conceitos como fotossíntese (Balci; Cakiroglu; Tekkaya, 2006), estados da matéria e solubilidade (Ceylan; Geban, 2009), reação química e energia (Cigdemoglu; Geban, 2015), dentre outros.

No modelo instrucional, a fase do *Engajamento* tem função importante na promoção da motivação e no interesse dos estudantes. O objetivo dessa fase é o de obter o foco dos alunos em uma situação, evento, demonstração ou problema que envolva o conteúdo e habilidades que são objetivadas pela aula. Do ponto de vista instrucional, perguntar uma questão, propor um

problema ou apresentar um evento discrepante são exemplos de estratégias para engajar os alunos (Bybee, 2014).

Os estudantes apresentam algumas ideias, mas a expressão de conceitos e uso de suas habilidades podem não ser precisos ou produtivos. No *Engajamento*, é necessário acessar as concepções iniciais dos estudantes, o professor pode, por exemplo, apresentar uma breve descrição de um fenômeno natural e perguntar aos alunos como eles explicariam a situação. O ponto principal é que os estudantes estejam intrigados, interessados pela situação e pensem sobre o conteúdo relacionado. Outro ponto importante nessa fase é que os professores podem, informalmente, determinar incompreensões conceituais expressadas pelos estudantes (Bybee, *et al.*, 2006; Bybee, 2014).

**Figura 2** – Fases do modelo 5E



Fonte: Própria (2023)

A situação inicial promove dois tipos de engajamento: um contextual, baseado nas implicações da vida real exploradas pelos estudantes frente a situação imposta, e um cognitivo, fundamentado na curiosidade que geralmente surge dos estudantes quando percebem que suas ideias atuais não podem explicar satisfatoriamente uma observação que os intriga, consequência de um conflito cognitivo (Grau *et al.*, 2021).

Na fase da *Exploração*, os estudantes têm à disposição atividades que promovam oportunidades de resolver o desequilíbrio encontrado na fase do *Engajamento*. Isso pode ocorrer na medida em que os estudantes realizam experiências práticas nas quais expressam suas atuais concepções e demonstram habilidades ao passo que tentam esclarecer os elementos da fase anterior. Os estudantes devem formular explicações, investigar o fenômeno, observar padrões e desenvolver habilidades cognitivas e operacionais. O papel do professor é o de iniciar

a atividade, descrever o contexto apropriado, prover os estudantes com materiais e equipamentos adequados e remediar equívocos conceituais (Bybee *et al.*, 2006; Bybee, 2014).

A fase da *Exploração* consiste em uma atividade investigativa que promove oportunidades de os estudantes associar concepções alternativas e construir novas explicações que fazem sentido para eles. Nessa etapa, os estudantes investigam um fenômeno, discutem ideias e fazem conexões. O professor se torna um facilitador que ouve, observa e guia os estudantes para uma melhor compreensão.

As atividades podem ser feitas em pequenos grupos ou a turma inteira, sendo o papel do professor o de certificar que os estudantes se ajudem na resolução dos problemas, sugerindo caminhos que contribuam para os grupos atingirem os objetivos da aula. Esse estágio garante oportunidades de coletar informações relevantes para a aprendizagem e organização das ideias, uma vez que explicações poderão ser solicitadas aos alunos (Grau *et al.*, 2021).

Os conceitos explorados na fase *Exploração* são agora formalizados na fase *Explicação*, a exploração de conceitos científicos para os fenômenos é algo predominante nesse estágio. Os conceitos, práticas e habilidades que os estudantes estavam a desenvolver, até então, são organizados de forma clara e compreensiva.

O professor direciona a atenção dos alunos para os principais aspectos das fases anteriores e solicita por explicações fundamentadas. Utilizando as explicações e experiências apresentadas pelos alunos, o professor introduz conceitos científicos de forma breve e explícita. Experiências anteriores devem ser usadas como contextos da explicação, explicações verbais são comuns nessa fase. Contudo, o uso de vídeos ou softwares também pode fornecer explicações satisfatórias (Duran; Duran, 2004; Bybee *et al.*, 2006; Bybee, 2014).

Nessa fase, os professores exploram diretamente e formalmente os conteúdos curriculares, introduzindo conceitos e ajudando os estudantes a organizarem seus conhecimentos, uma vez que a forma como organizam o conhecimento influencia como aprendem e aplicam o que sabem. Pesquisas mostram que quando os estudantes são providos de uma estrutura organizacional na qual conseguem associar novos conhecimentos, eles aprendem de forma mais efetiva e eficiente se comparados como quando são deixados a deduzir estruturas conceituais por conta própria (Ausubel, 1960; 1978).

Na *Elaboração*, os estudantes aplicam os conceitos aprendidos para solucionar problemas em novos contextos. As atividades na fase da *Elaboração* promovem oportunidades de os estudantes transferirem seus conhecimentos para uma diversidade de contextos, promovendo uma compreensão mais profunda, uma vez que estão mais propensos a interagir com aspectos mais abstratos e relevantes dos conceitos. Práticas extensivas são essenciais

quando novos conhecimentos serão aprendidos, especialmente se o objetivo é viabilizar uma retenção do conhecimento através do tempo (Martin; Klein; Sullivan, 2007).

Os estudantes são envolvidos em experiências de aprendizagem que estendam, expandam e enriqueçam os conceitos e habilidades desenvolvidas nas fases anteriores. Um ponto importante nessa fase é que as atividades devam ser desafiadoras, mas passíveis de realização pelos alunos. O professor desafia os estudantes com novas situações e os encoraja a interagir com outros recursos e materiais, como materiais escritos, arquivos de dados, simulações, pesquisas na internet (Bybee, 2014).

No entanto, a maneira como os alunos aprendem determina o potencial para que a transferência de um conhecimento ocorra. Quando as atividades de aprendizagem apresentam diferentes contextos de aplicação para os mesmos conceitos, elas criam várias rotas de recuperação da memória, ampliando as possibilidades de transferência de conhecimento. Fazer aos alunos uma série de perguntas que visem o mesmo conceito e dar-lhes *feedback* aumenta significativamente as chances de transferir conhecimento para novas situações (Ruiz-Martín; Bybee, 2022).

Finalmente, no estágio da *Avaliação*, os conhecimentos desenvolvidos por cada estudante são avaliados através de atividades condizentes com as experiências realizadas anteriormente e congruentes com as explicações formuladas. A avaliação do progresso do aluno é oportunizada mediante os objetivos educacionais, sendo considerada um processo contínuo.

Avaliações formais e informais são passíveis de serem incluídas. Avaliações do portfólio, mapas conceituais, modelos físicos, podem ser evidências da aprendizagem dos alunos. Os estudantes podem conduzir autoavaliações e avaliação dos pares, além de ser possível realizar avaliações somativas e escritas (Duran; Duran, 2004; Bybee, 2014).

De acordo com Bybee (2014), o modelo 5E pode ser utilizado em uma unidade de ensino de duas ou três semanas, na qual cada fase pode ser implementada em uma ou mais aulas (com exceção da fase *Engajamento*, que de acordo com o autor deve ser menor que uma aula). A utilização do modelo 5E como base para uma única aula diminui a eficácia das fases individuais por encurtar o tempo e as oportunidades de reestruturação de conceitos e habilidades para a aprendizagem.

Por outro lado, usar o modelo para um programa, semestre inteiro aumenta o tempo e a experiência das fases individuais, perdendo sua eficácia. Os professores podem ter muito tempo de exploração ou muitas explicações podem ser concentradas, ocasionando desinteresse (Bybee, 2014).

Através de uma revisão sistemática realizada por Ünlü e Dökme (2022) acerca da implementação do modelo 5E na educação em Ciências, no período de 2007 a 2021, na base de dados da *Web of Science* (WoS) e da *Education Resource Information Center* (ERIC), diante do escopo dos artigos investigados, 74 foram selecionados para análise, levando-se em conta os critérios de inclusão e exclusão.

Algumas observações levantadas pelos autores foram: o aumento do número de publicações a partir do ano de 2013, o que indica que o modelo 5E ainda é visto como uma questão importante para pesquisadores. Outro ponto, foram os métodos empregados, sendo em maioria métodos quantitativos, seguido por métodos mistos e qualitativos.

De um modo geral, em pesquisas encontradas na literatura que fazem uso do modelo 5E como cerne metodológico, os estágios da abordagem são seguidos de modo bem restrito, não aparentam ter flexibilidade, sendo etapas rígidas a serem seguidas. O que desconsidera os parâmetros teóricos para uma aprendizagem cíclica, na qual as etapas se interconectam e retroalimentam, contribuindo para um desenvolvimento progressivo do conhecimento (Marek, 2008). Nesse contexto, a aprendizagem é concebida como um ciclo iterativo no qual os aprendizes revisitam e refinam suas compreensões e habilidades.

É válido destacar que, o modelo 5E, em si, apresenta bases teóricas da aprendizagem cíclica. Contudo, o ambiente de sala de aula está sujeito a momentos em que essas etapas precisam ser melhor revistas. Assim, esta pesquisa propõe uma reestruturação básica nas bases do modelo, conferindo-lhe um *design* mais flexível, de modo a viabilizar a construção de estratégias de ensino que promovam a efetivação da revisitação dos estágios.

A essa reestruturação daremos o nome de modelo 5E-FLEX, o qual associa a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (Spiro, 1987) aos estágios do modelo 5E, de modo a melhor conduzir as fases de aquisição do conhecimento, sendo mais bem detalhado na seção 3.4 e que servirá como base para criação de estratégias de ensino dentro da pesquisa.

### 3.3 SIMULAÇÕES INTERATIVAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Há 30 anos, Richards, Barowy e Levin (1992, p. 69, tradução nossa) afirmaram: “acreditamos que aprender ciências será mais fácil quando os alunos puderem usar simulações, como fazem os cientistas”. Hoje, será que o panorama de estudos realizados na área suporta a afirmação dos autores, em termos de como essas tecnologias são inseridas no ensino?

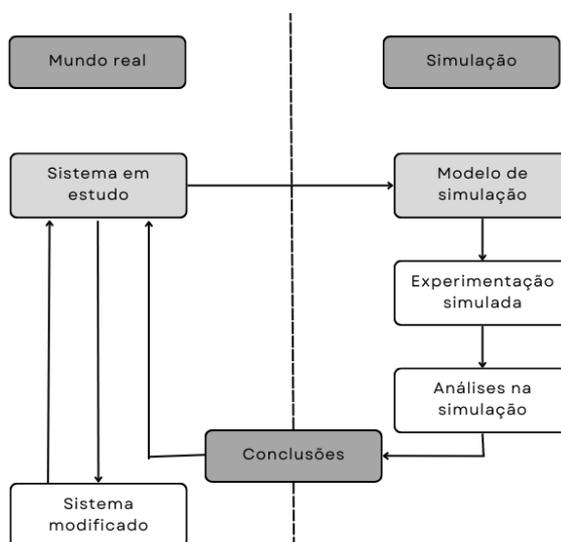
Com o aumento do acesso à tecnologia na sala de aula, ferramentas de visualização interativa emergiram como potencialidades na transformação do ensino de química. Uma dessas ferramentas, e que subsidia a pesquisa em questão, são as simulações interativas.

Uma simulação de um sistema é a operação de um modelo correspondente. O modelo pode ser reconfigurado e submetido a cenários que, em outras circunstâncias, seriam impossíveis, custosos ou inviáveis de serem executados no contexto real. A operação do modelo pode ser estudada e, portanto, propriedades sobre o comportamento do sistema atual ou do seu subsistema podem ser inferidas. Em seu sentido mais amplo, simulações são ferramentas utilizadas para avaliar a performance de um evento, seja ele existente ou proposto, sob diferentes configurações de interesse e em longos períodos do tempo real (Maria, 1997).

Simulações são utilizadas antes que um sistema exista ou seja alterado, para reduzir chances de falha, imprevistos e prevenir a utilização exagerada de recursos, otimizando a performance do resultado. É possível observar a natureza iterativa do processo, indicada pelo sistema em estudo tornando-se o sistema modificado, que então torna-se o sistema em estudo e o ciclo se repete.

Na simulação, a tomada de decisão humana é necessária em todas as fases, sendo o desenvolvimento do modelo, *design* de experimentos, análise de resultados, formulação de conclusões e tomada de decisões para modificar o sistema em estudo. O único estágio que a ação humana não é necessária é na execução da simulação, que funciona de forma eficiente com o uso de pacotes de *software*. A Figura 3 ilustra um esquema de estudo com uso da simulação.

**Figura 3** – Esquema do estudo em uma simulação



Fonte: Adaptado de Maria (1997)

No contexto educacional, algumas simulações apresentam prestígio de uso para professores de ciências, por conta da ajuda aos estudantes na visualização de aspectos da ciência que apresentariam uma escala de observação ou muito grande ou muito pequena. Em testes rápidos de ideias, as simulações podem revelar tendências por meio de gráficos ou outras representações, além de permitir situações extremas para apoiar experimentos mentais ou cenários hipotéticos (Khan, 2011).

Em diferentes estudos, o auxílio à visualização de fenômenos científicos pelos alunos, com simulações computacionais, é associado a ganhos de compreensão conceitual em tópicos como: circuitos elétricos, forças intermoleculares, equilíbrio químico, difração elétrica (Stieff; Wilensky, 2003; Finkelstein *et al.*, 2005; Blake; Scanlon, 2007), dentre outros.

Ao colocar ênfase no aluno como um agente ativo no processo de aquisição de conhecimento, as simulações podem apoiar práticas de investigação autênticas que incluem formulação de perguntas, desenvolvimento de hipóteses, coleta de dados e revisão de teoria (Rutten; Van Joolingen; Van Der Veen, 2012). Como resultado, simulações tem o potencial de não só ajudar os alunos na compreensão de fenômenos científicos, mas também aprimorar habilidades da investigação e resolução de problemas.

Uma denominação dada às simulações computacionais no ensino são as simulações interativas. Pesquisas reportam que simulações interativas apresentam benefícios associados ao processo de ensino e aprendizagem (Moore *et al.*, 2014; Perkins, 2020). Simulações interativas permitem aos estudantes manipularem condições iniciais e imediatamente ver os impactos. Com as simulações educacionais disponíveis, professores de ciências podem viabilizar nas aulas a aplicação do conhecimento a situações do mundo real em diferentes parâmetros.

Pesquisadores atribuem os impactos das simulações interativas, principalmente, à natureza de aprendizagem exploratória, que permite aos estudantes analisarem a situação apresentada, alterar valores de variáveis, iniciar processos, provar condições e observar os resultados dessas ações (Zacharia; Anderson, 2003; Lancaster *et al.*, 2013; Moore *et al.*, 2014).

A combinação de diferentes recursos disponíveis nas simulações, aliada à capacidade dessas ferramentas de proporcionar contextos de suporte, demanda a utilização de tarefas autênticas e acessíveis, viabilizando a interpretação das concepções científicas subjacentes ao programa pelos alunos. Isso possibilita a comparação dessas concepções com suas próprias ideias, o estabelecimento e a verificação de hipóteses, viabilizando a reconciliação de qualquer discrepância entre suas ideias e as observações realizadas na simulação. Além disso, a

exploração das simulações pode levar à descoberta e ao desenvolvimento de explicações para os mecanismos e processos subjacentes aos fenômenos físicos apresentados (Zacharia, 2005).

No que diz respeito ao planejamento com essas tecnologias, diferentes fatores devem ser levados em consideração: o suporte pedagógico (por exemplo, abordagens instrucionais, estratégias de aprendizagem), o ambiente simulado (por exemplo, visualização dinâmica, ambientes multi-representacionais), e as habilidades, atitudes e conhecimento conceitual dos estudantes (Richards, Barowy; Levin, 1992; Zacharia, 2005; Moore *et al.*, 2014; Hew *et al.*, 2019).

Cabe ressaltar que, além da validação do uso de simulações, os alicerces pedagógicos que norteiam a seleção desses recursos em contextos escolares específicos devem ser considerados primordiais (Paula, 2017). Posto que nem sempre os proveitos inerentes aos recursos educacionais são correlacionados com uma aprendizagem conceitual. Além disto, a escolha das simulações deve estar vinculada aos objetivos de aprendizagem, a fim de garantir que atendam às necessidades dos alunos e sejam coerentes com a teoria pedagógica utilizada. Com isso, é possível garantir que as simulações sejam utilizadas de forma estratégica, de modo a promover a aprendizagem e o desenvolvimento das habilidades dos alunos de forma consistente e duradoura.

Contudo, tais perspectivas nem sempre são encontradas em pesquisas desenvolvidas. Levando-se em conta o panorama teórico constatado por autores em revisões sistemáticas na literatura, acerca do uso de simulações no ensino em Ciências, pontua-se diferentes perspectivas observadas: Rutten,

Van Joolingen e Van der Veen (2012), numa análise em periódicos no período de 2001 a 2010, afirmam que a maioria dos estudos não leva em conta o papel mediador do professor no uso da simulação e desconsidera o contexto de ensino.

Junior e Paula (2015), numa revisão entre 2009 e 2014, explicitam a escassez de trabalhos que fazem menções a referenciais teórico-metodológicos que orientam o uso desse tipo de recurso em sala de aula. Dado preocupante, uma vez que a utilização de recursos educacionais sem uma base teórica bem estabelecida pode levar a práticas pedagógicas pouco eficazes.

Em uma revisão sistemática realizada no período de 2000 a 2020, na base de dados da *web of science*, Chan *et al.* (2021) constataram que a maioria das pesquisas aborda a comparação entre atividades virtuais e o método de ensino tradicional, empregando, predominantemente, métodos avaliativos quantitativos, como testes de conhecimento. No que

tange às avaliações qualitativas identificadas, foram empregados questionários, entrevistas e observações.

Foi encontrado também, na revisão de Chan *et al.* (2021) que a maioria das publicações não especifica teorias de aprendizagem, nem elementos de apoio pedagógico como base para uso das simulações. É importante salientar que, as teorias de aprendizagem são importantes porque podem descrever, explicar e prever como as pessoas aprendem ao usar certas tecnologias, além de fornecer assistência quando os alunos demonstrarem dificuldades (Hew *et al.*, 2019). Dessa forma, o *design* instrucional com o uso de simulações pode ser adaptado a essas teorias para maximizar os mecanismos de aprendizagem.

Eventualmente, parece claro afirmar que as pesquisas deveriam focar mais em como simulações são utilizadas e implementadas no ensino, ao invés de meramente comparar diferentes métodos instrucionais. Fato apontando por autores como Scalise *et al.*, (2011), Rutten, Van Joolingen e Van der Veen (2012) e Chan *et al.*, (2021).

Dessa forma, enuncia-se o modelo instrucional 5E como alternativa à inserção de tecnologias, como simulações, em processos de ensino que valorizam a aprendizagem. Uma vez que, o modelo 5E pode promover diminuição da prevalência de concepções alternativas de estudantes (Supasorn; Promarak, 2015), contribuir para a retenção da aprendizagem (Grau *et al.*, 2021), se mostra superior ao ensino tradicional, quanto à mudança conceitual (Ceylan; Geban, 2009), além de apresentar bases teóricas voltadas para a teoria de aprendizagem construtivista (Duran; Duran, 2004). Servindo assim, como um movimento de aprendizagem flexível, no qual pode-se explorar de forma satisfatória potencialidades do uso de simulações interativas.

A fim de responder ao questionamento imposto no primeiro parágrafo dessa seção, ainda é necessário examinar cuidadosamente como essas tecnologias estão sendo incorporadas ao ambiente educacional. É fundamental considerar se os estudos disponíveis demonstram consistentemente que as simulações desempenham um papel substantivo em aprimorar a compreensão em ciências, estando alinhado ao processo metodológico, para que assim se possa corroborar com a afirmação de Richards, Barowy e Levin (1992).

### 3.4 TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA

A Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) é um modelo teórico desenvolvido para guiar o planejamento de ambientes de aprendizagem que promovam o desenvolvimento de competências cognitivas avançadas. Fundamentada na teoria de aprendizagem cognitiva, a TFC

ênfatisa a importância de expor os aprendizes a múltiplas representações do conhecimento, de forma a desenvolver a capacidade de compreender e aplicar conceitos em diferentes contextos. Essa abordagem é relevante em domínios de conhecimento complexos, onde é necessário lidar com informações inter-relacionadas e situações que exigem pensamento adaptativo e flexível (Jonassen, 1992).

O principal objetivo da TFC é preparar os indivíduos para diferentes cenários cognitivos, promovendo a construção de um conhecimento dinâmico que possa ser transferido para novas situações. Para isso, ela propõe estratégias pedagógicas que enfatizam a interconexão entre diferentes elementos de um conteúdo e o uso de exemplos variados para estimular a capacidade de reorganizar e reestruturar conhecimentos adquiridos previamente. Dessa forma, a TFC não apenas facilita a aquisição de conhecimentos avançados, mas também serve como base para a aprendizagem em níveis mais complexos, ampliando a habilidade de solucionar problemas em situações reais e de se adaptar a novos desafios intelectuais.

