



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
QUÍMICA - LICENCIATURA

PAULA FRANCIELY TORRES DE BARROS

**SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA UTILIZANDO OS
CONCEITOS DE ÁCIDOS E BASES PARA A DISCUSSÃO DOS EFEITOS NOCIVOS
CAUSADOS PELA MISTURA DE PRODUTOS DE LIMPEZA**

Caruaru - PE

2024

PAULA FRANCIELY TORRES DE BARROS

**SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA UTILIZANDO OS
CONCEITOS DE ÁCIDOS E BASES PARA A DISCUSSÃO DOS EFEITOS NOCIVOS
CAUSADOS PELA MISTURA DE PRODUTOS DE LIMPEZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Química - Licenciatura do
Campus do Agreste da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciada em Química.

Área de concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula de Souza de Freitas

Caruaru - PE

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Barros, Paula Franciely Torres de.

Sequência investigativa no ensino de química utilizando os conceitos de ácidos e bases para a discussão dos efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza / Paula Franciely Torres de Barros. - Caruaru, 2024.

81 p. : il., tab.

Orientador(a): Ana Paula de Souza de Freitas

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2024.

Inclui referências, apêndices.

1. Ensino de química. 2. Sequência de ensino investigativa. 3. Aprendizagem significativa. 4. Ácidos e bases. I. Freitas, Ana Paula de Souza de. (Orientação). II. Título.

540 CDD (22.ed.)

PAULA FRANCIELY TORRES DE BARROS

**SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA NO ENSINO DE QUÍMICA UTILIZANDO OS
CONCEITOS DE ÁCIDOS E BASES PARA A DISCUSSÃO DOS EFEITOS NOCIVOS
CAUSADOS PELA MISTURA DE PRODUTOS DE LIMPEZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Química - Licenciatura do
Campus do Agreste da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciada em Química.

Aprovada em: 14/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Ana Paula de Souza de Freitas (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Regina Célia Barbosa de Oliveira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho à minha mãe, Paulina, que, mesmo sem ter tido a oportunidade de concluir seus estudos, sempre me incentivou a estudar e a crescer profissionalmente. Ao meu pai, Francisco (in memoriam), que foi e sempre será meu exemplo de força e determinação. E à minha madrinha, Iva, por acreditar no meu potencial e nunca me deixar desistir dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todo discernimento, paciência e força que me concebeu para chegar até aqui; sem Ele, nada disso seria possível. À minha família, que é a personificação do cuidado de Deus comigo na Terra. Aos meus pais, Paulina e Francisco, que sempre cuidaram de mim com amor, respeito e dedicação, e ao meu pai, que agora cuida de mim do céu. Ao meu irmão Pedro, que em silêncio, permitiu que eu estudasse e sempre me ajudou a enfrentar os desafios da vida. Às minhas tias, Marlene e Rosa, que sempre buscaram palavras de conforto e intercedem por mim em suas orações. Ao meu primo Andrey e minha prima Andrea por sempre me acolherem com amor e carinho.

Aos meus afilhados, Arthur e Emanuel (in memoriam), que são os presentes mais preciosos que Deus poderia me conceder aqui na Terra. Aos meus compadres, Elidiane e Anderson, por me concederem a honra de ser madrinha e por sempre me acolherem e aconselharem nos momentos bons e ruins. À minha madrinha Iva, por ser sempre a pessoa que me escuta, me aconselha e me conforta sem nunca me julgar.

Aos meus amigos de vida, que sempre estiveram presentes e entenderam meus momentos de ausência. Aos meus amigos acadêmicos, Eloiza, Wesley, Paloma, Eduarda, Carol, Thais, Vanessa e Ailton, obrigada por caminharem comigo ao longo desses 5 anos. Em especial, ao meu trio, Elenilton e Kleyton, que seguraram minha mão e me sustentaram até aqui; sem vocês, eu não teria conseguido.

À minha professora e orientadora, Ana Paula, pela atenção e dedicação na realização deste trabalho. Minha admiração e respeito pela pessoa e profissional que és transcendem palavras. Espero que um dia possas te orgulhar da professora que me tornarei, pois parte dela será inspirada por teus ensinamentos e pelo cuidado que tens com teus estudantes. Ao meu professor de ensino médio, João Soares, por todo companheirismo e ensinamentos, por me fazer acreditar em mim mesma e gostar de Química. A todos os professores do curso que contribuíram para a minha formação acadêmica, em especial Regina Célia, José Ayron e Ricardo Guimarães, obrigada por suas valiosas contribuições para a minha formação docente.

RESUMO

O ensino de química pode se tornar significativo para o estudante à medida que ele consegue assimilar os novos conhecimentos a partir da relação com os conhecimentos prévios e estabelecer ligações com situações cotidianas. Dessa forma, o presente trabalho buscou compreender as implicações de uma sequência de ensino investigativa, no favorecimento de uma aprendizagem significativa dos conceitos de ácidos e bases. Com uma abordagem qualitativa e do tipo exploratória, o trabalho se baseou em um estudo de caso com um grupo de estudantes da educação básica em uma escola de referência no município de Caruaru-PE. Para tanto, os métodos de pesquisa adotados para a obtenção de dados englobam a observação participante, em conjunto com a aplicação de questionário