Os princípios da TFC, com base em Spiro (1987) incluem:

- Evitar instrução simplificada: a TFC tem como objetivo fomentar a interligação de conceitos e suas interconexões, buscando ir além de sequências lineares de ensino.
- Promover múltiplas representações do conteúdo: através da psicologia da aprendizagem, com base no construtivismo, suposições de que a aprendizagem seria concebida apenas de uma única forma, ou apresentaria apenas uma única representação da realidade, vêm sendo gradualmente mudadas ao se compreender que a construção da aprendizagem de objetos e eventos se dá de forma individual baseada nas experiências de cada um. Logo, a aquisição do conhecimento requer a ponderação do entendimento de múltiplas representações mentais, as quais são alcançadas por meio de um ensino que faz uso de analogias. A TFC, intencionalmente, no ensino promove variações de perspectivas e interpretações de um conteúdo.
- Enfatizar o ensino baseado em casos: ao invés de basear o ensino em apenas um exemplo, caso, é importante apresentar uma variedade de casos que ilustrem o conteúdo. Quanto maior a quantidade de casos, maiores serão as bases conceituais que os apoiam. Assim, há uma variabilidade de contextos aplicados para a aquisição do conhecimento.

- O conhecimento dependente do contexto: a abordagem tradicional de ensino tende a descontextualizar o conteúdo, a fim de tornar a transmissão de informações eficiente, o que torna o conhecimento pouco representativo. No entanto, um mesmo conteúdo pode aparecer de diferentes formas a depender do contexto. Assim, quando os estudantes são solicitados a relacionar informações a novos contextos, podem apresentar restrições cognitivas para o uso do raciocínio. A TFC afirma, assim, que o conhecimento é mais bem adquirido quando atribuído a situações relevantes.
- A construção do conhecimento: os estudantes devem ser responsáveis por construir suas próprias representações do conhecimento, a fim de adaptá-lo e utilizá-lo em novas situações. Por conta da rememoração de informações específicas, o ensino tradicional torna o conhecimento menos transferível. Dessa forma, o conhecimento se torna transferível a diferentes domínios de um problema, quando o aluno integra uma dada informação a sua estrutura cognitiva.
- O suporte à complexidade: o estudante necessita reconhecer as inconsistências de um conhecimento ao aplicá-lo a diferentes contextos ou relacioná-lo a diferentes perspectivas, durante a aprendizagem, isso contribui para a não compartimentação do conhecimento. A TFC aborda essa complexidade ao apresentar múltiplas representações e diferentes perspectivas temáticas de uma informação.

De acordo com Spiro (1987), o desenvolvimento do conhecimento ocorre a partir de três níveis de aquisição: nível introdutório, nível avançado e de especialização (Figura 4).

**Figura 4** – Fases de aquisição do conhecimento



Fonte: Adaptado de Jonassen (1992)

A TFC destaca, portanto, a necessidade de uma progressão instrucional que conduza os indivíduos desde a aquisição inicial de conhecimento até o domínio de habilidades avançadas e especializadas. No nível introdutório, os objetivos de aprendizagem são estruturados de maneira sequencial e linear, permitindo ao indivíduo construir uma base sólida de conhecimento que facilite sua evolução posterior. Esse nível é fundamental para estabelecer uma compreensão inicial dos conceitos, com interações instrucionais claras e avaliações que garantam a retenção e a aplicação básica do conteúdo. No entanto, à medida que os aprendizes avançam para níveis mais complexos, o modelo enfatiza a necessidade de ir além da linearidade, incorporando práticas que estimulem a interconexão e a contextualização do conhecimento adquirido.

No nível avançado, a interconexão entre diferentes perspectivas e contextos torna-se indispensável, pois prepara o indivíduo para lidar com situações imprevisíveis e transferir habilidades para novos cenários. Esse nível, explorado na presente pesquisa no contexto da educação, reflete um estágio crítico para a formação de indivíduos capazes de resolver problemas complexos em ambientes de incerteza. Por fim, o nível especialista, embora idealizado como o objetivo final da aprendizagem, é acessível a poucos no início de sua trajetória profissional. Ele demanda a internalização de princípios abstratos que transcendem os casos específicos e se traduzem em estruturas de conhecimento altamente interconectadas. Nesse nível, a aprendizagem é orientada pela experiência prática e pela capacidade de integrar múltiplos domínios de conhecimento para enfrentar desafios em situações inéditas.

Dessa forma, a TFC oferece uma estrutura robusta para o desenvolvimento de estratégias educacionais que valorizam a aplicação prática do conhecimento em diferentes contextos. Ao enfatizar a importância de múltiplas representações e de abordagens não lineares, a teoria não apenas promove a aprendizagem, mas também contribui para a formação de indivíduos preparados para atuar em ambientes dinâmicos. Assim, ela reforça a ideia de que a aprendizagem é um processo contínuo e cumulativo, que requer a integração de conhecimentos iniciais, avançados e especializados para a construção de competências duradouras.

A partir dos aspectos teóricos da TFC supracitados, pode-se evidenciar o modelo instrucional 5E como perspectiva de associação teórica. O modelo, ao fomentar o engajamento inicial dos estudantes, seguido pela exploração ativa de conceitos, explicação guiada, elaboração pessoal e avaliação reflexiva, atende ao cerne da TFC. Essa teoria sustenta que a capacidade de alternar entre diferentes estratégias cognitivas é essencial para o aprendizado e a resolução de problemas complexos.

Todavia, é importante destacar a premissa cíclica do ensino com o modelo. Como destacado anteriormente, se torna necessário que as fases anteriores da abordagem sejam revisitadas para que o aspecto cíclico seja de fato incorporado. Cada momento de aprendizagem, assim, não apenas reforçaria o entendimento anterior, mas também introduziria novas ideias e conceitos, permitindo aos estudantes um aprofundamento no assunto. Dessa forma, apresentamos o modelo 5E-FLEX que será mais bem detalhado na subseção a seguir.

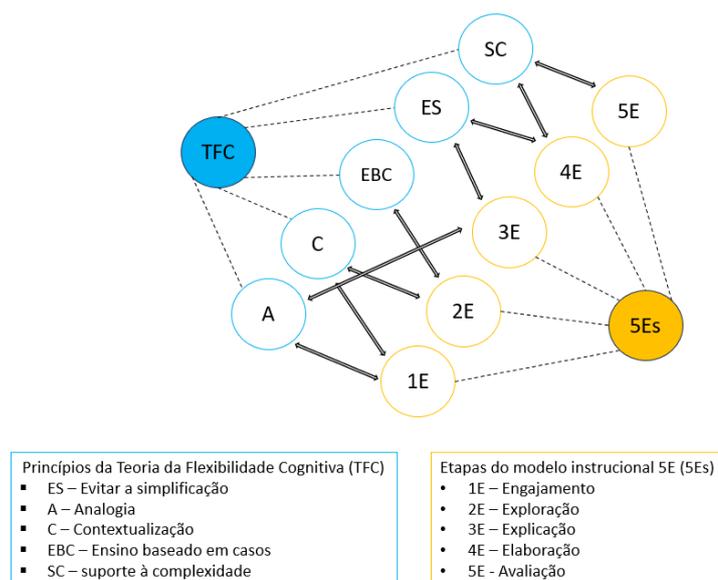
### 3.5 MODELO 5E-FLEX

O modelo 5E-FLEX representa uma integração entre o modelo instrucional 5E e os princípios da Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), configurando uma abordagem inovadora para a promoção da aprendizagem. O modelo instrucional 5E, composto pelas etapas de engajamento, exploração, explicação, elaboração e avaliação, oferece uma estrutura que orienta o desenvolvimento progressivo do conhecimento. Por sua vez, a TFC propõe estratégias que evitam a simplificação excessiva, favorecem a contextualização, incentivam o uso de analogias, adotam o ensino baseado em casos e fornecem suporte à complexidade.

A convergência dessas duas abordagens, no modelo 5E-FLEX, permite a criação de ambientes de ensino dinâmicos, nos quais os alunos desenvolvem a capacidade de transitar entre diferentes perspectivas, reorganizar o conhecimento e aplicá-lo em contextos diversificados. Esse modelo, portanto, apresenta uma estrutura conceitual que articula a linearidade instrucional com a flexibilidade cognitiva, resultando em um processo de ensino mais organizado.

No modelo 5E-FLEX, os princípios da TFC poderiam ser validados, além de demonstrar certa flexibilização e adaptabilidade das etapas da abordagem, ao permear pelas fases, a fim de consolidar os conhecimentos adquiridos e prosseguir para um conhecimento avançado. Um modelo de associação dos princípios do modelo 5E-FLEX, pode ser observado na figura a seguir (Figura 5).

**Figura 5** – Relação entre as etapas do modelo 5E com a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (Modelo 5E-FLEX)



Fonte: Os autores (2024)

Na Figura 5, as etapas do modelo 5E – engajamento (1E), exploração (2E), explicação (3E), elaboração (4E) e avaliação (5E) – são articuladas com os princípios da TFC, como evitar a simplificação (ES), uso de analogias (A), contextualização (C), ensino baseado em casos (EBC) e suporte à complexidade (SC), resultando em um processo instrucional que desenvolve a compreensão profunda e a flexibilidade do conhecimento.

No estágio inicial do modelo 5E, o engajamento (1E), há uma forte relação com o princípio da analogia (A) e contextualização (C), conforme descrito na imagem. Nessa etapa, a analogia é utilizada para ativar conhecimentos prévios e estabelecer uma ponte cognitiva entre o que o aluno já sabe e o que ele deve aprender. A analogia, como ferramenta, contribui para o engajamento ao proporcionar uma estrutura inicial compreensível, sem que haja uma simplificação excessiva, o que está alinhado ao princípio de evitar a simplificação (ES). Nesse sentido, a TFC promove a criação de cenários introdutórios, porém não triviais, que permite ao aluno reorganizar suas estruturas cognitivas.

A etapa de exploração (2E) se conecta, principalmente, com o princípio da contextualização (C) e com o ensino baseado em casos (EBC). Durante essa fase, os alunos têm a oportunidade de interagir com o conteúdo em situações que refletem problemas reais e contextos variados. O uso de casos e contextos diversificados, como preconizado pela TFC, promove a flexibilidade cognitiva ao expor os estudantes a diferentes perspectivas de um mesmo conceito ou situação. Essa estratégia não apenas facilita a aquisição de conhecimentos interconectados, mas também prepara o indivíduo para lidar com situações imprevisíveis, demandando adaptação e transferência de habilidades.

Na etapa de explicação (3E), há uma interseção direta com o princípio de evitar a simplificação (ES) e analogia (A). Aqui, os alunos são incentivados a organizar suas descobertas e compreensões adquiridas na fase anterior, de forma que suas explicações não sejam limitadas a uma única perspectiva. A TFC, ao reforçar o princípio de suporte à complexidade, orienta que os indivíduos lidem com a multiplicidade de informações, considerando diferentes níveis de abstração e aprofundamento. Assim, as explicações são enriquecidas pela variedade de casos e contextos previamente explorados, criando uma rede de conhecimentos mais robusta e interconectada.

A etapa de elaboração (4E), por sua vez, relaciona-se diretamente com os princípios de evitar a simplificação (ES) e suporte à complexidade (SC). Durante essa fase, os alunos aplicam o conhecimento em situações mais complexas, exigindo maior capacidade de adaptação. A fim de evitar a simplificação, os alunos são incentivados a explorarem níveis mais aprofundados do conhecimento de modo a melhor exporem suas aprendizagens. O suporte à complexidade, por sua vez, orienta a estruturação de problemas que requerem múltiplas abordagens, preparando o indivíduo para situações do nível avançado de aprendizagem.

Por fim, na etapa de avaliação (5E), é possível observar a convergência de todos os princípios da TFC, com destaque para o suporte à complexidade (SC). A avaliação, nessa perspectiva, não se limita à verificação de informações memorizadas, mas abrange a capacidade do estudante de aplicar o conhecimento adquirido em situações novas. A TFC propõe que a avaliação deve considerar a flexibilidade cognitiva demonstrada, ou seja, a habilidade de transitar entre diferentes perspectivas, reorganizar o conhecimento em diferentes contextos e resolver problemas com base em princípios abstratos.

Portanto, o modelo 5E-FLEX articula de forma crítica as etapas do modelo instrucional 5E com os princípios fundamentais da TFC, criando um ambiente instrucional que favorece o desenvolvimento de um conhecimento flexível, adaptativo e transferível. Essa integração proporciona uma aprendizagem que não apenas facilita a compreensão de conceitos complexos, mas também prepara os alunos para lidar com os desafios cognitivos exigidos em cenários reais e dinâmicos.

Do ponto de vista dos professores, o modelo 5E-FLEX apresenta-se como uma abordagem pedagógica estruturada, mas ao mesmo tempo adaptativa. A estrutura progressiva do modelo permite que os docentes atuem como mediadores do conhecimento, organizando situações de aprendizagem que transitam entre a simplicidade inicial e a complexidade progressiva. Nesse sentido, os professores podem promover atividades que incentivem a construção de uma rede interconectada de conhecimentos.

Além disso, a implementação do modelo 5E-FLEX requer dos professores uma postura reflexiva e criativa na elaboração e condução de suas práticas pedagógicas. A necessidade de evitar simplificações excessivas e de fornecer suporte à complexidade demanda um planejamento cuidadoso, no qual as atividades propostas devem ser contextualizadas. Esse modelo desafia os educadores a irem além do ensino tradicional, promovendo ambientes de aprendizagem baseados em analogias, estudos de caso e situações-problema. Ao mesmo tempo, a etapa de avaliação no 5E-FLEX oferece a oportunidade de observar o progresso dos alunos não apenas em termos de retenção de informações, mas também em relação à sua capacidade de transferência e aplicação do conhecimento em cenários imprevisíveis. Portanto, ao adotar o modelo 5E-FLEX, os professores podem desempenhar um papel ativo na formação de estudantes mais autônomos.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo adota uma abordagem qualitativa (Bodgan; Biklen, 1982), pautada pela utilização de métodos que se caracterizam por uma análise descritiva e interpretativa. Acerca dos objetivos, esta pesquisa se caracteriza como exploratória, pois visa estudar como uma variável se comporta, seu significado e contexto, tal qual como se insere (Piovesan; Temporini, 1995). Sendo nesta pesquisa a avaliação do modo como professores em formação elaboram estratégias didáticas envolvendo a abordagem 5E-FLEX com simulação interativa.

No que tange os procedimentos técnicos adotados na metodologia, o estudo possui características de uma pesquisa-participante, uma vez que contempla a relação e colaboração entre o pesquisador e os participantes da pesquisa (Gil, 2008).

### 4.2 CONTEXTO E POPULAÇÃO DA PESQUISA

O local de estudo da pesquisa foi a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Acadêmico do Agreste (CAA), localizada no município de Caruaru-PE. Tendo como alvo da intervenção uma turma de estudantes do curso de Química-Licenciatura. Para a execução da proposta da pesquisa foi solicitada uma Carta de anuência do responsável da instituição (Anexo A).

Os sujeitos de pesquisa selecionados foram aproximadamente 12 estudantes de uma turma do curso de Química-Licenciatura da UFPE/CAA. No momento da pesquisa, os discentes selecionados estavam a cursar a disciplina de Metodologia da Pesquisa Educacional, ofertada na grade curricular do curso. A escolha da disciplina se deu pela oportunidade de discutir acerca dos aspectos teórico-metodológicos que dão base à pesquisa em questão. A participação dos discentes foi consentida através da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo B). Além do Termo de Autorização de uso de Imagens e Depoimentos (Anexo C).

### 4.3 ETAPAS DA INTERVENÇÃO

A intervenção proposta neste projeto foi organizada na forma de uma oficina, delimitada em três encontros, os quais estão sistematizados no Quadro 5.

**Quadro 5** – Descrição das etapas e coletas de dados da intervenção

Encontro	Aulas	Descrição	Coleta de dados	Objetivo
I	2h/a	- Discussão sobre os aspectos teórico-metodológicos do uso de simulações interativas no ensino de química; - Apresentação da abordagem 5E, evidenciando de limitações e discussões de pesquisas da área.	- Sistematização das percepções dos discentes sobre a estrutura dos artigos selecionados; - Gravação de áudio.	- Compreender a abordagem teórico-metodológica e as limitações das simulações interativas, bem como a estrutura dos artigos científicos na área.
II	2h/a	- Discussão acerca da TFC e sua aplicabilidade ao modelo 5E como perspectiva de flexibilização das etapas do modelo; - Elaboração, em equipes, das estratégias didáticas envolvendo a perspectiva 5E-FLEX com simulação interativa.	- Sequências didáticas produzidas.	- Promover a elaboração colaborativa de estratégias didáticas utilizando o modelo 5E-FLEX com base na TFC e nas simulações interativas.
III	2h/a	- Apresentação e discussão das estratégias elaboradas; - Aplicação de um questionário.	- Gravação de áudio; - Entrega da estratégia elaborada; - Questionário.	- Avaliar as estratégias didáticas elaboradas e sistematizar as percepções dos participantes sobre sua aplicabilidade.

Fonte: Os autores (2023)

No primeiro encontro foi apresentado os pressupostos da pesquisa, os discentes foram divididos em duplas ou trios. Sendo feitas discussões sobre o uso de simulações interativas no ensino, tendo por base as simulações do PhET<sup>1</sup>, potencialidades do recurso, limitações de pesquisas na área, além da apresentação do modelo 5E como perspectiva metodológica de implementação de simulações.

Após isso, os discentes receberam artigos para leitura e posterior discussão do caráter teórico-metodológico das propostas envolvendo o modelo 5E. A seleção dos artigos se deu através de uma revisão na Plataforma de Periódicos da CAPES no período de 2000 a 2024, com as palavras-chave: “modelo 5E” OR “5E” OR “ensino 5E”, tendo como critérios de seleção artigos nacionais e que descrevessem estratégias aplicadas ao ensino com o modelo.

No segundo encontro foi apresentado a TFC, características inerentes e possibilidades de aplicação junto ao modelo 5E. Em seguida, as equipes foram encaminhadas ao laboratório de informática para a elaboração de uma estratégia didática com uma simulação interativa, associando os pressupostos teórico-metodológicos apresentados na oficina (modelo 5E-FLEX).

<sup>1</sup> Disponível em: < <https://phet.colorado.edu/>>. Acesso em: 13 de ago. de 2023.

No terceiro encontro, as equipes apresentaram as propostas elaboradas, descrevendo como construíram e suas supostas adequações teóricas. Por fim, foi aplicado um questionário aberto (Anexo A), como método de coleta, com o objetivo de avaliar as perspectivas dos discentes quanto à abordagem da pesquisa, bem como a viabilidade de validação das estratégias elaboradas na educação básica. A utilização desse método permite a obtenção de respostas mais precisas, proporciona liberdade aos participantes na redação das respostas devido ao anonimato, e minimiza os riscos de distorção nas respostas, uma vez que não há influência direta do pesquisador (Marconi; Lakatos, 2002).

As discussões realizadas durante o primeiro e terceiro encontros foram registradas na forma de gravações de áudio, para posterior transcrição e codificação. A utilização desse procedimento visou garantir um registro preciso das discussões para fins de análise.

#### 4.4 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos no primeiro encontro, por meio das considerações dos discentes através da gravação de áudio, foram submetidos a uma análise focada na avaliação e percepção dos discentes em relação às metodologias e abordagens empregadas nas pesquisas lidas, notadamente aquelas que envolvem a aplicação do modelo instrucional 5E.

Para a análise, cada equipe recebeu codificação em ordem numérica, sendo DX, no qual D representa o discente e X a numeração atribuída. Esta análise visou elucidar como os alunos interpretaram e avaliaram a eficácia, pertinência e aplicabilidade dessas estratégias no contexto do processo de aprendizagem.

No terceiro encontro, com a gravação de áudio das apresentações das equipes das sequências didáticas elaboradas, sendo as mesmas dos momentos anteriores, foram utilizados como critérios de análise: a descrição das etapas do modelo, as associações com os princípios da TFC estabelecidos e o modo como as simulações interativas foram inseridas por cada equipe.

Após isso, foi aplicado um questionário aberto, visando a análise das percepções dos discentes no contexto geral da pesquisa, sendo descritos através de codificação, garantindo o anonimato da pesquisa. Foi utilizado como método analítico a Análise de Conteúdo (Bardin, 2016), a qual permite verificar diferentes fontes de conteúdo e interpretá-las, buscando estabelecer categorias para a compreensão do conteúdo. Esse método é constituído por três etapas: a pré-análise, exploração do material e tratamento das informações.

A pré-análise foi caracterizada pela sistematização e organização do material coletado, sendo realizada uma leitura flutuante, com refinamento dos dados. Nessa fase, o critério de

prosseguimento na análise foi baseado na resolução integral de todas as respostas. A exploração do material consistiu em codificar os dados. As respostas dos discentes foram agrupadas por categorias que refletissem o sentido geral, sendo desenvolvidas subcategorias para os casos necessários.

De acordo com Bardin (2016), as categorias podem ser elaboradas *a priori*, quando constituídas inicialmente, antes da análise do corpus de pesquisa ou *a posteriori*, quando a análise aprofundada já foi realizada e a partir dos dados obtidos são criadas categorias posteriormente, de modo a se agrupar os dados que mais se assemelham. Assim, para o contexto da pesquisa, as categorias foram elaboradas *a posteriori* com base nas respostas dos discentes ao questionário aplicado no fim da pesquisa. Por último, na etapa de tratamento dos resultados e interpretação foram realizadas inferências com base nos referenciais teóricos adotados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, os principais dados e resultados da pesquisa serão organizados nas seguintes subseções: discussões teórico-metodológicas do modelo 5E, modelo 5E-FLEX: estratégias de ensino e pressupostos gerais da pesquisa. A fim de melhor garantir uma análise com base na sequência metodológica da intervenção.

### 5.1 DISCUSSÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS DO MODELO 5E

Com o objetivo de discutir acerca do modelo 5E no contexto de sala de aula, após as discussões inferidas acerca das simulações interativas e os pressupostos teóricos do modelo 5E, os estudantes foram divididos em duplas, e um trio, para leitura e análise de textos envolvendo o modelo. É válido destacar que, durante as discussões sobre o que seriam simulações interativas e seus pressupostos no contexto de ensino, nenhum discente demonstrou conhecimento da tecnologia e tampouco sabiam identificar o recurso, o que demonstra que os discentes participantes estariam entrando em uma pesquisa na qual teriam os primeiros contatos com a tecnologia.

No que concerne à etapa da análise dos artigos, a escolha dos textos se deu a partir de uma revisão de literatura no Portal de Periódicos da CAPES, no período de 2000 a 2024, utilizando as palavras-chave: “modelo 5E” OR “5E” OR “ensino 5E”, tendo como critérios de seleção artigos nacionais que descrevessem o modelo 5E em sua aplicação no ensino. Do total de artigos encontrados (10), apenas 6 fizeram parte do arcabouço da pesquisa, aderindo aos critérios de inclusão, estando descritos no Quadro 6.

**Quadro 6** – Descrição dos artigos sobre o modelo 5E no ensino publicados nos últimos 24 anos.

	<b>Título</b>	<b>Revista/ano</b>	<b>Área de concentração</b>	<b>Nível de ensino</b>
A1	Ensino investigativo sobre a importância da vacinação para a promoção da saúde	Revista Temas e Matizes/2023	Biologia	Ensino Médio
A2	O modelo instrucional 5E e o ensino de Química: definições e estratégias	Research, Society and Development/2022	Química	Ensino Médio
A3	Redescobrimo o sistema reprodutor: Aprendizagem baseada no ensino investigativo	Revista Metodologias e Aprendizado/2023	Biologia	Ensino Médio
A4	Sequência de ensino-aprendizagem em farmácia: metodologia ativa com o tema perfume	Revista Ensaios Pioneiros/2018	Farmácia (cosmetologia)	Ensino Superior

A5	Análise da qualidade de medicamento à base de cloreto de sódio: proposta para aulas práticas de controle de qualidade físico-químico	Revista Ensaios Pioneiros/2023	Farmácia	Ensino Superior
A6	Modelo 5E e aprendizagem por descoberta: a luz e seus impactos na tecnologia cotidiana	Plurais Revista Multidisciplinar/2021	Física	Ensino Médio

**Fonte:** Os autores (2024)

No contexto da pesquisa, foram analisados os cinco primeiros artigos apresentados no Quadro 6, devido ao número de alunos participantes no dia (9). Os pontos de análise dos artigos foram a descrição e adequação do modelo 5E e a presença ou ausência da revisitação das etapas. Foram formados quatro duplas e um individual, cada equipe recebeu codificação em ordem numérica, incluindo os discentes, sendo DX, no qual D representa o discente e X a numeração atribuída, e as análises dos textos inferidas pelas equipes estão descritas a seguir, através de suas falas.

Um dos aspectos descritos acerca do modelo 5E, e que foi discutido durante a oficina, é a revisitação das etapas do modelo. Por mais que o modelo 5E tenha como base teórica o ensino cíclico, consideramos oportuno destacar a restrição que essa revisitação das etapas ocorre, o que acarreta pesquisas desenvolvidas na área que não levam esse aspecto em conta. Com a análise dos artigos realizada, as reflexões das equipes referente à revisitação das etapas foi considerada. A Equipe 1 destacou os seguintes pontos:

**D1:** *“Algo que eu notei nessa estratégia foi que, a questão da rotatividade no modelo 5E foi focada mais na fase da exploração. Quando a gente teve as etapas rotativas. Mas aí essa rotatividade, a meu ver, não aconteceu tanto nas outras etapas. Ela foi mais focada na parte da exploração”.*

**D2:** *“Eu só acho que essa parte rotativa ele [professor] não tem como voltar tanto pelo tempo de aula que foi atribuído. Como foram quatro aulas em duas horas em um dia e duas horas no outro. Então foi uma atividade muito corrida. Não dava tempo de voltar... Ah não a gente vai voltar aqui para rever esse seu argumento. Então foi uma coisa contínua por causa do tempo”.*

É válido destacar que, o tempo, algo pontuado pelo D2, é importante durante a estratégia envolvendo o modelo 5E. Como discutido por Bybee (2014), é necessário que a proposta tenha um tempo de duração de pelo menos duas semanas, no qual cada fase possa ser implementada em uma ou mais aulas, uma vez que se pode haver prejuízos. Um desses prejuízos se perfaz nas

dificuldades de revisitação das etapas e oportunidades de reestruturação de conceitos. Como o próprio discente relata e sugere mais a frente:

**D2:** *“Eu acredito que se o pesquisador tivesse mais tempo, ele teria conseguido fazer essa rotatividade. Mas aqui foi uma maneira mais fluxa, mas direta”.*

Através da leitura do A1, fica claro que na etapa da Exploração se revisita o que foi desenvolvido no Engajamento, através da análise das hipóteses prévias dos questionamentos lançados, como a D1 comentou. Contudo, como comentado pela Equipe 1, a revisitação das etapas se tornou fragilizada. A partir da Explicação, as etapas do modelo seguem padrões diretivos, sendo a avaliação considerada apenas no que foi desenvolvido na Elaboração, desconsiderando aspectos anteriores. Além disso, devido ao não detalhamento da Exploração, fica pouco evidente a associação das atividades realizadas na etapa com a necessidade de responder aos questionamentos iniciais.

A Equipe 2 trouxe as seguintes considerações acerca do aspecto cíclico da pesquisa que leram (A2).

**D3:** *“Bom, assim, no meu ponto de vista, eu realmente [...]. Eu acho que não tem como fazer essa coisa cíclica como foi falado anteriormente porque a maioria das coisas foi... é... as duas partes primeiras foram on-line e tipo, a gente que é aluno... a gente sabe que a gente vai pesquisar a resposta, e por exemplo, ah o professor pergunta para o aluno: - O que é o petróleo? O aluno não vai saber isso? Mesmo se for de forma on-line, ele não vai saber, ele vai pesquisar aquilo. Então, eu acho que não dá para ter essa coisa de tipo, vou voltar para aquela parte lá.”*

**D4:** *“É seguindo o que o [D3] falou. Eles... digamos que eles tiveram que voltar, porque quando eles foram fazer o debate, eles tiveram que pensar: - Ah, eu tenho que aprender sobre o petróleo e realmente, assim [...] eles fizeram de modo on-line... Eles poderiam, assim, só olhar mesmo para dizer que viu e anotar alguma coisa, se o professor o perguntasse ia ler o que o professor perguntou. Então eu acho que esse caso de ser cíclico, eu também concordo com o [D3], eu acho que tem que se voltar para alguns pontos porque é importante.”*

O A2 propõe a execução do modelo 5E em um contexto de ensino híbrido sobre o tema petróleo. Um ponto válido a ser destacado é, praticamente, a inexistência de associação entre as etapas do modelo, no sentido de produzir uma transição adequada entre o que está sendo desenvolvido e os pressupostos teóricos envolvendo o 5E. O Engajamento se deu com um

questionário on-line, na Exploração os alunos leram matérias sobre o tema para posterior debate presencial, Na Explicação os alunos elaboraram seminários sobre temas selecionados, na Elaboração, eles apresentaram esses seminários e na Avaliação, o professor pontua os alunos com base na participação.

Em nenhum dos momentos se percebe a revisitação das etapas, mesmo a D4 argumentando que os alunos tiveram que pesquisar sobre o tema para o debate na Exploração não se configura como revisitação da etapa do Engajamento, visto que o debate foi efetuado com os textos próprios da etapa de Exploração. Com interações limitadas, durante o período de realização, se não utilizados de forma adequada, momentos *on-line* podem acarretar dificuldades de acompanhamento do professor do processo de aprendizagem, sendo uma das críticas do Discente 3.

O A3 aborda sobre o estudo do sistema reprodutor no ensino. Durante a proposta, com tempo de duração igual ao A1, 2h/aula, os alunos pesquisaram (Exploração), discutiram (Explicação) e produziram um material (Elaboração) voltado para a pergunta norteadora sorteada e criada por eles na etapa de Engajamento. A atividade traz elementos do modelo 5E ao elaborar materiais com pesquisas realizadas. Contudo, as etapas parecem fragilizadas diante das perspectivas necessárias.

No Engajamento, os estudantes não são apresentados a uma atividade intrigante ou que promova a curiosidade, tampouco as concepções prévias dos alunos são acessadas (Bybee et al, 2006). Na exploração, os alunos apenas pesquisam por respostas às perguntas lançadas, desconsiderando o aspecto prático que deveria ser desencadeado com base no conflito cognitivo do Engajamento. Além disso, na Explicação, apenas a leitura ou apresentação das respostas obtidas não se classifica como satisfatória, uma vez que conceitos mais abstratos devem ser tratados com mais ênfase nessa etapa. Como o próprio D5 pontua, acerca do aspecto cíclico:

*D5: “Foi bem direta a atividade. Eu não percebi essa volta de ciclo. Foi seguindo etapa por etapa.”*

Por mais que a atividade possa ter sido proveitosa no contexto de sala de aula, o modelo 5E foi explorado de forma inadequada, desconsiderando os fundamentos teóricos do modelo.

O A4, diferente dos demais, descreve um contexto do Ensino Superior, no curso de Farmácia. Ao analisar a inserção do modelo 5E na proposta, constata-se que as etapas foram desenvolvidas conforme os pressupostos teóricos do modelo, ao contribuir no desenvolvimento

da aprendizagem, com apenas algumas ressalvas. Acerca do aspecto cíclico o D6 apresentou os seguintes pontos:

**D6:** *“E aí a gente conseguiu perceber que ele revisita as áreas, que foi um problema que você falou, na parte da explicação. Porque ele diz que a parte da explicação foi uma aula expositiva sobre o tema e abordando teóricos relevantes ao tema perfume e cosmetologia. Nessa parte da explicação, ele revisita a exploração quando ele na aula, ele também fala dos óleos essenciais e faz essa ponte entre a teoria e a prática. O que eles estavam vendo em laboratório e agora em sala com a aula expositiva com os teóricos.”*

Por mais que, como destacado pelo discente, o professor retome tópicos trazidos no Engajamento e Exploração, a etapa da Explicação se dá, majoritariamente, de modo expositivo, as explicações dos alunos deveriam exploradas, de modo a se identificar possíveis incompreensões conceituais persistentes (Duran; Duran, 2004; Bybee, 2014).

Outro ponto da estratégia, que apresenta aspecto cíclico, diz respeito à etapa da Avaliação, como o D6 retoma:

**D6:** *“Ele também faz essa ponte, ele volta quando na avaliação, ele também usa da elaboração que foi a aula prática para poder avaliar os alunos. Ele usou a aula prática que foi com os óleos essenciais que a gente já falou na exploração e dos mapas conceituais e pegou esse conjunto, e conseguiu formular uma avaliação.”*

O comentário do D6 destaca a natureza cíclica adotada, e que foi observada no artigo, na qual a avaliação não é tratada como um momento isolado, mas como uma etapa que retoma e integra elementos previamente explorados.

O último artigo analisado foi o A5, no mesmo contexto de Ensino Superior, a proposta foi subdividida em 4h/aula para as etapas de Engajamento, Exploração e Explicação, seguidas de mais 4h/aula com Elaboração e Avaliação. Por mais que os autores relatem os tópicos apresentados nas etapas do modelo 5E, apenas a etapa de Elaboração é detalhada, o que deixa o leitor confuso de como as etapas foram realmente seguidas. Além de inviabilizar uma análise direta do aspecto cíclico do modelo, o que pode ter dificultado à Equipe 5 de realizar uma análise apropriada. Como a Equipe destaca:

**D8:** *“Deu para perceber nesse artigo que de acordo com o modelo 5E ele segue basicamente à risca. Segue um padrão descrito [...]. Podemos notar que ele nunca revisita as etapas anteriores.”*

As etapas do modelo, descritas no artigo, de fato, não deixam claro como as etapas estão interligadas. De modo que, as ações realizadas poderiam ser tratadas de forma desconexa. Somente a Avaliação, que também não está detalhada, deixa a entender que leva em conta a experimentação realizada na Etapa de Elaboração, como destacado pelo D8, quando questionados:

**Pesquisador:** *“Como foi feita a etapa de Avaliação descrita no artigo?”*

**D8:** *“Foi feita uma análise crítica dos resultados. Possa ser que ele [professor] tenha revisitado na Etapa da Avaliação. Para ele tirar as conclusões ele teve que rever né [o que foi feito na Elaboração].”*

A análise dos artigos apresentados evidencia que muitas das abordagens de uso do modelo 5E negligenciam o caráter cíclico preconizado pela teoria. Além disso, de modo geral, os discentes destacaram a falta de interconexão entre as etapas do modelo e a revisitação de elementos anteriores, sendo pontos de análise atribuídos.

## 5.2 MODELO 5E-FLEX: ESTRATÉGIAS DE ENSINO

No segundo encontro, foram desenvolvidos planos de ensino envolvendo o modelo 5E-FLEX, participaram 11 alunos no momento, sendo as Equipes 1, 2, 3 e 5. É válido pontuar que, novos discentes compõem as equipes, visto que não haviam comparecido à aula anterior e a Equipe 4 não compareceu a esse encontro. Inicialmente, através de uma discussão estabelecida pelo pesquisador, foi apresentado a Teoria da Flexibilidade Cognitiva, ressaltando suas perspectivas teóricas e de aplicação no ensino, destacando-se os pontos que iriam compor o modelo 5E-FLEX, sendo: evitar instrução simplificada, promoção de múltiplas representações do conteúdo (analogias), enfatizar o ensino baseado em casos, o conhecimento dependente do contexto, a construção do conhecimento e o suporte à complexidade, presentes na Figura 5.

Após esse momento, as equipes foram orientadas à criação das sequências didáticas envolvendo o modelo 5E-FLEX. Eles deveriam associar os pontos trazidos da TFC ao modelo 5E de modo a permitir uma melhor flexibilização do conhecimento. Além disso, deveriam

escolher, no mínimo uma das simulações do PhET para inserção na estratégia, atentando-se para o modo como seria integrada no ensino.

A criação das sequências didáticas se deu no laboratório de informática da instituição (Figura 6). Os alunos formaram equipes e elaboraram as estratégias através do site PhET de simulações interativas. Os planos de ensino elaborados são apresentados na íntegra e encontram-se nos Apêndices B, C, D e E. Pontua-se que, as Equipes 2 e 3 não enviaram as sequências didáticas ao pesquisador, sendo assim nos Apêndices C e D aparecem apenas as descrições das estratégias didáticas com base na apresentação e discussão dessas equipes.

**Figura 6** – Produção das estratégias de ensino envolvendo o modelo 5E-FLEX



**Fonte:** Os autores (2024)

No terceiro encontro da oficina, as equipes apresentaram suas estratégias e houve discussões dos pressupostos teóricos do modelo 5E-FLEX e a implementação das simulações interativas. Participaram desse momento 9 discentes, representantes das Equipes 1, 2, 3 e 5. Durante as apresentações das estratégias de ensino, pelas equipes, foi solicitado que descrevessem como os princípios da TFC estariam inseridos na proposta. O momento foi gravado em áudio, tendo as transcrições das falas das equipes como recurso de análise. Para organização dos dados, são analisadas as etapas do modelo 5E, descritas pelas equipes, sua relação com a TFC (5E-FLEX) e o modo como as simulações interativas foram utilizadas.

A Equipe 1 escolheu o tema Concentração de Soluções, para uma turma de 2º ano do Ensino Médio, tendo delimitado um período de 5 encontros com 1h/aula cada. Sendo a primeira referente ao Engajamento, segunda e terceira Exploração e Explicação, e as duas últimas Elaboração e Avaliação. A simulação interativa escolhida pela equipe foi a Concentração<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Disponível em: < [https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_all.html?locale=pt_BR) >. Acesso em: 26 de ago. de 2024.

Inicialmente, a Equipe 1 achou pertinente especificar o público-alvo no qual a estratégia de ensino estaria inserida, sendo uma das turmas do 2º ano do Ensino Médio, do curso técnico de Redes da Escola Técnica Estadual Maria José Vasconcelos, em Bezerros-PE, utilizando-se as aulas de Química ou Trilhas de Ciências da Natureza, devido à carga horária das disciplinas. A síntese das etapas do modelo pode ser observada na Figura 7.

**Figura 7** – Etapas do modelo 5E para a Equipe 1



Fonte: Os autores (2024)

No Engajamento, a Equipe 1 considerou a contextualização a partir de situações da culinária, ou preparos na cozinha, envolvendo o dessalgar da carne de charque e preparo do arroz. A ideia da equipe foi de promover uma discussão com a turma para que evidenciassem suas ideias referentes aos questionamentos e pudessem compartilhar situações correlatas. Prosseguindo, a Equipe considerou importante trazer ao fim da aula novos questionamentos referentes ao aumento ou diminuição da concentração de sal nos contextos, introduzindo tópicos como soluções insaturadas, saturadas e supersaturadas.

Mais detalhes deveriam ser apresentados pela Equipe 1, como os questionamentos e as situações da cozinha que seriam empregadas. Além disso, questionamentos aos estudantes do comportamento molecular em soluções, como o descrito na Figura 8, podem não surtir o efeito desejado nessa etapa inicial, uma vez que, muitos estudantes podem apresentar dificuldades em associar conceitos a nível atômico-molecular.

**Figura 8** – Texto extraído da sequência didática

concentração para a dinâmica. Ao final do processo seriam levantados questionamentos sobre comportamento molecular dos compostos em solução perante o aumento ou diminuição de suas respectivas concentrações, classificando os sistemas insaturados, saturados e supersaturados de modo que eles fossem provocados a explicar esses fenômenos partindo de uma perspectiva culinária que pudesse ser justificado cientificamente. Durante todos os

**Fonte:** Os autores (2024)

Na Exploração, os estudantes seriam levados ao laboratório de química da escola, tendo uma área para experimentação e outra com computadores disponíveis. Eles seriam divididos em grupos de 5 pessoas e seriam instruídos a produzirem soluções insaturadas e saturadas, explicando através da simulação Concentração o comportamento da concentração, quantidade de soluto e solvente. Ao terem os dados sistematizados, na Explicação, a turma iniciaria uma divulgação dos resultados obtidos pelas equipes, tendo o professor como mediador dos aspectos conceituais e melhores aprofundamentos.

A Equipe 1 considerou a revisitação da etapa anterior pela exploração dos conceitos de classificação das soluções, além de os aprofundar na Explicação, o que foi um ponto discutido durante a oficina e esperado nas estratégias, a busca pela revisitação de aspectos das etapas anteriores.

Na Elaboração, a Equipe 1 considerou o contexto escolar no qual os alunos do 2º ano da escola já teriam experiências em elaboração de aplicativos de smartphone, através do curso de Redes da instituição. Os estudantes elaborariam aplicativos que reunissem as informações que coletaram durante a Etapa de Exploração e Explicação e, a partir disso, produzissem um aplicativo que buscasse apresentar outros contextos cotidianos envolvendo o tema de Concentração de Soluções. Para isso, os alunos utilizariam os computadores do laboratório de informática da instituição, ao final do processo eles iriam apresentar o aplicativo criado e suas funcionalidades.

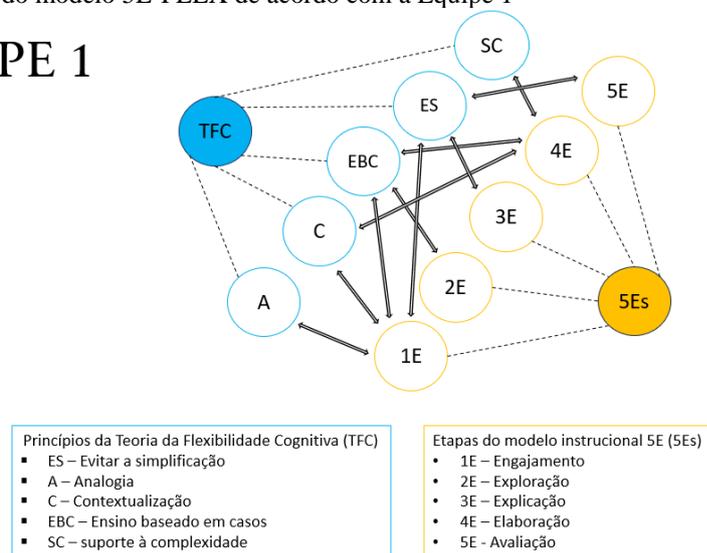
A Avaliação, de acordo com a Equipe 1, seria contínua, e levaria em conta todas as produções elaboradas durante a sequência didática. Porém, não especifica como se dará ou como os materiais produzidos e discussões feitas seriam avaliados.

De um modo geral, a Equipe propõe na Elaboração a aplicação do conceito produzido durante os momentos anteriores de aula, além de promover novas perspectivas de associação dos conceitos estudados. Isso é algo discutido por Spiro (1987), quando o estudante necessita reconhecer as inconsistências de um conhecimento ao aplicá-lo ou relacioná-lo a outras perspectivas, isso contribui para que o conhecimento não se torne compartimentado.

As associações do modelo 5E-FLEX para a Equipe 1 podem ser observadas na Figura 8, tais associações se deram de modo autônomo pela equipe através da discussão das propostas e possíveis ajustes que as equipes consideraram pertinentes. Acerca da incorporação dos princípios da TFC na estratégia de ensino, a Equipe 1 pondera o uso de analogias e contextualização na etapa de Engajamento para verificar as concepções iniciais dos estudantes, o que condiz com a teoria e com o modelo 5E, a fim de produzir conflito cognitivo (Grau *et al.*, 2021), que posteriormente deve ser explorado. Na Exploração, o uso de diferentes casos se perfaz na possibilidade de variabilidade de contextos de aplicação para a aquisição do conhecimento (Spiro, 1987), a Equipe 1 faz uso de experimentação real e virtual.

**Figura 8** – Associações do modelo 5E-FLEX de acordo com a Equipe 1

## EQUIPE 1



**Fonte:** Os autores (2024)

Na Elaboração se tem o Suporte à Complexidade, o que pode ser consequência dos esforços cognitivos associados à sistematização do conhecimento e aplicação a novos. No contexto da Elaboração a Equipe 1 sugere a criação de um recurso com novas perspectivas do conteúdo, tendo, assim, novos casos ou situações em que o tema está inserido.

A Avaliação, de fato, sugere o Suporte à Complexidade, de forma que se deve levar em conta todo o contexto de execução da estratégia de ensino, contudo, a Equipe 1 descreve de modo bastante simples o método de avaliação, sendo necessário mais detalhes para possíveis inferências.

A simulação interativa foi inserida apenas na etapa de Exploração. Ao verificar o modo como foi descrita, os estudantes deveriam explorar, de forma autônoma, a simulação, a fim de produzir explicações para o que foi vivenciado durante a experimentação com os materiais em

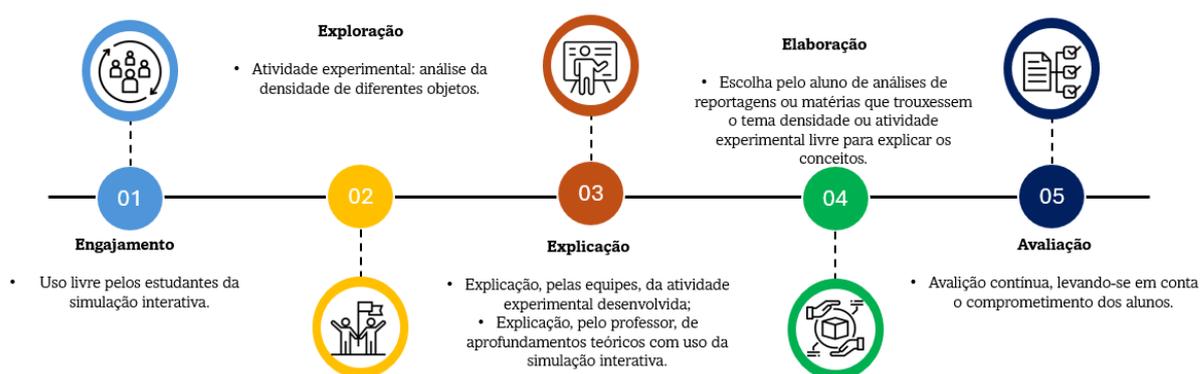
laboratório. O fato de explorar o recurso, de modo a obter respostas satisfatórias se perfaz como estratégia de organização do conhecimento, os alunos verificariam quais as melhores formas de produzir o resultado esperado.

Como o recurso permite ciclos rápidos de repetição com *feedback* imediato, os alunos poderiam repetir situações com otimização de tempo (Moore *et al.*, 2014). Além disso, sem a presença de um roteiro pré-determinado, é possível que diferentes grupos possam ter diferentes respostas para uma mesma situação, o que pode permitir uma variabilidade de discussões para um mesmo problema.

Utilizar a simulação interativa na Exploração é uma possibilidade diante dos pressupostos que a etapa promove, sendo oportunidades de os estudantes construírem novas explicações que fazem sentido para eles (Bybee, 2014), além de coletar informações relevantes para melhor organização do conhecimento (Grau *et al.*, 2021) e o professor pode servir como mediador para que os alunos explorem o recurso (Rutten; Van Joolingen; Van der Veen, 2012).

A Equipe 2 escolheu o conteúdo de densidade para a estratégia didática elaborada, para uma turma do 1º ano do Ensino Médio, durante 10 aulas, na disciplina de química, sendo 2 aulas para cada etapa do modelo. A simulação interativa escolhida pela Equipe 2 foi Densidade<sup>3</sup> e a síntese das etapas da sequência didática produzida pela Equipe pode ser observada na Figura 9. Além do mais, a Equipe 2 ganhou uma nova integrante, sendo identificada na pesquisa como D4X, de modo a não produzir dificuldades de identificação das falas dos discentes.

**Figura 9** - Etapas do modelo 5E para a Equipe 2



**Fonte:** Os autores (2024)

Para o Engajamento, A Equipe 2 estabeleceu oportunizar aos alunos um momento para conhecer a simulação interativa. Em equipes, os estudantes fariam testes, de modo autônomo,

<sup>3</sup> Disponível em: < [https://phet.colorado.edu/sims/html/density/latest/density\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/density/latest/density_all.html?locale=pt_BR)>. Acesso em: 01 de set. de 2024.

de diferentes materiais presentes na simulação e observariam o comportamento das variáveis. Na Exploração, a Equipe 2 sugere que os alunos tragam diferentes objetos de casa para realização de testes de densidade em água, através de uma atividade de “afunda ou boia”. A fim de explorar essa etapa, a Equipe considerou realizar os seguintes questionamentos aos estudantes, através da fala do D4X:

**Equipe 2 (D4X):** *“A gente solicitaria deles a visão que tiveram e o entendimento que conseguiriam aplicar relacionado ao que observaram. O que acham que aconteceu, por que acham que o objeto afundou ou boiou, se eles consideram pelo tamanho se o objeto iria afundar ou boiar, quais as percepções deles relacionadas a essas questões [...]. A gente iria perguntar de forma simplista, para que eles pudessem trazer essas observações que eles tiveram.”*

Ao fim da apresentação da Equipe, quando questionados sobre como a atividade do “afunda ou boia” iria acontecer na atividade da Exploração, a Equipe apresentou a informação de que a atividade seria feita num grande grupo, de modo demonstrativo pelo professor, como no extrato da discussão realizada a seguir.

**Pesquisador:** *“Essa atividade do afunda ou boia seria em equipes ou individual?”*

**Equipe 2 (D4X):** *“A gente pretender interagir com a turma de forma geral...”*

**Pesquisador:** *“Seria demonstrativo?”*

**Equipe 2 (D4X):** *“Demonstrativo, no caso, eu vou pedir para esses alunos trazerem esses objetos e eu como mediadora vou perguntar a eles se eles consideram que esses objetos afundam ou boiam [...]. E aí eles vão se dividir, no caso, em duas equipes que acham que vai boiar e acham que vai afundar”.*

É válido pontuar que, a Exploração, como as demais, é uma etapa importante durante o modelo 5E-FLEX, é nela que os estudantes verificam suas hipóteses, fazem testes e analisam os resultados inferidos (Bybee et al., 2006). Todavia, a Equipe considera que essa etapa deva ser feita de forma demonstrativa pelo professor, o que desconsidera os parâmetros de interação que a fase solicita, visto que nem todos os alunos irão participar durante o momento. Assim, em outro trecho da discussão, o pesquisador evidencia esse aspecto à Equipe:

**Pesquisador:** *“A exploração é uma das etapas que é “mão na massa”, o aluno põe a “mão na massa” para realização de atividades. Acho que nessa proposta de vocês seria interessante ver uma forma de fazer com que o aluno realize a prática, nem que*

*seja em grupos, para não ser apenas a ideia de explicação do que o que o professor estar fazendo ali. Se vocês puderem pensar numa forma de incluir os alunos nesse processo seria importante”.*

**Equipe 2 (D4X):** *“No caso, eles realizarem o experimento e eles mesmos testaram os objetos na água.”*

Além disso, a realização dos testes de densidade descritos apresenta limitações, pois apenas analisar se um material boia ou afunda não diz muito sobre sua densidade. As explicações da densidade seriam tratadas, apenas, em termos das considerações dos alunos presentes, podendo, ou não, estarem associadas à etapa anterior, com a simulação.

A Explicação, pela Equipe 2, diz respeito aos alunos explicarem o que aconteceu durante a realização da experimentação demonstrativa do professor, buscando evidenciar quais parâmetros tomaram como base para a consideração do porquê que certos objetos boiaram ou afundaram. Além disso, o professor introduziria os conceitos relacionados à densidade e que pudessem agregar na explicação dos fenômenos observados na experimentação, apresentando os conceitos de forma mais detalhada. Ademais, a Equipe considerou o professor utilizar a simulação utilizada no Engajamento para explicar os conceitos de forma ilustrativa.

Com a discussão feita após a apresentação, acerca da Explicação, conforme sugestão de alteração da etapa Exploração, permitindo uma maior interação dos estudantes a Equipe reconsiderou a Etapa:

**Pesquisador:** *“Eles irão explicar o que foi desenvolvido de forma individual ou em equipe?”*

**Equipe 2 (D4X):** *“No caso, fazendo a alteração que seriam as equipes de alunos na Exploração, a explicação seria em equipes também.”*

**Pesquisador:** *“E aí, vocês podem rever essa ideia de explicar baseado no que eles realizaram na etapa anterior.”*

Na mesma etapa, foi questionado à Equipe 2 acerca do modo como a simulação interativa seria utilizada, uma vez que não houve maiores descrições. A Equipe ponderou:

**Pesquisador:** *“Vocês comentaram que iriam também utilizar o PhET nessa etapa da Explicação. É o professor que iria usar o PhET, no caso?”*

**Equipe 2 (D4X):** *“Nesse caso, seria projetando para poder demonstrar para eles os conceitos.”*

Assim, o professor teria como recurso além da explicação em quadro, a simulação interativa como recurso ilustrativo. Na Elaboração, a Equipe 2 determinou escolhas para que os alunos, em equipes, pudessem aprofundar os conceitos sendo através da explicação de casos envolvendo situações de densidade, como manchetes de jornal, notícias ou apresentação de experimentos envolvendo os conceitos.

Pela não evidenciação de exemplos dos casos jornalísticas para a Elaboração fica difícil avaliar o tipo de abordagem que os alunos poderiam realizar envolvendo o assunto, sendo, a princípio explicar como a densidade acontece nessa dada situação. A experimentação, de acordo com a Equipe seria livre, então, os alunos teriam que desenvolver um experimento que explicasse sobre densidade. Acerca do aspecto das escolhas dos alunos, nessa etapa, durante discussão, a Equipe discorreu:

**Pesquisador:** *“Eles iriam criar a experimentação?”*

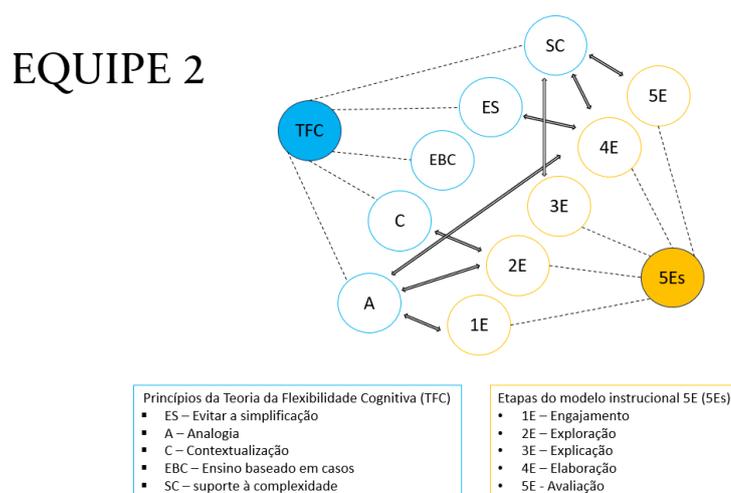
**Equipe 2 (D4):** *“A gente gostaria que eles fizessem as próprias escolhas, relacionadas ao experimento que gostariam de elaborar [...]. Eu acho que seria alimentar o pensamento criativo deles.”*

Na Avaliação, a Equipe considera que a avaliação iria ser de forma qualitativa, e seria iniciada na Exploração verificando o comprometimento dos alunos durante o processo, porém não descreve muitos detalhes.

As associações do modelo 5E-FLEX podem ser observadas na Figura 10, para a Equipe. É possível observar que, no Engajamento, a Equipe associa ao uso de analogias. Apesar do recurso utilizado nessa etapa promover o uso de diferentes materiais para análises das variáveis envolvendo o conceito de densidade, a Equipe desconsidera o uso de qualquer tipo de analogia que remeta aos conceitos que serão explorados. Na Exploração, de fato, o uso da analogia pode ser perceptível, através das diferentes percepções que os estudantes possam ter durante a atividade desenvolvida, e o que o professor possa viabilizar de discussão. Além disso, a contextualização se faz presente, na medida em que os alunos trazem os próprios materiais para testagem de sua casa, podendo-se analisar uma gama de objetos pessoais.

A Equipe considera o Suporte à Complexidade como integrante nas etapas de Explicação, Elaboração e Avaliação, o que está presente, contudo, devido à falta de descrição da avaliação, fica difícil associá-lo aos princípios da TFC. Durante a apresentação, a Equipe optou por não associar o princípio do Ensino Baseado em Casos, uma vez que podem não ter considerado parte integrante da sequência didática.

**Figura 10** – Associações do modelo 5E-FLEX de acordo com a Equipe 2



**Fonte:** Os autores (2024)

Com relação a inserção da simulação interativa na proposta didática, é válido pontuar que ela se encontra nas etapas de Engajamento e Explicação. Teoricamente, no Engajamento, algumas das premissas são verificar as concepções iniciais dos alunos mediante situações que despertem a curiosidade, e que os alunos busquem tentar explicar contextos científicos através de suas ideias iniciais (Bybee et al., 2006). A Equipe desconsidera esse aspecto da etapa do modelo, o que é evidenciado na Exploração através do “afunda ou boia”, contudo, essa atividade poderia ser desenvolvida no Engajamento. Ao avaliar a sugestão da Equipe, para o uso da simulação interativa no Engajamento, nota-se que ao invés de viabilizar aos alunos o uso da simulação de modo arbitrário, solicitar a sistematização de informações das análises do recurso poderia contribuir para futuras organizações do conhecimento.

Por outro lado, a inserção da simulação na Explicação corrobora com o que foi desenvolvido na Exploração, além de permitir aos alunos visualizarem de formas diferentes os conceitos da densidade com diferentes materiais e variáveis, verificando situações dentro da simulação, mesmo que de forma demonstrativa.

Após a apresentação da Equipe 2, através da discussão, foi solicitado que fizessem os ajustes necessários e, posteriormente, enviassem ao pesquisador o plano de ensino da estratégia, levando-se em conta o que foi discutido. Contudo, devido ao não envio da Equipe, no Apêndice C encontra-se a estratégia detalhada com base no que a Equipe apresentou.

A Equipe 3, que anteriormente era composta por apenas um discente (D5), ganhou novos integrantes, sendo aqui descritos como D5X e D5Y, a fim de não causar problemas de identificação durante observação dos dados. A Equipe considerou realizar a estratégia didática com o conteúdo de densidade, utilizando a mesma simulação interativa da equipe anterior. O

planejamento da estratégia se deu com 1h/aula para cada etapa do modelo, numa turma de estudantes do 1º ano do Ensino Médio. A síntese das etapas do modelo pode ser observada na Figura 11.

**Figura 11** - Etapas do modelo 5E para a Equipe 3



Fonte: Os autores (2024)

Para o Engajamento, a Equipe propõe a apresentação de vídeos para despertar a curiosidade dos alunos, envolvendo materiais boiando ou afundando. Sendo realizados questionamentos como o fato de algumas frutas de mesmo formato e tamanho boiarem ou afundarem. Além disso, A Equipe 3 considera inserir a simulação interativa nessa etapa, a fim de os alunos buscarem explicar o que acontece nos vídeos. Essa atividade seria realizada no laboratório de informática da escola e os alunos usariam a simulação de modo livre.

Na Exploração, os alunos realizariam experimentos práticos que pudessem determinar a densidade de diferentes materiais, eles trariam objetos para testagem. A Equipe descreve que nessa etapa, seria possível realizar dois tipos de atividades, um estudo de caso geral para resoluções individuais ou separar grupos com rodízios de estudos de casos.

A Explicação seria realizada pelos alunos, através de uma roda de diálogo. Os alunos deveriam explicar o que foi realizado na Exploração com o experimento da densidade dos materiais realizado. O professor, aprofundaria os conceitos de densidade mediando as falas dos alunos, dando suporte em possíveis incompreensões.

Na Elaboração, a Equipe 3 propõe a criação de grupos na turma, eles deveriam construir um protótipo de barco pequeno, com materiais recicláveis, que pudesse suportar uma carga de 2 kg, durante sua fala a D5Y discorre:

**Equipe 3 (D5Y):** *“Nessa etapa eles já teriam um conhecimento concreto sobre o que é a densidade, utilizando e adaptando o conhecimento. Com a construção desse projeto, eles poderiam aprender de uma forma mais profunda. Poderiam ter alunos que iriam conseguir e outros que não, podendo-se ter uma discussão, além da observação dos materiais que seriam utilizados na construção do barquinho.”*

Na Avaliação, A Equipe determinou a construção de mapas conceituais através do conceito de densidade, no qual seriam observadas as compreensões dos conceitos abordados nas etapas anteriores. Os alunos deveriam construir os conceitos com base no que foi desenvolvido.

Após apresentação, foram endereçados à Equipe alguns questionamentos. Com relação ao uso da simulação interativa dentro da proposta, foi questionado o modo como a simulação seria utilizada:

**Pesquisador:** *“Vocês falaram que vão utilizar a simulação na etapa do Engajamento. Eu queria entender como vocês irão utilizá-la.”*

**Equipe 3 (D5X):** *“De acordo com os conhecimentos prévios dos alunos, traríamos os vídeos, primeiro. Para depois, os alunos terem uma ideia de densidade, a gente colocaria a simulação do PhET Colorado, seria uma ideia de engajar e ativar a curiosidade deles para irem futuramente na Exploração.”*

**Pesquisador:** *“Fiquei pensando se vocês iriam propor situações dentro da simulação para eles fazerem, ou se eles iriam ficar observando os materiais... vendo a densidade...”*

**Equipe 3 (D5X):** *“Se tivesse no contexto de sala de informática... seria eles testando a questão de densidade, volume, massa, seria eles analisando e fazendo os próprios experimentos.”*

**Equipe 3 (D5Y):** *“No contexto de uma escola que não tem acesso, nós que iríamos introduzir a simulação, de forma demonstrativa.”*

A Elaboração proposta pela Equipe preconiza o aspecto da aplicação do conhecimento. Ao permitir que os estudantes analisem a qualidade de certos materiais, para a construção do protótipo do barco, eles poderiam aplicar conceitos envolvendo a densidade em água, além de viabilizar a associação de outros conhecimentos como engenharia.

Sobre a Avaliação, a Equipe foi questionada sobre como essa avaliação se daria, se seria levado em conta outras atividades realizadas anteriormente:

**Pesquisador:** “Eu queria saber se a avaliação seria apenas o mapa conceitual ou vocês iriam considerar alguma coisa anterior.”

**Equipe 3 (D5Y):** “Seria toda a construção... O mapa conceitual seria apenas como fechamento sobre a sequência didática. Mas o que foi realizado na Elaboração serviria também como avaliação de como foi entendido o conteúdo para eles poderem conseguir construir.”

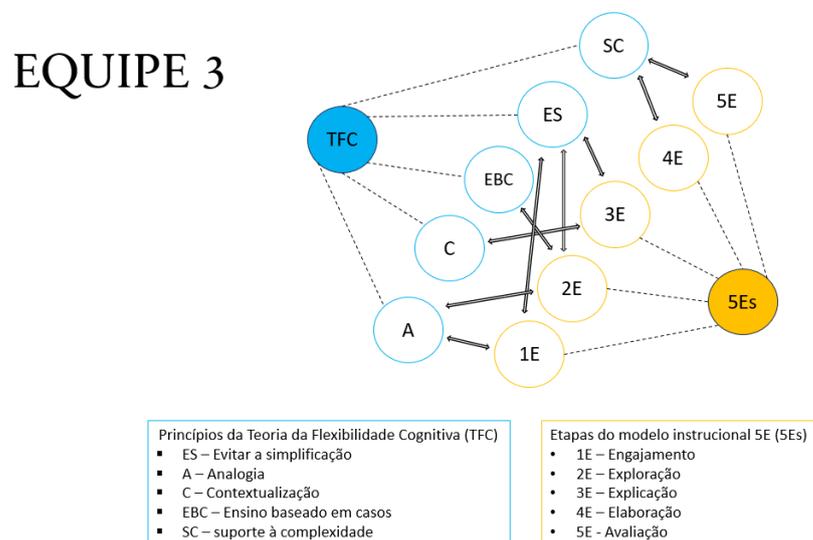
**Equipe 3 (D5X):** “Eu acho que a avaliação já conta da Explicação [...]. A Explicação já seria um início de avaliação sem eles saberem.”

**Equipe 3 (D5Y):** “Como cada aluno participou, trouxe seu ponto de vista. Como a avaliação é uma construção, todas as etapas servem para o professor pensar em como avaliar o aluno. Não só... é... por exemplo, se fosse uma prova de assinalar, mas como o aluno se comportou em toda a sequência.”

As associações do modelo 5E-FLEX, para a Equipe, podem ser observadas na Figura 12. A Analogia foi associada às etapas de Engajamento e Exploração, o que pode ser confirmado através do uso de diferentes perspectivas de associação ao conteúdo de densidade com os vídeos ou materiais físicos. A Contextualização foi associada apenas à Explicação, contudo, seria mais pertinente se verificar nas etapas iniciais, de acordo com a proposta.

Pelo fato de associarem na Exploração o uso de diferentes contextos de aplicação do conceito de densidade, a Equipe associa o Ensino Baseado em Casos a essa etapa, sendo perceptível através da ideia da atividade que seria solicitada, mesmo não apresentando detalhes de exemplos dos casos envolvidos. O Suporte à Complexidade foi associado às duas últimas etapas, sendo pertinente com base na aplicação do conceito aos novos contextos e formas de avaliação.

**Figura 12** – Associações do modelo 5E-FLEX de acordo com a Equipe 3



**Fonte:** Os autores (2024)

Acerca do modo como a simulação interativa foi inserida, tendo como pressuposto que tem caráter importante nessa pesquisa, pode-se aferir que ela foi inserida de modo arbitrário, sem o devido cuidado de analisar o modo como os alunos interagem com o recurso. A própria Equipe 3 desconsidera a avaliação do uso do recurso, sendo apenas como material para despertar o interesse dos alunos. De acordo com Rutten, Van Joolingen e Van Der Veen (2012), a introdução de simulações interativas deve levar em consideração o fato de apoiar práticas de investigação pelos estudantes, que incluem a formulação de perguntas, desenvolvimento de hipóteses, coleta e análise de dados.

A última equipe a apresentar seu plano de ensino foi a Equipe 5. Eles consideraram o tema da estratégia a concentração de sódio em alimentos industrializados. A Equipe estipulou um período de 4 aulas, sendo 1 aula para Engajamento, 1 para Exploração, 1 aula para Explicação e Elaboração e 1 para Avaliação, em uma turma do 1º ano do Ensino Médio. A síntese das etapas do modelo está descrita na Figura 13 e a simulação interativa escolhida pela Equipe foi a Concentração, também utilizada pela Equipe 1.

**Figura 13** – Etapas do modelo 5E para a Equipe 5



**Fonte:** Os autores (2024)

Para o Engajamento, a Equipe delimitou o uso de notícias de jornais com questionamentos aos estudantes, para verificação das concepções iniciais. Tais questionamentos versariam sobre a quantidade de sal consumida diariamente pelos estudantes e qual seria a quantidade ideal por dia. Após esses questionamentos, outra questão seria lançada aos estudantes, sendo como a informação sobre a concentração de sódio nos rótulos de alimentos podem influenciar na nossa alimentação.

Na Exploração, a Equipe indicou dividir a turma em grupos e pesquisarem sobre os alimentos que eles consumiam no dia a dia, e se informar sobre a quantidade de sódio presente nesses alimentos. Apresentando como exemplos, lanches industrializados e bebidas gaseificantes, sendo levantadas questões sobre as quantidades de sódio nesses materiais. Assim, os alunos iriam compartilhar as informações coletadas. Além disso, o professor iria apresentar casos de alimentos que ao paladar são doces, mas que apresentam uma certa quantidade de sal.

A Explicação, pela Equipe 5, seria baseada na exposição do conteúdo de concentração pelo professor, com a enunciação dos cálculos formalizados na temática. Sendo esta etapa centrada no professor e na evidenciação dos aspectos conceituais. Na Elaboração, os estudantes utilizariam a simulação Concentração, para verificação de situações envolvendo a concentração de soluções. A indicação do uso da simulação, pela Equipe 5, se deu pois:

**Equipe 5 (D8):** *“Muitos alunos não têm facilidade com números e não entendem bem o que significa a relação da equação da concentração, entre soluto e solvente. Então, mostrar isso de uma forma visual para o aluno compreender melhor.”*

A Avaliação de acordo com a Equipe seria contínua, com base nas análises das discussões realizadas pelos alunos. Além de poderem utilizar a simulação interativa nessa atividade, com orientações para os estudantes realizarem um experimento a concentração de soluções, explicando possíveis situações de análise.

Após a apresentação da Equipe 5, alguns questionamentos foram levantados, devido à falta de descrição das etapas da sequência didática, a fim de melhor compreender a proposta da Equipe. Sobre a Explicação, de modo a contribuir para a proposta o pesquisador apresentou a seguinte colocação:

**Pesquisador:** *“Vocês falaram que seriam somente aulas expositivas do assunto. Quando a gente vai olhar o modelo 5E, a etapa da Explicação também é uma etapa que envolve os alunos. O contexto geral do modelo, é muito os alunos, o professor é o mediador do processo e está presente em todas as etapas. Mas, nessa etapa aqui, principalmente, os alunos devem falar também. Eu acho que seria importante de ver uma forma de os alunos falarem, e essa etapa se refere com o que foi feito anteriormente na etapa da Exploração, como nessa etapa eles fazem uma pesquisa de rótulos, seria interessante apresentar o que eles fizeram [...]. Essas aulas expositivas... baseado no que os alunos apresentaram, o professor poderia trazer essas aulas teóricas, mas ao mesmo tempo responder a incompreensões ou equívocos que os alunos tiveram.”*

Mesmo considerando as perspectivas dos alunos na etapa de Exploração, A Equipe 5 parece desconhecer os pressupostos presentes na Explicação, acarretando a consideração, apenas, do professor. Visto que está etapa é imprescindível para conhecimento das compreensões estabelecidas pelos estudantes e possíveis inconsistências, mesmo que a atividade da Exploração proposta ser bastante simplista.

Acerca da Elaboração proposta pela Equipe, foi observado que o uso da simulação interativa estava bastante restrito, sendo realizada a seguinte discussão:

**Pesquisador:** *“Na Elaboração vocês trazem a simulação do PhET. E aí, a minha pergunta para essa situação é: - como vocês utilizariam o PhET?”*

**Equipe 5 (D8):** *“Mostrar os alunos o que acontece quando você aumenta ou diminui a quantidade de soluto e solvente, e medir a concentração em tempo real[...]. Mostrar visualmente soluções em que você tem volumes com pouca quantidade de sal e soluções com alta concentração de sal.”*

**Pesquisador:** *“Aí, no caso, seria o professor que iria demonstrar isso?”*

**Equipe 5 (D8):** *“Isso, por isso que na parte da avaliação geral, a gente pensou numa aula de 50 minutos, mas 50 minutos é muito para eles fazerem essas simulações.”*

**Equipe 5 (D9):** *“O professor iria demonstrar e depois os alunos iriam realizar.”*

**Pesquisador:** *“A etapa da Elaboração é também muito importante, mas que requer a participação dos estudantes. Então, uma sugestão, essa etapa de Elaboração poderia ser... seria melhor que os alunos fizessem situações dentro da simulação que o professor trouxesse, por exemplo, o professor traz uma situação e os alunos responderiam essa situação dentro da simulação, porque aqui tem que ter a participação do aluno”.*

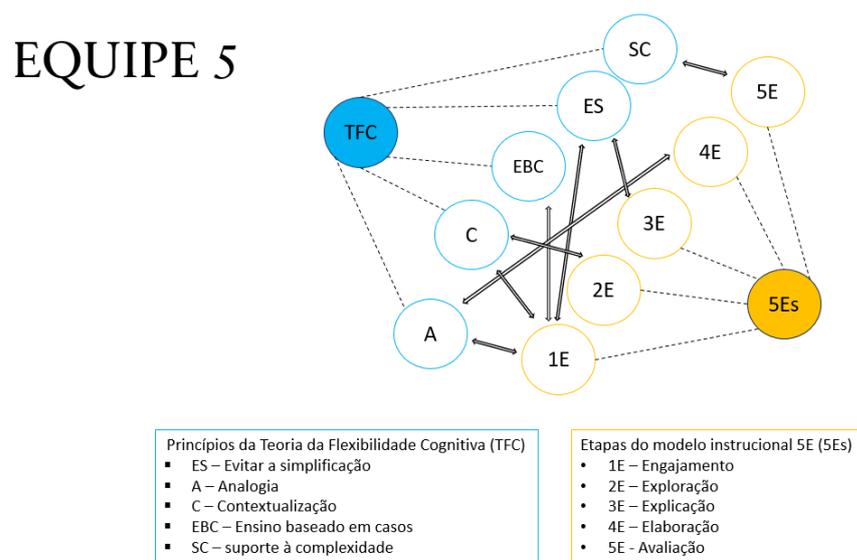
Os discentes da Equipe 5 demonstram certa dificuldade em estabelecer o uso da simulação interativa pelos estudantes, podendo ser unfamiliaridade com o recurso, mesmo tempo tido uma semana para elaboração da estratégia de ensino. Outro ponto importante a salientar, é o tempo de uso da simulação interativa pelos alunos, como descrito pelo D8. Acreditar que 50 minutos de aula seria tempo suficiente para análise de situações dentro da simulação interativa parece ingênuo, levando-se em conta as diversas variáveis que envolve o contexto de ensino, sendo tempo de iniciação da aula, organização dos computadores, organização das equipes, leituras, dentre outros.

As associações do modelo 5E-FLEX, para a Equipe 5, podem ser observadas na Figura 14. É possível observar que, a Equipe 5 adiciona 4 dos princípios da TFC ao Engajamento, contudo, ao analisar a proposta da Equipe é válido pontuar que apesar de a Equipe trazer

elementos que condizem com os princípios, não é suficiente para classificá-los dentro da proposta. Evitar Instrução Simplificada dentro do Engajamento não é algo perceptível, a Equipe traz sim elementos da Contextualização, podendo chegar a apresentar Analogias, mas não há uma multiplicidade de casos para a classificação do EBC.

Na Exploração, a Equipe apresenta elementos da Contextualização ao solicitar dos alunos pesquisas autônomas de alimentos com base em suas preferências. A Explicação, mesmo podendo evitar a simplificação (ES), desconsidera, pela Equipe, a participação dos estudantes, em que recai no ensino tradicional de exposição de conteúdo. Fazendo com que os alunos não participem de forma ativa, inviabilizando a compreensão, de forma evolutiva, dos conhecimentos propostos. Sendo assim, diferente do que o próprio modelo 5E discute em sua aplicação (Bybee et al., 2006).

**Figura 14** – Associações do modelo 5E-FLEX de acordo com a Equipe 5



**Fonte:** Os autores (2024)

No que diz respeito ao uso da simulação interativa, mesmo apresentando-a dentro do contexto da Elaboração, a Equipe desconsidera suas funcionalidades dentro desta etapa, visto que na Elaboração se tem a aplicação do conhecimento a novos contextos, e os estudantes utilizariam os conhecimentos adquiridos e mais fundamentos na elaboração de um produto que satisfaça a aplicação desses conhecimentos, não sendo, assim, algo simples.

A Equipe 5 apenas propõe a análise de certas situações dentro da simulação, porém, não descrevem um exemplo concreto de como serão exploradas, culminando no uso sem reflexão do recurso no ensino.

### 5.3 PRESSUPOSTOS GERAIS DA PESQUISA

Com o objetivo de analisar as concepções dos discentes em relação ao modelo 5E, inserção das simulações interativas no ensino, desafios encontrados pela equipe e viabilidade de aplicação das propostas criadas, foi aplicado um questionário qualitativo (Apêndice A). Foram contemplados, na aplicação do questionário, 9 discentes matriculados na disciplina de Metodologia da Pesquisa Educacional, os quais participaram da elaboração das estratégias de ensino e estavam presentes no dia.

A análise dos dados foi feita por meio da Análise de Conteúdo (Bardin, 2016). Na primeira etapa da análise, o objetivo foi o de delimitar o corpus de investigação, sendo os questionários que seriam analisados pelas etapas posteriores. O critério para selecionar o corpus foi ter respondido, de forma integral, todas as perguntas do questionário. Após a análise inicial, nenhum questionário foi removido, visto que todos os discentes que responderam ao mesmo desenvolveram as estratégias didáticas e responderam a todas as questões.

Devido à natureza qualitativa dos dados, mediante a Análise de Conteúdo, tornou-se necessário organizá-los em classes temáticas, categorias e subcategorias, levando-se em consideração a generalização e o contexto dos discursos analisados. Assim, como observado no Quadro 7, quatro classes temáticas foram criadas: (i) considerações sobre o modelo 5E, (ii) abordagens de uso do modelo 5E, (iii) desafios de elaboração da estratégia de ensino e (iii) viabilidade de aplicação das estratégias didáticas. As subcategorias estabelecidas correspondem aos elementos discursivos que integram cada uma das categorias, funcionando, assim, como parâmetros essenciais que lhes conferem significado. A apresentação e discussão dos resultados qualitativos foi realizada por meio de subtópicos nesta seção.

**Quadro 7** – Descrição das categorias, subcategorias e códigos associados a cada classe temática

CLASSE TEMÁTICA	CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	CÓDIGOS
<b>Considerações sobre o Modelo 5E</b>	Envolvimento dos alunos (EA)	Desenvolvimento de habilidades (DH)	EADH
		Engajamento e exploração ativa (EE)	EAE
	Planejamento direcionado (PD)	Interligação entre as fases (IF)	PDIF
		Organização da aula (OA)	PDOA
<b>Abordagens de Uso da Simulação Interativa</b>	Experimentação física e virtual (EFV)	-	EFV
	Uso livre (UL)	Autonomia de execução (AE)	ULAE
		Confirmação de hipóteses (CH)	ULCH
	Uso direcionado (UDI)	-	UDI
	Uso demonstrativo (UDE)	-	UDE
Recursos tecnológicos (RT)	-	RT	

<b>Desafios de Elaboração da Estratégia de Ensino</b>	Associações teóricas (AT)	-	AT
	Inexperiência com simulações interativas (ISI)	-	ISI
<b>Viabilidade de Aplicação das Estratégias Didáticas</b>	Interatividade (I)	-	I
	Desenvolvimento da aprendizagem (DA)		DA
	Viabilidade pedagógica	-	VP

**Fonte:** Os autores (2024)

É válido ponderar que, durante a análise, os dados os discentes serão apresentados mediante a classificação já determinada dos discentes participantes, sendo DX, onde D representa o discente e X o número do discente que respondeu. Nas subseções a seguir são discutidos os resultados obtidos a partir das classes temáticas definidas, levando em consideração as categorias, subcategorias e códigos estabelecidos durante a codificação dos dados.

### 5.3.1 Considerações sobre o modelo 5E

Com base nos dados, a primeira classe temática aborda a percepção dos participantes sobre o desenvolvimento de habilidades, o engajamento dos estudantes ao longo das fases do modelo e o planejamento direcionado. No que diz respeito ao **envolvimento dos alunos (EA)**, primeira categoria, foram criadas duas subcategorias, sendo a primeira relacionada ao desenvolvimento de habilidades (EADH), observando-se através da resposta a seguir.

**D1:** *“O modelo 5E mostra-se eficiente em especial com o protagonismo do estudante no processo de construção do conhecimento. Um dos aspectos mais importantes dessa metodologia é o incentivo a uma visão mais crítica em relação aos fenômenos estudados em sala”.*

**D3:** *“O modelo pode contribuir para que o aluno tenha um aprendizado significativo sobre os assuntos”.*

Acerca do desenvolvimento de habilidades, é notório que o modelo 5E contribua para tal, diante das possibilidades de desenvolvimento do conhecimento que cada fase promove e suas interações. Através da resposta da D1, fica evidente que a discente reconhece o papel ativo do estudante durante as aulas no modelo, sendo exemplificado pela criticidade frente ao conhecimento.

Levando-se em conta que no modelo 5E é possível apresentar um mesmo conteúdo de diferentes formas, o estudante poderia ter um nível de conhecimento mais profundo, ao articular

as diferentes atividades realizadas, e com isso, desenvolver diferentes tipos de habilidades. A segunda subcategoria diz respeito ao engajamento e exploração ativa (EAEE), algumas repostas dessa subcategoria são apresentadas a seguir.

**D4:** *“O modelo 5E se mostra eficiente por utilizar teoria e prática para a construção do conhecimento de maneira dinâmica. O aspecto mais relevante é a parte da exploração, por permitir ao aluno um aprendizado mais dinâmico”.*

**D5X:** *“Uma estratégia boa, o que pode mais beneficiar o aluno é a maneira do seu engajamento”.*

**D8:** *“A eficácia fica clara ao nortear o pensamento criativo do professor, deixando evidente os pontos a serem atingidos com a estratégia. O aspecto que mais beneficia os alunos é a importância que o modelo dá à participação deles. Isso com certeza aumentará o engajamento facilitando a avaliação de forma geral (sondagem e final)”.*

**D10:** *“Promove uma maior atenção/participação por parte do aluno para com o assunto apresentado com a utilização do modelo. Os aspectos mais relevantes desse modelo, na minha opinião são o engajamento e a exploração, que tem como objetivo instigar o aluno a buscar o conhecimento sobre o assunto apresentado”.*

Esse foi um ponto bastante recorrente nas respostas dos discentes, manifestando-se na possibilidade de permitir aos alunos explorarem os diferentes recursos e atividades de forma mais frequente dentro do modelo. A dinamicidade foi algo pontuado pelo D4, tendo como etapas do modelo em evidência pelos D4, D5X e D10 o Engajamento e a Exploração.

Conforme Grau *et al.* (2021), o Engajamento promove dois tipos de situações, sendo o contextual, com base nas vivências dos estudantes e o cognitivo, fundamentado na curiosidade destes, viabilizando um conflito cognitivo, que deve ser explorado pelos estudantes. Essa exploração acontece na segunda etapa, sendo realizadas nela atividades de cunho prático e experimental, o aluno deve buscar responder aos questionamentos impostos anteriormente, de modo científico, viabilizando esse engajamento e participação ativa dos alunos (Bybee, 2014).

A segunda categoria, **planejamento direcionado (PD)**, diz respeito ao planejamento de ensino com base no modelo, o que evidencia a preocupação com a necessidade de uma estrutura bem definida para otimizar a transição entre as diferentes etapas do modelo 5E. Foram criadas duas subcategorias, a primeira relacionada à interligação entre as fases do modelo (PDFI), as respostas dos discentes seguem.

**D5Y:** *“O modelo traz metodologias que conseguem abordar diversas fases do conhecimento e por isso consegue ser eficaz e ter aspectos relevantes”.*

**D9:** *“Na minha opinião, o modelo 5E proporciona uma interlocução entre as etapas do processo ensino-aprendizagem, proporcionando uma boa forma de aplicar uma aula. Os aspectos mais relevantes nesse modelo é a ligação entre as etapas”.*

Os discentes D5Y e D9 destacam o aspecto das ligações entre as etapas e o desenvolvimento do conhecimento através das diferentes fases. De acordo com o D5Y, o modelo é eficaz ao abordar diferentes fases do conhecimento, o que está em consonância com a estrutura do 5E, visto que as fases do modelo permitem que o conhecimento seja construído de forma progressiva. O D9 complementa a perspectiva do D5Y, ao evidenciar a interlocução entre as etapas, característica evidente em uma aprendizagem cíclica (Marek, 2008). A ligação entre as fases proporciona uma continuidade e coesão na aprendizagem, viabilizando uma experiência de ensino e aprendizagem mais holística.

A segunda subcategoria aborda acerca da organização da aula (PDOA), referente à preparação do processo de ensino. As respostas do discentes associadas a essa subcategoria estão presentes.

**D4X:** *“Acredito que esse tipo de abordagem exercita o planejamento mais direcionado das aulas, norteando as etapas do aprendizado. Neste modelo, é possível despertar no aluno a curiosidade e a autonomia em discussões e até mesmo nas próprias atividades, estreitando as relações entre os conceitos e o cotidiano”.*

**D8:** *“A eficácia fica clara ao nortear o pensamento criativo do professor, deixando evidente os pontos a serem atingidos com a estratégia. O aspecto que mais beneficia os alunos é a importância que o modelo dá à participação deles. Isso com certeza aumentará o engajamento facilitando a avaliação de forma geral (sondagem e final)”.*

As respostas de D4X e D8, refletem uma visão crítica sobre a estrutura e planejamento proporcionados pelo modelo 5E. O D4X destaca como o modelo incentiva um planejamento direcionado, estruturando de maneira clara as etapas do aprendizado. Isso se alinha com a proposta do modelo 5E, que estabelece uma sequência lógica de atividades que facilita tanto o professor quanto os alunos durante o processo de ensino e aprendizagem.

O D8 reforça a ideia de que o modelo 5E oferece um direcionamento claro para o professor, permitindo que ele planeje suas aulas de modo criativo, mas com objetivos bem definidos. A importância da participação ativa dos alunos, ressaltado pelo discente, está no cerne do modelo, uma vez que este promove o engajamento contínuo dos estudantes, o que, por sua vez, facilita a avaliação processual. A participação ativa, aliada ao planejamento bem

estruturado, garante aos alunos não apenas acompanharem as atividades, mas também se envolverem com o conteúdo de forma mais profunda, é o que autores associam com o processo de retenção e aplicação do conhecimento (Grau *et al.*, 2021).

De forma geral, a análise da primeira classe temática permite concluir que, em suma, os discentes consideram o modelo 5E como uma abordagem que permite aos estudantes o desenvolvimento de diferentes habilidades, na medida que interagem durante as diferentes etapas do modelo. Além disso, a enunciação do ensino direcionado foi outro ponto levantado pelos discentes, ao abordarem acerca de um planejamento estruturado que viabiliza a organização do conhecimento e interrelação entre as fases do 5E. A segunda classe temática de análise do questionário será abordada e discutida de forma subsequente.

### 5.3.2 Abordagens de uso da simulação interativa

A Segunda classe temática diz respeito às concepções dos discentes quanto às possibilidades de inserção das simulações interativas dentro do modelo 5E-FLEX. A primeira categoria agrupa as respostas que corroboram com a perspectiva da **experimentação física e virtual (EFV)**, sendo representadas pelas seguintes respostas.

**D1:** *“A associação das simulações com práticas que poderiam ser aplicadas por esses estudantes de maneira experimental, facilitando o processo de ensino e aprendizagem”.*

**D4:** *“A utilização de recursos digitais e físicos para a compreensão”.*

A inserção de simulações interativas no contexto do modelo 5E-FLEX permite uma integração entre práticas virtuais e experimentais, ampliando as possibilidades de aprendizado. A resposta de D1 destaca a potencialidade das simulações ao associá-las com práticas experimentais que os alunos poderiam realizar de maneira concreta. O que foi algo explorado pela equipe da D1 na elaboração de sua estratégia de ensino, ao fazer uso de experimentação virtual e física acerca da concentração de soluções, durante a etapa de Exploração.

No modelo 5E, a fase de Exploração se beneficia diretamente desse recurso, pois oferece aos alunos um ambiente interativo para testar conceitos e teorias, o que pode ser efetuado antes mesmo de passarem para experimentos físicos. O D4 apenas complementa essa visão ao enfatizar a importância da utilização de recursos digitais e físicos na compreensão de conceitos, do conteúdo, do que esteja a se ensinar.

A combinação de ambos os recursos oferece uma aprendizagem mais ampla, visto que ao comparar os processos reais e virtuais há, ao mesmo tempo, uma compreensão tátil e concreta do conhecimento, além da possibilidade de visualização de cenários complexos e hipotéticos. Sendo algo preconizado por diversos autores, uma vez que boa parte dos estudos que fazem análises de uso do real e virtual, evidenciam comparações com o método tradicional, sem enfatizar os reais proveitos da associação de tais (Scalise *et al.*, 2011; Rutten; Van Joolingen; Van der Veen, 2012; Chan *et al.*, 2021).

Outra categoria elaborada para a classe temática aborda sobre o **uso livre (UL)** da simulação interativa pelos estudantes durante as aulas. Para essa categoria, foram criadas duas subcategorias, sendo a primeira referente a autonomia de execução (ULAE) com uso da simulação interativa, sendo observadas as seguintes respostas.

**D5X:** *“Simulações nas quais cada um possa ter a habilidade de realizar seu experimento, deixando à vontade para fazer inúmeros testes”.*

**D5Y:** *“Foi utilizada a simulação na etapa do engajamento, pois considerei uma abordagem mais eficaz já que podemos atizar a curiosidade dos alunos a partir dela”.*

As respostas de D5X e D5Y ressaltam a importância da autonomia proporcionada pelas simulações interativas no processo de aprendizagem. D5X aponta que, ao permitir que cada estudante realize seu experimento de forma individual, o recurso oferece liberdade para testar inúmeras hipóteses. O D5Y complementa essa perspectiva ao destacar o uso da simulação na fase do Engajamento, como uma maneira de despertar a curiosidade dos alunos. É oportuno salientar que, o recurso oferece ciclos de repetição otimizados, e que os estudantes podem realizar diversos testes com feedback imediato (Moore *et al.*, 2014).

Observa-se que nessa subcategoria, apenas dois discentes e pertencentes a mesma equipe (Equipe 3) durante as elaborações das estratégias apresentam tal pensamento. Ao observar a sequência didática elaborada pela equipe, compreende-se tal concepção. Os discentes introduziram a simulação sobre densidade no Engajamento e indicaram o uso livre dos alunos, a fim de explicarem os contextos evidenciados nos vídeos expostos durante a etapa. Contudo, devido à inserção de modo arbitrário sem qualquer direcionamento explícito, a Equipe desconsidera as potencialidades de uso do recurso, a fim de apoiar futuras investigações em fases como a Exploração, o que limita a implementação da tecnologia.

De modo a apresentar concepções referentes à testagem, de hipóteses ou observação de fenômenos para coleta de dados, uma segunda subcategoria foi criada sendo a confirmação de hipóteses (ULCH), delimitada pela resposta do D3 ao apresentar a seguinte afirmação.

**D3:** *“Deixar os alunos utilizarem o PhET Colorado de forma que eles comprovem o seu entendimento sobre o assunto”.*

Por mais simples que possa ser tal afirmação, a comprovação do entendimento do aluno pode estar ligada a diferentes fatores dentro do ambiente simulado, como a capacidade de formular e testar hipóteses de maneira autônoma. O D3 enfatiza o uso da simulação interativa como ferramenta para que os alunos validem seu próprio entendimento, o que se alinha com o desenvolvimento de hipóteses. Dentro do modelo 5E-FLEX, a autonomia dada ao aluno é crucial para o desenvolvimento do pensamento científico, pois permite que ele observe diretamente os resultados de suas ações e ajustes suas hipóteses com base no que experimentou.

À medida que os alunos interagem com a simulação, há a possibilidade de haver ciclos contínuos de testagem e validação de hipóteses, aprimorando o entendimento. Assim, a comprovação do entendimento vai além de simplesmente reproduzir conceitos, abrangendo a capacidade de construir conhecimento por meio da validação contínua de hipóteses dentro do ambiente simulado.

A terceira categoria desta classe temática diz respeito ao **uso direcionado (UDI)** pelo professor com o recurso, relacionando a aspectos como o levantamento de questões, associações com o cotidiano e objetivo da aula. O que foi observado nas respostas do D4X e D9.

**D4X:** *“As simulações podem ser utilizadas em todas as etapas do modelo a depender do planejamento e o objetivo da aula”.*

**D9:** *“Na simulação interativa com base no modelo 5E, o tipo de abordagem mais eficaz foi levantar questionamentos e trazer questões do cotidiano dos alunos”.*

A resposta do D4X destaca a versatilidade das simulações interativas, enfatizando que seu uso pode ser adaptado a todas as etapas do modelo 5E-FLEX, dependendo do planejamento e dos objetivos da aula. Essa observação é importante porque reflete o potencial das simulações de atuar como um recurso flexível. O que corrobora com os apontamentos de Paula (2017) acerca da validação do uso das simulações, tendo como premissa a escolha do recurso vinculada aos objetivos de aprendizagem, de modo a atender as necessidades dos alunos.

A resposta do D9 evidencia o papel essencial do professor como mediador no processo de ensino dentro de uma simulação interativa. Ao levantar questionamentos e conectar o conteúdo à realidade cotidiana dos alunos, o professor não apenas orienta o processo investigativo, mas também incentiva os alunos a desenvolverem suas próprias hipóteses de maneira mais contextualizada.

A consideração do papel do professor enquanto mediador do recurso, além da inserção do mesmo em contextos determinados foi algo discutido por Rutten, Van Joolingen e Van Der Veen (2012) ao ressaltarem que a mediação docente é crucial para a eficácia das simulações interativas no ambiente de ensino. Os autores trazem que o professor não apenas introduz o recurso, mas também facilita a conexão entre o conteúdo e os conhecimentos prévios dos alunos. Essa mediação é essencial para maximizar o potencial das simulações como ferramentas de aprendizado, pois sem ela o recurso pode ser subutilizado ou mal interpretado pelos estudantes.

Acerca da premissa estabelecida pelo D9 e a estratégia de ensino desenvolvida por sua equipe (Equipe 5), pode-se afirmar que os discentes refletem acerca da apresentação de situações direcionadas dentro da simulação escolhida. Por outro lado, como já discutido, os discentes não descrevem o modo como essas situações seriam apresentadas, acarretando o uso sem reflexão.

A última categoria dessa classe temática, a terceira, demonstrou o aspecto **uso demonstrativo (UDE)** da simulação interativa, recorrente nas respostas do D8 e D10.

**D8:** *“Provavelmente, será o recurso visual e demonstrativo do conteúdo abordado, seguido pela interatividade para deixar o conteúdo palpável e bem exemplificado”.*

**D10:** *“A utilização da simulação proporciona aos alunos uma maior compreensão do conteúdo, pois traz para a disciplina uma dinâmica mais prática e menos teórica, podendo ser utilizada por eles. Além de trazer uma explicação visual para a sala de aula”.*

As respostas do D8 e D10 ressaltam a importância dos aspectos visuais e demonstrativos das simulações interativas. O D8 destaca o recurso visual e demonstrativo como uma forma de tornar o conteúdo "palpável" e exemplificado, o que facilita o entendimento dos conceitos. O D10 complementa essa perspectiva ao afirmar que a simulação torna a aula mais prática e menos teórica, trazendo uma explicação visual que dinamiza o processo de ensino.

No entanto, o uso demonstrativo das simulações pode, em alguns casos, limitar o desenvolvimento de hipóteses se o foco for apenas a visualização passiva, sem uma exploração

mais detalhada. É importante que o professor, como mediador, incentive a participação ativa dos alunos, promovendo questionamentos e investigações durante o uso do recurso, de modo que ele não se torne apenas uma ferramenta ilustrativa, mas também um meio para o aprendizado crítico.

Além disso, é essencial que as simulações sejam usadas em conjunto com discussões e reflexões guiadas pelo professor, para garantir que os alunos não apenas observem, mas também compreendam o que está sendo demonstrado. Tais discentes, pertencem à Equipe 5, à qual, em sua sequência didática criada, insere a simulação interativa dentro da Elaboração, como um recurso em que o professor, inicialmente, demonstra o uso e posteriormente viabiliza o uso pelos alunos, contudo, como já apresentado na discussão da categoria de uso direcionado (UDI) a equipe descreve a utilização da simulação interativa de modo simplista e sem detalhes.

### 5.3.3 Desafios de elaboração da estratégia de ensino

No que concerne os desafios atribuídos pelos discentes acerca da elaboração da proposta 5E-FLEX, a terceira classe temática foi analisada, apresentando como primeira categoria os **recursos tecnológicos (RT)**, tendo a seguinte resposta correspondente, do discente D3.

**D3:** *“Elaborar uma aula com algo on-line, necessita de internet e aparelhos eletrônicos (celular ou computadores). No entanto, podemos desenvolver uma simulação parecida”.*

A resposta do D3 não ressalta uma dificuldade imposta durante a elaboração da estratégia de ensino, mas uma possível dificuldade que o professor possa enfrentar ao considerar o uso de simulações interativas durante as aulas: a necessidade de infraestrutura tecnológica, como acesso à internet e dispositivos eletrônicos.

Embora as simulações interativas ofereçam um potencial significativo para dinamizar o aprendizado, elas requerem condições específicas que nem sempre estão disponíveis em todas as escolas. A limitação no acesso à internet e a falta de equipamentos adequados, como celulares ou computadores, são obstáculos que afetam a implementação dessas ferramentas.

No entanto, o D3 sugere uma solução ao mencionar o desenvolvimento de uma “simulação parecida”, não sendo compreensível o real sentido do que o discente queira tratar. Porém, é importante destacar que existem simulações interativas que podem ser baixadas e disponibilizadas em smartphones. Logo, o professor pode ter uma variedade de oportunidades

com o uso, seja de modo demonstrativo ou solicitando previamente o *download* pelos estudantes para uso compartilhado ou não.

A segunda categoria foi elaborada se trata das dificuldades de **associações teóricas (AT)** durante a elaboração e possível aplicação da estratégia de ensino, tendo as respostas de 6 dos discentes respondentes.

**D1:** *“O maior desafio foi interligar ambos os modelos, muito disso se devendo ao fato de esse ser o primeiro contato com eles, mas para contornar esse obstáculo, tentou-se fazer um aprofundamento teórico a partir da leitura de mais textos acadêmicos dentro da temática”.*

**D9:** *“O maior desafio de uso das simulações interativas é a questão de acesso à internet, e relacionar a questões da Teoria da Flexibilidade Cognitiva em algumas etapas. Mas, esse desafio foi textualizado, e que o PhET Colorado pode ser baixado e funciona sem internet”.*

**D4:** *“Às vezes, o modelo utilizado pode gerar mais dúvidas aos alunos, se não for bem utilizado e explicado”.*

**D5X:** *“O maior desafio é a explicação, fazer os próprios alunos explicarem os conceitos, no entanto, após entender a ideia do engajamento e exploração a explicação flui naturalmente”.*

**D5Y:** *“Conseguir fazer conexões que fossem, de fato, estão inseridas no conteúdo”.*

**D8:** *“O desafio de não deixar a aula partir para um lado apenas especulativo. Podemos superar esse desafio programando várias perguntas e comentários para conduzir as diferentes possíveis discussões”.*

Após a leitura e análise das respostas, pontua-se que os discentes revelam dificuldades associadas às teorias pedagógicas com o modelo de ensino. A D1 aponta a dificuldade de interligar os modelos teóricos, particularmente pelo fato de ser o primeiro contato com eles. Sendo algo como quando novos métodos pedagógicos são introduzidos, necessitando de um aprofundamento teórico para compreender melhor suas interrelações. A discente enfatiza a leitura de textos complementares como forma de superar esse problema.

Mesmo apresentando a questão do uso das tecnologias como dificuldades dentro da pesquisa, foi considerado mais oportuno discutir a resposta do D9 com base na categoria AT, pelo fato de evidenciar a dificuldade teórica. O D9 ressalta a dificuldade de associar a Teoria da Flexibilidade Cognitiva com algumas etapas, o que se relaciona com o aspecto relatado pela D1, necessitando de maiores aprofundamentos teóricos. Contudo, o D9 não discorre acerca do modo como lidou com tal dificuldade.

D4 e D5X ressaltam desafios pedagógicos no uso do modelo, isso pode ser evidenciado quando o professor não reflete acerca do modo como cada etapa do modelo pode ser empregado. O D4 expõe que, se o modelo 5E não for bem aplicado, pode gerar mais dúvidas do que esclarecimentos, o que indica a necessidade de uma explicação clara e mediada pelo professor. O D5X destaca que a maior dificuldade é levar os alunos a explicarem os conceitos por conta própria. Embora a fase de Engajamento e Exploração do modelo 5E ajude a iniciar esse processo, a transição para a Explicação depende muito da mediação do professor, garantindo que as discussões não permaneçam superficiais.

O D8 enfatiza a necessidade de um direcionamento adequado na condução docente, reforçando o planejamento. No entanto, a premissa de superação de tal dificuldade estabelecida pelo D8 “programando várias perguntas e comentários para conduzir as diferentes possíveis discussões” se mostra como imprecisa, visto que durante as diferentes etapas do modelo 5E-FLEX, tem-se mais que perguntas e discussões, mas a participação interativa dos estudantes em momentos como a aplicação do conhecimento na Elaboração.

Por fim, o D5Y aponta o desafio de fazer conexões que realmente estejam inseridas no conteúdo, uma dificuldade comum em abordagens que integram teoria e prática. As respostas dos discentes refletem a importância de uma preparação sólida e de uma mediação do professor, tanto na integração de teorias pedagógicas como na superação de desafios práticos e tecnológicos durante o modelo 5E-FLEX.

A terceira categoria se relaciona com as **inexperiências com simulações interativas (ISI)**, relatada pelo discente D4X ao estabelecer a sequência didática, observado na sua resposta.

**D4X:** *“Penso que devido ao método de ensino tradicional que estamos habituados, a implementação de simulações se torna um desafio por não saber abordá-la e introduzi-la nas aulas, porém com pesquisa de novas formas de ensino e estratégias educacionais, vejo ser possível agregar as simulações às ações na sala de aula”.*

É válido considerar que, no início da oficina, ao se discutir sobre o que seriam simulações interativas e suas possíveis implicações nos processos de ensino e aprendizagem, nenhum discente demonstrou conhecimento do recurso, o que demonstra que seria algo novo para eles analisarem e verificarem as potencialidades do recurso no tempo da oficina. A fala do D4X evidencia a dificuldade de transição do método de ensino tradicional para a implementação de simulações interativas nas aulas. O discente reconhece que o ensino

tradicional, ao qual muitos estão habituados, pode ser uma barreira para a adoção de novas metodologias, como as simulações, devido à falta de experiência e conhecimento sobre como abordá-las adequadamente.

Esse desafio é comum em ambientes educacionais onde o foco está em práticas convencionais, como aulas expositivas, que muitas vezes limitam a exploração de tecnologias e recursos interativos. A dificuldade em adaptar essas novas ferramentas indica a necessidade de capacitação docente, já que a familiaridade com essas estratégias é fundamental para que possam ser inseridas no processo pedagógico.

Devido ao formato e tempo da oficina, a experiência dos discentes com as simulações interativas se deu de modo muito rápido, o que pode ter contribuído para essa consideração do D4X, que pode ter sido recorrente nas reflexões dos demais discentes. Uma vez que, com a análise das estratégias de ensino, poucos foram os que, de fato, se preocuparam em evidenciar e explorar as simulações com base em suas potencialidades.

Como demonstrado pelo D4X, em sua resposta, através de pesquisas e estudos de formas de integração no ensino, o uso das simulações interativas pode ser passível de agregação em sala de aula, atentando-se para as devidas adaptações. A única resposta que não foi associada às categorias de análise foi a do D10, que afirmou não ter encontrado dificuldades durante a elaboração da sequência didática, mesmo tendo sido apontados diversos direcionamentos para melhores adaptações da simulação e associações da etapa do modelo para a equipe.

### 5.3.4 Viabilidade de aplicação das estratégias didáticas

A última classe temática versa sobre as percepções dos discentes quanto às possibilidades de aplicação das sequências didáticas produzidas no contexto da educação básica. A princípio, todos os discentes consideraram que as estratégias apresentadas seriam passíveis de implementação na educação básica. Foram construídas três categorias, sendo a primeira com as respostas que denotam o aspecto da **interatividade (I)** das estratégias como benefício para o sistema escolar. Nessa perspectiva enquadram-se as seguintes respostas.

**D4:** *“Sim, o uso de simulação pode ajudar o aluno a prestar mais atenção e engajar mais durante a aula”.*

**D5X:** *“Sim, essa estratégia didática tem uma sequência muito interessante na qual envolve o aluno, tira ele da passividade e até cria um aprendizado significativo para tal aluno”.*

A ênfase dada nas respostas dos discentes é a valorização da interação ativa entre o aluno e o conteúdo, especialmente por meio de ferramentas como simulações, que permitem um maior engajamento e participação. O D4, por exemplo, destaca que o uso de simulações favorece a atenção dos estudantes, sugerindo que a interatividade auxilia no aumento do interesse e, conseqüentemente, no aprendizado. Essa perspectiva está alinhada com os pressupostos do modelo 5E-FLEX, que propõe uma experiência de aprendizagem interativa.

Para o D5X, o papel da interatividade vai além do engajamento, é uma forma de romper com a passividade tradicional no ambiente escolar. A interatividade mencionada pelos discentes pode ser vista como um dos pontos fortes das sequências didáticas desenvolvidas no contexto educacional, ao promover um aprendizado mais dinâmico e centrado no estudante. Tanto a resposta do D4 quanto a do D5X destacam que a interação ativa possibilita um melhor envolvimento interpessoal, o que corrobora a ideia de que estratégias baseadas no modelo 5E-FLEX podem oferecer uma abordagem que traz ênfase ao aluno.

A segunda categoria trata-se das respostas que evidenciam como cerne o **desenvolvimento da aprendizagem (DA)** como questão importante no desenvolvimento dessas estratégias de ensino. Com as seguintes respostas dos discentes.

**D1:** *“Sim, porque elas viabilizam o processo de construção do conhecimento, proporcionando ao estudante a possibilidade de desenvolver uma visão crítica em torno dos tópicos abordados em sala”.*

**D3:** *“Sim, pois os alunos estariam engajados em produzir/desenvolver o conhecimento, não apenas serem receptores das explicações dos professores”.*

**D4X:** *“Sim, obviamente adaptando à cada contexto escolar, tais métodos podem trazer novas percepções do conhecimento que está sendo construído com os estudantes”.*

A importância da construção do conhecimento é um aspecto central no modelo 5E-FLEX. A resposta da D1 ressalta que as estratégias desenvolvidas podem criar condições para que o aluno não apenas receba informações, mas participe no desenvolvimento de sua compreensão sobre os tópicos discutidos. Por ter base teórica voltada para a teoria de aprendizagem construtivista (Duran; Duran, 2004; Bybee *et al.*, 2006), os moldes do modelo 5E denotam a promoção de atitudes que promovam organizações estruturais cognitivas, tendo por premissa a aprendizagem ativa.

Ao mencionar o desenvolvimento de uma "visão crítica", a D1 denota a ideia de que a construção do conhecimento é algo que vai além da simples memorização, sugerindo estratégias

que permitam análises, interpretações e questionamentos, pontos importantes para a aplicação e ampliação do conhecimento. O engajamento mencionado pelo D3 reflete um princípio essencial do modelo 5E-FLEX, em que os estudantes são incentivados a construir ativamente seu conhecimento através da investigação e experimentação.

Para além de evidenciar o aspecto da construção do conhecimento, O D4X reconhece que, embora os métodos devam ser adaptados aos contextos escolares específicos, eles têm o potencial de trazer novas percepções sobre o conhecimento em construção. Tal adaptação se articula à flexibilidade do modelo 5E-FLEX, permitindo que o conhecimento seja construído de forma contextualizada, de acordo com as necessidades dos alunos.

A terceira categoria discorre sobre o aspecto da **viabilidade pedagógica (VP)** das estratégias desenvolvidas, representadas pelas respostas a seguir.

**D5Y:** *“Sim, pois acredito que seria de grande auxílio nas aulas de ensino médio, por exemplo”.*

**D8:** *“Sim, pois não depende de recursos sofisticados nem de situações irrealistas”.*

**D9:** *“Sim, porque proporciona uma ligação entre todas as etapas fundamentais de uma aula”.*

**D10:** *“Sim, acredito que seriam totalmente viáveis. Inclusive a estratégia desenvolvida pelo meu grupo foi pensada em uma situação da educação básica”.*

O D5Y acredita que as estratégias de ensino seriam de grande auxílio nas aulas de Ensino Médio, sugerindo integração ao currículo e práticas desse nível de ensino. O D8 reforça que, essa viabilidade não depende de recursos sofisticados, o que indica que são passíveis de implementação em ambientes escolares com infraestrutura limitada. O D10 enfatiza que a viabilidade das estratégias foi considerada no desenvolvimento da sequência didática, pela sua equipe, para o contexto da educação básica, o que demonstra uma preocupação com a adequação das atividades à realidade ao ambiente escolar.

Essas percepções dos discentes demonstram que as estratégias didáticas foram vistas como pedagogicamente viáveis e adaptáveis, tanto em termos de recursos quanto na integração do processo de ensino.

De modo geral, embora os discentes tragam pontos pertinentes e alinhados à teoria do modelo 5E-FLEX, destacando aspectos como a construção ativa do conhecimento, engajamento dos alunos e viabilidade escolar, é importante salientar que ainda necessitam de reflexões na elaboração de suas próprias estratégias de ensino com base nos pressupostos teóricos. Muitas das estratégias desenvolvidas carecem de um planejamento mais estruturado e

consistente que considere todas as fases do modelo. Reforçando a ideia de que as estratégias não devem apenas seguir os princípios gerais do modelo, mas atenderem às demandas educacionais.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar o modo como professores em formação, de um curso de Química-Licenciatura, elaboram estratégias didáticas através do modelo 5E-FLEX com simulação interativa, levando-se em conta o contexto da educação básica. Para isso, foram levados em consideração as percepções dos discentes com relação ao modelo 5E e a análise das estratégias desenvolvidas por eles, quando implementadas as simulações no 5E-FLEX.

Os dados obtidos na discussão das pesquisas envolvendo o modelo 5E ressaltam que, levando-se em conta o recorte temporal e da base de dados dos estudos, boa parte das pesquisas nacionais que fazem uso do modelo, desconsideram o aspecto cíclico, preconizado nas bases teóricas. Sendo pontos de atenção levantados pelos discentes após a leitura, visto que algumas estratégias observadas desconsideravam a interligação entre as etapas, descrições das atividades e revisitação de elementos das fases anteriores. Isso indica uma lacuna nas pesquisas nacionais, que tendem a subutilizar a interligação entre as fases do 5E, comprometendo a continuidade do processo de construção do conhecimento.

Acerca da elaboração das estratégias de ensino, pelos discentes, foi observado que eles demonstraram dificuldades de articulação entre as etapas do modelo 5E-FLEX. Alguns fatores podem estar implicados, como inexperiência com o uso de simulações interativas, desconhecimento das bases teóricas (modelo 5E e Teoria da Flexibilidade Cognitiva) e o tempo de desenvolvimento da pesquisa. Pelo fato de não terem tido qualquer experiência com as simulações interativas, os discentes podem ter encontrado desafios de associar tais recursos dentro das estratégias de ensino, o que é válido, visto que o uso de qualquer material no ensino deve ser feito de modo reflexivo, necessitando de maiores percepções das potencialidades de uso.

No que diz respeito às bases teóricas, os discentes tiveram que associar duas abordagens pedagógicas com a simulação interativa, o que pode ter comprometido, de um modo geral, associações coesas dentro do modelo 5E-FLEX, visto a infamiliaridade deles com os pressupostos teóricos. Além disso, alguns discentes faltaram a pelo menos um dos encontros, podendo ser um agravante ao aspecto da compreensão teórica.

O tempo total da pesquisa se deu em três encontros, podendo não ter sido suficiente para discussões acerca do modo de inserção de simulações interativas no ensino das ciências, bem como dos pressupostos intrínsecos das etapas do modelo 5E, além das premissas teóricas dos princípios da TFC implicados na abordagem. Dessa forma, a sugestão da delimitação de um

tempo maior pode, de certo modo, contribuir para resultados de estratégias didáticas mais pertinentes quanto ao modelo 5E-FLEX.

O que não desconsidera os dados obtidos por algumas das equipes, que buscaram associar de modo adequado as fases do modelo 5E com os princípios da TFC, além de inserirem as simulações interativas viabilizando as interações dos estudantes como premissa de investigações de sistemas. Outro ponto que algumas equipes buscaram foi o de interligar as etapas do modelo, com a revisitação de elementos anteriores, o que foi discutido durante o primeiro encontro da pesquisa, sendo relevante para o contexto geral.

Com base nos dados obtidos nas respostas do questionário aplicado ao fim da pesquisa, foi observado que, acerca do modelo 5E, os discentes o associam ao desenvolvimento de habilidades pelos alunos, destacam a importância do engajamento e o descrevem como um processo que viabiliza um planejamento direcionado durante os momentos de aula, sendo pontos pertinentes do modelo. Sobre as abordagens de uso das simulações interativas na proposta, os discentes apresentaram diferentes perspectivas, ressaltando a relação entre a experimentação virtual e a real, o uso livre dos estudantes no desenvolvimento da autonomia, o uso direcionado pelos professores, de modo a garantir a exploração das potencialidades do recurso e o uso demonstrativo.

Tais perspectivas de uso das simulações recaem nas percepções individuais dos discentes pesquisados, o que denota a variabilidade de aplicação dessas tecnologias de modo a favorecer a aprendizagem. Com relação aos desafios encontrados na elaboração das estratégias, os discentes relataram possíveis limitações tecnológicas dentro do ambiente escolar, dificuldades de associações teóricas e a inexperiência com as simulações interativas. Tais pontos apenas corroboram com os dados apresentados das sequências didáticas apresentadas, visto que os discentes de fato demonstram essas dificuldades.

Por fim, a viabilidade de aplicação das estratégias foi avaliada, sendo considerada por todos como passíveis de implementação nos sistemas escolares. Evidenciando pontos como o aumento da interatividade, o desenvolvimento da aprendizagem e as possibilidades pedagógicas como concepções apresentadas. Salientando a necessidade de melhores adequações metodológicas, das estratégias criadas e discutidas durante as apresentações das equipes.

De um modo geral, os dados da pesquisa evidenciam avanços e desafios na implementação do modelo 5E-FLEX. Os discentes reconhecem a importância do modelo para o desenvolvimento de habilidades dos alunos, no entanto, apresentam dificuldades relacionadas à articulação entre as fases do modelo e a integração das simulações, atribuídas a possíveis fatores como a falta de familiaridade com as tecnologias e o tempo limitado para a pesquisa.

Apesar dos desafios, as estratégias propostas foram consideradas viáveis para implementação, ressaltando a necessidade de ajustes metodológicos, de modo a melhor associar os preceitos teóricos.

Os resultados obtidos neste estudo indicam áreas para futuros trabalhos de pesquisa. Sendo proveitoso ampliar o tempo dedicado ao desenvolvimento e discussão das estratégias didáticas, permitindo uma compreensão mais profunda dos pressupostos teóricos e a aplicação prática do modelo 5E-FLEX com simulações interativas. Ademais, a implementação de capacitações mais extensivas para professores em formação poderia ajudar a superar a inexperiência com simulações interativas e melhorar a articulação entre as etapas do modelo.

## REFERÊNCIAS

- ALBOM, M. **A última grande lição**. Rio de Janeiro: Sextante, 2018.
- ANDRADE, F. R. A crise na educação de hannah arendt e a crítica às concepções educacionais do pragmatismo. **Revista Sul-Americana de Filosofia e Educação**, v.10, p. 32–45, 2011.
- ARTUN, H.; COSTU, B. Effect of the 5E model on prospective teachers' conceptual understanding of diffusion and osmosis: a mixed method approach. **Journal of Science Education and Technology**, v. 22, n. 1, 2013.
- AUSUBEL, D. P. The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. **Journal of Educational Psychology**, v. 51, n. 5, 1960.
- AUSUBEL, D. P. In defense of advance organizers: A reply to the critics. **Review of Educational Research**, v. 48, n. 2, 1978.
- BALCI, S.; CAKIROGLU, J.; TEKKAYA, C. Engagement, exploration, explanation, elaboration, and evaluation (5E) learning cycle and conceptual change text as learning tools. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 34, n. 3, p. 199-203, 2006.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BIRGIT, V.; LAWSON, A. Effects of learning cycle and traditional text on comprehension of science concepts by students at differing reasoning levels. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, p. 23–37, 1999.
- BLAKE, C.; SCANLON, E. Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 23, n. 6, p. 491–502, 2007.
- BODGAN, R., & BIKLEN, S. K. **Qualitative research for education**. Boston: Ally and Bacon, In., 1982.
- BROWN, P. L.; ABELL, S. K. Examining the learning cycle. **Science and Children**, 2007.
- BYBEE, R. W. **Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices**. Heinemann: Portsmouth, NH, USA, 1997.
- BYBEE, R. W.; TAYLOR, J. A.; GARDNER, A.; VAN SCOTTER, P.; POWELL, J. C.; WESTBROOK, A.; LANDES, N. **The BSCS 5E instructional model: origins and effectiveness**. Colorado Springs: BSCS, 2006.
- BYBEE, R. W. The BSCS 5E instructional model: personal reflections and contemporary implications. **Science and Children**, v. 51, n. 8, 2014.
- CARLSON, J. Learning Cycle. **Encyclopedia of Science Education**, 2014.

- CEYLAN, E.; GEBAN, O. Facilitating conceptual change in understanding state of matter and solubility concepts by using 5E learning cycle model. **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, v. 36, n. 36, p. 41-50, 2009.
- CHAN, P.; GERVEN, T. V.; DUBOIS, J-L.; BERNAERTS, K. Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. **Computers and Education Open**, n. 2, 2021.
- CIGDEMOGLU, C.; GEBAN, O. Context-based lessons with 5E model to promote conceptual understanding of chemical reactions and energy concepts. **Journal of Baltic Science Education**, v. 14, n. 5, 2015.
- CORREIA, E. S.; ZOBOLI, F. A filosofia da educação de John Dewey: entre o pragmatismo e a democracia. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 1484-1497, 2020.
- DIMOVA, Y.; KAMARSKA, K. Rediscovering john dewey's model of learning through reflective inquiry. **Problems of education in the 21st century**, v. 63, 2015.
- DURAN, L. B.; DURAN, E. The 5E instructional model: a learning cycle approach for inquiry-based science teaching. **Science Education Review**, v. 3, n. 2, p. 49-58, 2004.
- FINKELSTEIN, N. D.; ADAMS, W. K.; KELLER, C. J.; KOHL, P. B.; PERKINS, K. K.; PODOLEFSKY, N. S.; REID, S.; LEMASTER, R. When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical review special topics - physics education research**, v.1, n. 1, 2005.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.
- GRAU, G. F. I.; VALLS, C.; PIQUÉ, N.; RUIZ-MARTÍN, H. The long-term effects of introducing the 5E model of instruction on students conceptual learning. **International Journal of Science education**, v. 43, n. 9, p. 1441-1458, 2021.
- HEW, K. F.; LAN, M.; TANG, Y.; JIA, C.; LO, C. K. (2019). Where is the “theory” within the field of educational technology research? **British Journal of Educational Technology**, 2019.
- HILGENHEGER, N. Johann friedrich herbart (1776-1841). **Prospects: the quarterly review of comparative education (Paris, UNESCO: International Bureau of Education)**, vol. 23, n. 3/4, p. 649-664, 1993.
- JONASSEN, D. H. Cognitive flexibility theory and its application for designing cbi. In: DIJKSTRA, S.; KRAMMER, H. P. M.; VAN MERRIENBOER, J. J. G. In: **Instructional models for computer-based learning environments**, 1992.
- JUNIOR, R. P.; PAULA, H. F. Um diagnóstico das publicações sobre o uso, no ensino de ciências, de simulações e laboratórios virtuais, entre 2009 e 2014. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, 2015. **Anais do X ENPEC**.
- KHAN, S. New pedagogies on teaching science with computer simulations. **Journal of Science Education and Technology**, v. 20, n. 3, p. 216-229, 2011.

LANCASTER, K.; MOORE, E. B.; PARSON, R.; PERKINS, K. K. Insights from using PhET's design principle for interactive chemistry simulations, **ACS Symposium Series. American Chemical Society: Washington DC**, 2013.

LAWSON, A. E.; ABRAHAM, M. R.; RENNER, J. W. **A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills**. Cincinnati, Ohio: National Association for Research in Science Teaching. NARST Monograph, n. 1, 1989.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MAREK, E. A.; LAUBACH, T. A.; PEDERSEN, J. Preservice Elementary School Teachers' Understandings of Theory Based Science Education. **Journal of Science Teacher Education**, n. 14, 2003.

MAREK, E. A.; METHVEN, S. Effects of the learning cycle upon student and classroom teacher performance. **Journal of Research in Science Teaching**, p. 28, 41–53, 1991.

MAREK, E. A. Why the learning cycle? **Journal of Elementary Science Education**, v. 20, n. 3, 63-69, 2008.

MARIA, A. Introduction to modeling and simulation. **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, 1997.

MARTIN, F.; KLEIN, J. D.; SULLIVAN, H. The impact of instructional elements in computer-based instruction. **British Journal of Educational Technology**, v. 38, n. 4, p. 623–636, 2007.

MOORE, E. B.; CHAMBERLAIN, J. M.; PARSON, R.; PERKINS, K. K. PhET interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry. **Journal of Chemical Education**, n.91, p. 1191-1197, 2014.

PAULA, H. F. Fundamentos pedagógicos para o uso de simulações e laboratórios virtuais no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n.1, 2017.

PERKINS, K. Transforming stem learning at scale: phet Interactive simulations. **Childhood Education**, v.96, n. 4, p. 42-49, 2020.

PIOVESAN, A.; TEMPORINI, R. E. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 19, n. 4, 1995.

RICHARDS, J.; BAROWY, W.; LEVIN, D. Computer simulations in the science classroom. **Journal of Science Education and Technology**, v. 1, n. 1, p. 69, 1992.

RUIZ-MARTÍN, H.; W. BYBEE, R. W. The cognitive principles of learning underlying the 5E model of instruction. **International Journal of STEM Education**, v. 9, n. 21, 2022.

RUSSEL, J. W.; KOZMA, R. B.; JONES, T.; WYKOFF, J.; MARX, N.; DAVIS, J. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 3, 1997.

RUTTEN, N.; VAN JOOLINGER, W. R.; VAN DER VEEN, J. T. The learning effects of computer simulations in science Education. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 136-154, 2012.

SCALISE, K.; TIMMS, M.; MOORJANI, A.; CLARK, L.; HOLTERMANN, K.; IRVIN, P. S. Student learning in science simulations: design features that promote learning gains. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 9, p. 1050-1078, 2011.

SILVA, R. A.; VASCONCELOS, F. C. G. C. Learning through chemistry simulations: an analysis of cognitive skill levels. **Education and Information Technologies**, v. 27, p. 6967–6987, 2022.

SETTLAGE, J. Understanding the learning cycle: influences on abilities to embrace the approach by preservice elementary school teachers. **Science Teacher Education**, v. 84, n. 1, p. 43-50, 2000.

SOMR, M.; HRUŠKOVÁ, L. Herbart's philosophy of pedagogy and educational teaching. **Studia Edukacyjne**. Poznań: Adam Mickiewicz University Press, n. 33, p. 413-429, 2014.

SPIRO, R. **Cognitive flexibility theory: advanced knowledge acquisition in ill-structured domains**. Washington, DC: U.S. Dept. of Education, Office of Educational Research and Improvement, Educational Resources Information Center, 1987.

STIEFF, M.; WILENSKY, U. Connected chemistry-incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. **Journal of Science Education and Technology**, v. 12, n. 3, 2003.

SUPASORN, S.; PROMARAK, V. Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. **Chemistry Education Research and Practice**, n. 16, p. 121-132, 2015.

TALEBI, K. John dewey - philosopher and educational reformer. **European Journal of Education Studies**, v. 1, n. 1, 2015.

ÜNLÜ, Z. K.; DÖKME, I. A systematic review of 5E model in science education: proposing a skill-based STEM instructional model within the 21-st century skills. **International Journal of Science Education**, 2022.

WILLIAMS, M. K. John Dewey in the 21st Century. **Journal of Inquiry & Action in Education**, v. 9, n.1, 2017.

ZACHARIA, Z.; ANDERSON, O. R. The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. **American Journal of Physics**, v. 71, n. 6, p. 618–629, 2003.

ZACHARIA, Z. The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 14, p. 1741-1767, 2005.

ZANATTA, B. A. O legado de pestalozzi, herbart e dewey para as práticas pedagógicas escolares. **Revista Teoria e Prática da Educação**, v. 15, n. 1, p. 105-112, 2012.

**ANEXO A – CARTA DE ANUÊNCIA****UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE****CARTA DE ANUÊNCIA**

Declaramos, para os devidos fins, que aceitaremos o pesquisador RENAN AMORIM DA SILVA, a desenvolver o seu projeto de pesquisa 5E-FLEX: REPENSANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE SIMULAÇÕES INTERATIVAS NO ENSINO SUPERIOR POR MEIO DO MODELO 5E À LUZ DA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA, que está sob a coordenação/orientação da Profa. FLÁVIA CRISTINA GOMES CATUNDA DE VASCONCELOS, cujo objetivo é compreender como professores em formação, de um curso de Química-Licenciatura elaboram estratégias didáticas através do modelo 5E com simulação interativa, de modo alinhado à Teoria da Flexibilidade Cognitiva, na Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento do pesquisador aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados o pesquisador deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Caruaru, 05/02/2024.

Documento assinado digitalmente  
 JULIANA ANGEIRAS BATISTA DA SILVA  
Data: 05/02/2024 13:01:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Juliana Angeiras Batista da Silva (SIAPE: 2053365)  
Vice-diretora  
Centro Acadêmico do Agreste  
Universidade Federal de Pernambuco

**ANEXO B – TERMO DE CONCENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)****UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – CENTRO ACADÊMICO DO  
AGRESTE****PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
E MATEMÁTICA (PPGECM)****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa 5E-FLEX: REPENSANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE SIMULAÇÕES INTERATIVAS NO ENSINO SUPERIOR POR MEIO DO MODELO 5E À LUZ DA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) RENAN AMORIM DA SILVA, com endereço: XXXXXXXXXXXXXXXX, N° XXX, XXXXXXXX, Bezerros-PE, CEP 55660-000, Brasil, telefone: (XX) XXXXX-XXXX, e-mail: renan.amorim@ufpe.br e está sob a orientação de: FLÁVIA CRISTINA GOMES CATUNDA DE VASCONCELOS Telefone: (XX) XXXXX-XXXX, e-mail: flaviacrisgomes@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

- **Descrição da pesquisa e esclarecimento da participação:** Estudos na área de ensino das Ciências apontam que tecnologias, como simulações interativas, se mostram promissoras frente a construção do conhecimento. Contudo, observa-se uma lacuna considerável na discussão acerca da maneira pela qual essas tecnologias são implementadas e das bases teóricas que norteiam essa implementação, acabando por se considerar apenas, em muitos dos casos, análises quantitativas de pré e pós-testes. Assim, este projeto tem como objetivo compreender como professores de química, em formação, desenvolvem estratégias didáticas utilizando simulações interativas, adotando a abordagem cíclica conhecida como 5E. Essa premissa se fundamenta na necessidade de estabelecer ligações mais consistentes entre o emprego de tais tecnologias e os alicerces teóricos que orientam seu uso. Adicionalmente, o modelo instrucional 5E será revisitado à Luz da Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), buscando-se melhor estabelecer o aspecto cíclico da abordagem. Como metodologia, está prevista a condução de uma oficina, dividida em três encontros, dirigida a uma turma de discentes de um curso de Química-Licenciatura. No primeiro encontro serão explorados debates sobre a incorporação de simulações no ensino, assim como os princípios subjacentes ao modelo 5E, mediante análise de pesquisas da área. No segundo encontro, será introduzida a TFC e sua possível relação com o modelo 5E. Os discentes serão divididos em equipes para elaboração de uma estratégia de ensino com simulação interativa, no laboratório de informática. No terceiro encontro, os estudantes apresentarão suas propostas didáticas e responderão a um questionário, esse será um instrumento de coleta de dados, visando-se verificar suas perspectivas com relação à abordagem da pesquisa e o arcabouço teórico que a sustenta. As discussões ocorridas no

primeiro e terceiro encontros serão registradas em formato de gravações de áudio, as quais serão posteriormente transcritas e submetidas a análise. Ao término da oficina, serão entregues as estratégias elaboradas e um questionário, como coleta de dados, sendo avaliados quanto ao alinhamento às premissas teóricas da pesquisa. Espera-se com o estudo, propiciar discussões válidas acerca da associação de tecnologias, como simulações, com teorias instrucionais e de aprendizagem, a fim de proporcionar uma adaptação mais precisa no contexto de sala de aula.

- **RISCOS:** a pesquisa pode gerar pequenos desconfortos para os participantes ao responderem as perguntas nos questionários. Contudo, é importante destacar que as respostas não serão divulgadas aos demais participantes; estarão sob posse exclusiva do pesquisador, visando assim minimizar qualquer desconforto na participação. O pesquisador também se compromete a conduzir diálogos individuais, buscando reduzir quaisquer desconfortos e esclarecer dúvidas. No que diz respeito à captação de áudio durante momentos específicos da intervenção, pode haver leve constrangimento. Para a sua minimização, as gravações ocorrerão apenas em momentos pontuais de debates, predominantemente em grupos, evitando constrangimentos individuais. Além disso, é importante ressaltar que não haverá compartilhamento eletrônico das gravações de áudio, que serão armazenadas exclusivamente no computador do pesquisador principal.
- **BENEFÍCIOS diretos/indiretos para os voluntários:** Os participantes voluntários desta pesquisa terão a oportunidade de envolver-se em uma enriquecedora oficina. Nesse espaço, serão conduzidas discussões significativas e atividades práticas voltadas para a elaboração de estratégias didáticas. A abordagem incluirá simulações interativas e a aplicação de metodologias de ensino inovadoras, como o modelo 5E. Este método visa aprofundar a conexão dos estudantes com esse recurso, proporcionando uma experiência educacional mais envolvente. Os resultados da pesquisa serão divulgados aos participantes de modo individual por meio de e-mail.

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (gravações de áudio, questionários e materiais escritos), ficarão armazenados em pasta de arquivo e computador pessoal na nuvem, de forma segura sob a responsabilidade do Renan Amorim da Silva, no endereço Rua Galdino Gedeão, nº 110, Bairro São Pedro, CEP 55660-000, Bezerros-PE, Brasil, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br).**

---

(assinatura do pesquisador)

## CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo 5E-FLEX: REPENSANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE SIMULAÇÕES INTERATIVAS NO ENSINO SUPERIOR POR MEIO DO MODELO 5E À LUZ DA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.** (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

**ANEXO C –TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

Eu \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_,  
RG \_\_\_\_\_, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade da cessão do uso de minha imagem e/ou depoimento, especificados neste Termo de Autorização de Uso de Imagem e Depoimentos, AUTORIZO, o pesquisador RENAN AMORIM DA SILVA do projeto de pesquisa intitulado 5E-FLEX: REPENSANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE SIMULAÇÕES INTERATIVAS NO ENSINO SUPERIOR POR MEIO DO MODELO 5E À LUZ DA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA, a realizar a gravação de imagens e de áudio que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Além disso, a identidade dos participantes será mantida em total sigilo durante o processo de pesquisa.

Ao mesmo tempo, autorizo a utilização destas imagens, áudio e/ou depoimentos para fins científicos, de estudos e divulgação da memória da FEB (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, sempre mantendo o sigilo de identidade dos participantes, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei Nº 8.069/1990) dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei Nº 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto nº 3.298/1999, alterado pelo Decreto Nº 5.296/2004).

Caruaru, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Assinatura do Voluntário da Pesquisa

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AO FIM DA PESQUISA

Prezado participante, este questionário diz respeito a sua experiência durante a realização da oficina. Ressaltamos o total anonimato para fins de divulgação dos dados. No mais, gostaríamos de expressar nosso sincero agradecimento por sua participação em nossa pesquisa!

**Nome:** \_\_\_\_\_

**1.** Como você percebe a eficácia do modelo instrucional 5E como estrutura para o desenvolvimento de estratégias didáticas? Em sua opinião, quais são os aspectos mais relevantes desse modelo que podem beneficiar a aprendizagem dos alunos?

**2.** Ao analisar o uso das simulações interativas em sua estratégia didática baseada no modelo 5E-FLEX, que tipo de abordagem você considera mais eficaz para envolver os alunos com o recurso?

**3.** Considerando sua experiência na elaboração da estratégia didática com base no modelo 5E-FLEX e simulação interativa, quais desafios você percebeu e como conseguiu superá-los?

**4.** Você acredita que as estratégias didáticas desenvolvidas durante a oficina seriam viáveis no contexto da educação básica? Por favor, explique sua resposta.

## APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 1

**Temática:** Soluções

**Duração:** 5 aulas

**Nível:** 2º ano do Ensino Médio

### 1.1 Etapa do Engajamento:

<b>AULA 01 – SEMANA 01</b>	
<b>Conteúdo:</b>	Concentração de Soluções
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	
<b>Objetivo geral:</b>	Desenvolver em sala o início da compreensão sobre os conceitos da temática.
<b>Objetivos específicos:</b>	Ao final da aula os discentes deverão ter conseguido associar adequadamente os conceitos relacionados ao estudo da Concentração e aos tópicos que abordam a conceituação de Soluções na química por meio da roda de conversa realizada no momento em sala. Diante dos questionamentos levantados durante as discussões, deve-se ser promovido o interesse e a curiosidade dos indivíduos perante o que está sendo proposto para estudo de modo que eles se tornem protagonistas no processo de ensino aprendizagem e desempenhem um papel colaborativo/participativo.
<b>Duração:</b>	1h/a (50 minutos)
<b>Instrumentos didáticos:</b>	Quadro, caneta para quadro e apagador.
<b>Metodologia</b>	O momento em sala será iniciado com o docente questionando os estudantes sobre algumas atividades realizadas na cozinha para preparo de determinados alimentos como carne de charque e arroz. No caso do charque como que se realiza procedimento de dessalgar para diminuir a concentração do cloreto de sódio. Partindo desse raciocínio perante uma roda de conversa, ser socializado momentos cotidianos dos estudantes onde eles precisam usar do mesmo raciocínio adotado para preparo do charque na cozinha em outras situações contextos. Perante os relatos da roda de conversa, as situações discutidas serviriam como base para introduzir os conceitos relacionados ao estudo da concentração para a dinâmica. Ao final do processo seriam levantados questionamentos sobre comportamento molecular dos compostos em solução perante o aumento ou diminuição de suas respectivas concentrações, classificando os sistemas insaturados, saturados e supersaturados de modo que eles fossem provocados a explicar esses fenômenos partindo de uma perspectiva culinária que pudesse ser justificado cientificamente. Durante todos os momentos de reflexão serão conceituados tópicos relacionados à temática principal da aula, introduzindo um olhar mais científico e crítico perante os relatos.

### 1.2 Etapas da Exploração e Explicação

<b>AULA 02 – SEMANA 01</b>	
<b>Conteúdo:</b>	Concentração de Soluções
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	
<b>Objetivo geral:</b>	Aprofundar um olhar crítico em relação aos conceitos de concentração e soluções.
<b>Objetivos específicos:</b>	Retomar as reflexões abordadas na aula anterior e possibilitar aos estudantes instrumentos para que eles possam se aprofundar sobre os tópicos conceituais abordados, de modo que consigam desenvolver respostas para os questionamentos levantados, os relacionando com eventos cotidianos.
<b>Duração:</b>	2h/a (100 minutos)
<b>Instrumentos didáticos:</b>	Quadro, caneta para quadro, apagador, computadores, celulares, béqueres, bastão de vidro, sal de cozinha e suco em pó.
<b>Metodologia</b>	Os estudantes, já divididos em oito grupos de 5 alunos cada, seriam levados ao laboratório de química onde, nas bancadas, seriam disponibilizados béqueres, água, sal e suco artificial em pó, eles seriam induzidos a buscar experimentalmente a conceituação dos sistemas insaturados e saturados, além de explicar virtualmente como se possibilita a supersaturação de uma solução. Para essa tarefa eles também teriam acesso aos seus celulares e à dois computadores disponibilizados no próprio laboratório, sendo instruídos a usar o simulador de concentração ( <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/concentration">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/concentration</a> ) da plataforma digital Phet Colorado para isso. Ao fim desse processo seria formada uma roda de conversa em que os discentes apresentariam suas conclusões e o docente daria direcionamentos sobre seus resultados, até mesmo possibilitando uma retomada da etapa de exploração caso fosse necessário. Dadas as devidas orientações, os grupos receberão a tarefa de elaborar um aplicativo que possa relacionar vivências cotidianas com situações como a que foi pautada em aula, enfatizando o cenário da presença da química na culinária.

### 1.3 Etapa da Elaboração

<b>AULA 03 – SEMANA 03</b>	
<b>Conteúdo:</b>	Concentração de Soluções
<b>Objetivos de aprendizagem</b>	
<b>Objetivo geral:</b>	Elaboração e socialização dos trabalhos produzidos perante os debates das aulas anteriores
<b>Objetivos específicos:</b>	Diante de todas as socializações, ao final da aula, os estudantes devem ter uma visão mais crítica referente aos fenômenos cotidianos relacionando-os com a química e os conceitos trabalhados durante a sequência didática.
<b>Duração:</b>	2h/a (50 minutos)
<b>Instrumentos didáticos:</b>	Celulares, computadores e projetor.
<b>Metodologia</b>	Uma vez que os estudantes foram instruídos a iniciar o preparo de um aplicativo, essa aula ocorrerá no

	laboratório de informática da escola onde eles devem finalizá-lo e socializá-lo com seus demais colegas.
--	--

#### **1.4 Etapa da Avaliação**

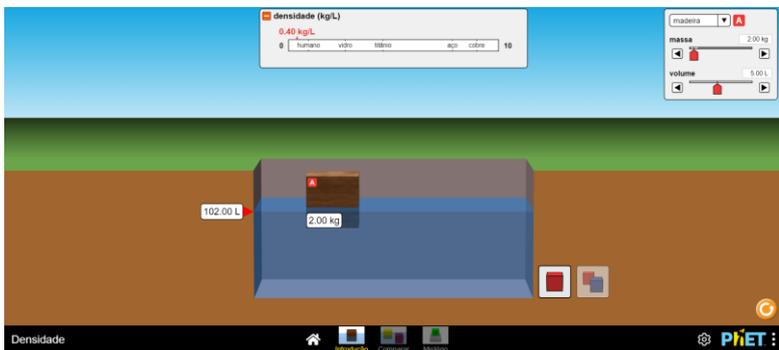
Para essa sequência didática o processo avaliativo deverá ser contínuo durante todas as etapas propostas. O docente deve avaliar criticamente o processo como um todo, acompanhando o desenvolvimento de toda a construção do conhecimento ao decorrer das aulas.

## APÊNDICE C - SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 2

**Temática:** Densidade

**Tempo estimado:** 10 aulas

**Nível:** 1º ano do Ensino Médio

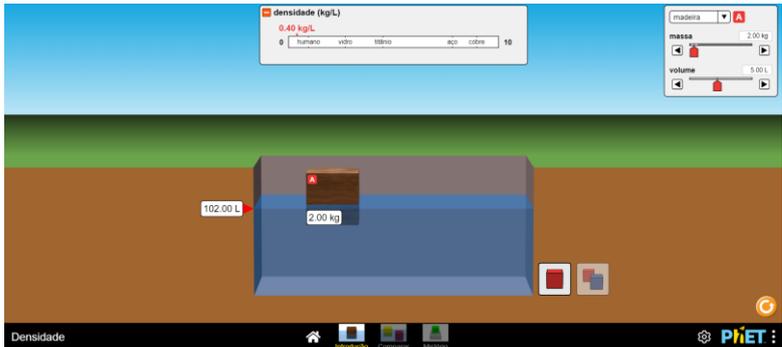
<b>ETAPAS DO MODELO 5E-FLEX</b>	
<b>Engajamento (2h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação demonstrativa da simulação interativa Densidade (Figura a seguir) para os estudantes, com a realização de testes com alguns materiais;</li> <li>• Posteriormente uso livre pelos estudantes, em equipes, no laboratório de informática da escola, para testagem de materiais e análise das variáveis da simulação.</li> </ul>	
	
<b>Figura - Simulação interativa Densidade</b>	
<b>Exploração (2h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para esse momento, os estudantes trariam objetos de casa para análise de testes experimentais, em equipes, para verificar se o material iria boiar ou afundar;</li> <li>• Posteriormente, seriam feitos questionamentos às equipes para verificar as concepções deles com relação aos testes feitos.</li> </ul>	
<b>Explicação (2h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• As equipes que realizaram as atividades na Exploração iriam agora explicar o que desenvolveram na experimentação e suas conclusões com os testes feitos;</li> <li>• Após isso, o professor traria aprofundamentos teóricos com uso da simulação interativa, como recurso de visualização dos conceitos que são apresentados.</li> </ul>	
<b>Elaboração (2h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na Elaboração o professor iria propor situações para que os estudantes possam escolher o que realizar como atividade. Sendo a análise de casos ou pesquisas envolvendo reportagens para que os estudantes pudessem explicar com base no conteúdo de densidade, como exemplo o derramamento de óleo, e se posicionassem criticamente;</li> <li>• Outra sugestão de atividade, seria uma atividade experimental livre para explicar os conceitos de densidade com diferentes materiais pelas equipes.</li> </ul>	
<b>Avaliação (2h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A avaliação seria realizada desde o processo da Exploração, verificando o comprometimento dos estudantes durante as atividades.</li> </ul>	

## APÊNDICE D – SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 3

**Temática:** Densidade

**Tempo estimado:** 5 aulas

**Nível:** 1º ano do Ensino Médio

<b>ETAPAS DO MODELO 5E-FLEX</b>	
<b>Engajamento (1h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação de vídeos demonstrando materiais em gerais afundando ou boiando;</li> <li>• Trazer questionamentos como o porquê de certas frutas boiam ou afundam;</li> <li>• Promover discussões para elucidar a curiosidade dos estudantes;</li> <li>• Introduzir o uso da simulação Densidade (Figura a seguir) de modo livre pelos estudantes, de modo a explicarem os aspectos observados nos vídeos e discussões;</li> <li>• No contexto de escola com laboratório de informática, os estudantes utilizariam as simulações e professor traria questionamentos com o uso. No contexto demonstrativo, o professor iria projetar a simulação interativa e promover uma discussão com diferentes análises.</li> </ul>	
	
<b>Figura - Simulação interativa Densidade</b>	
<b>Exploração (1h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de atividade experimental para que os alunos determinem e comparem a densidade de diferentes materiais, permitindo que explorem suas próprias hipóteses e construam suas próprias explicações baseadas nas observações feitas durante os experimentos. Esses materiais seriam livres, logo cada estudante poderia trazer seu próprio material para análise.</li> <li>• Estudos de caso poderiam ser implementados nessa fase para uso geral da turma ou em equipes com diferentes estudos de casos.</li> </ul>	
<b>Explicação (1h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O objetivo desse momento é o de proporcionar uma roda de diálogo para que os estudantes, em equipes possam explicar a atividade experimental desenvolvida na Exploração, além de evidenciar os conceitos de densidade. O professor age como mediador do processo;</li> <li>• Além disso, o professor promove aprofundamentos teóricos, através de conceitos mais concretos.</li> </ul>	
<b>Elaboração (1h/aula)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação de uma situação nova envolvendo a aplicação do conceito de densidade, sendo a produção de um protótipo de barco com materiais recicláveis pelas equipes de estudantes, cada barco deve boiar e suportar uma carga de 2 kg;</li> </ul>	

- Com a construção do barco, haveriam discussões acerca da resolução da situação solicitada ou não, verificando os materiais que foram utilizados pelas equipes.

**Avaliação (2h/aula)**

- Produção de mapas conceituais pelas equipes, como forma de avaliação da observação do entendimento dos conceitos abordados nas etapas anteriores;
- Os estudantes deveriam buscar os conceitos vivenciados nas etapas e construir o mapa conceitual.

## APÊNDICE E – SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRODUZIDA PELA EQUIPE 5

**Tema:** Concentração de sódio nos produtos industrializados

**Tempo estimado:** 4 aulas

**Nível:** 2º ano do Ensino Médio

### ETAPAS DO MODELO 5E-FLEX

#### Engajamento (1h/aula): notícias de jornais e questionamentos

- Apresentação de notícias de jornais com questionamentos;
- Sendo lançadas perguntas como: já se perguntaram a quantidade de sal consumida diariamente por cada um de vocês? Quanto seria a quantidade ideal por dia?
- Posteriormente, levantar uma pergunta reflexiva aos estudantes: como a informação sobre a concentração de sódio nos alimentos pode influenciar nossas escolhas alimentares?
- Com essas perguntas, seria realizada uma discussão para verificação das concepções dos estudantes, a fim de compreender suas percepções acerca de estratégias para reduzir o consumo de sódio na nossa alimentação.

#### Exploração (1h/aula): análise de rótulos de alimentos.

- Na Exploração, os estudantes deveriam pesquisar sobre o rótulo de alimentos que eles consomem no dia a dia e verificarem a quantidade de sódio presente neles;
- Apresentando como exemplos, os alimentos a seguir:



**INFORMAÇÃO NUTRICIONAL**  
Porção de 25 g (1 ½ xícara)

	Quantidade por porção	% Val*
Carboidratos	12 g, dos quais:	4%
Açúcares	0 g	**
Proteínas	1,6 g	2%
Gorduras totais	9,7 g	18%
Gorduras saturadas	3,8 g	17%
Gorduras trans	0 g	**
Fibra alimentar	0,6 g	2%
Sódio	129 mg	5%

\*Valores Diários de Referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. \*\*Valores Diários não estabelecidos.

**COCA-COLA ORIGINAL** | 2 L

Informação Nutricional | NÃO CONTÉM GLÚTEN

Uma porção de 200 ml (1 copo) contém

Valor Energético <b>85 kcal</b> 4%	Açúcares <b>21 g</b> =	Gorduras Totais <b>0 g</b> 0%	Gorduras Saturadas <b>0 g</b> 0%	Sódio <b>10 mg</b> 0%
--	------------------------------	-------------------------------------	--	-----------------------------

% Valores diários com base em uma dieta de 2.000 kcal. (\*) Valor diário para açúcares não estabelecido.

**Ingredientes:** Água gasificada, açúcar, extrato de noz de cola, cafeína, corante caramelo IV, acidulante ácido fosfórico e aroma natural.

• NÃO CONTÉM GLÚTEN • CONTÉM AROMATIZANTE  
• REFRIGERANTE DE COLA

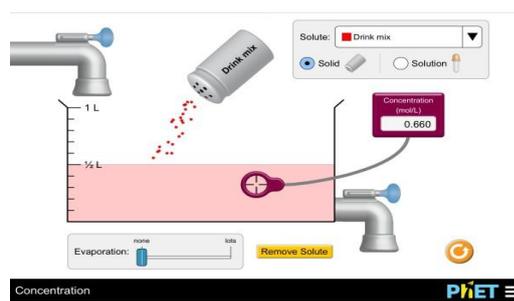
Não contém quantidade significativa de proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gordura trans e fibra alimentar.

Figura – Rótulos de alimentos

- A partir disso, a turma deve socializar entre si a partir da análise dos rótulos dos alimentos pesquisados, quais possuem maiores ou menores quantidades de sódio na sua composição. E pensar sobre porque é importante saber a quantidade de sódio consumida, quais podem ser as consequências do alto consumo desses alimentos com foco no sódio por porção;
- Além do compartilhamento de notícias relacionadas sobre a temática.

#### Explicação e Elaboração (1h/aula)

- Na Explicação, seria realizada uma aula expositiva a respeito do conteúdo de concentração. Com a apresentação do cálculo da concentração de soluções.
- Na Elaboração, sendo na mesma aula, os estudantes seriam levados ao laboratório de informática, para demonstração do uso da simulação interativa Concentração (Figura a seguir), a fim de demonstrar como a concentração das soluções pode ser observada mediante alterações de variáveis;



**Figura** – Simulação interativa Concentração

### **Avaliação (1h/aula)**

- Avaliação contínua, com base nas análises das discussões realizadas com os alunos, com os trabalhos em equipes desde o início da sequência didática;
- Além de utilizar a simulação interativa com questionamentos orientados para que os estudantes, em grupos, possam responder utilizando a simulação, envolvendo a temática, como solicitação da determinação da concentração de soluções, explicações dos efeitos em uma solução com a redução ou aumento de variáveis como soluto e solvente.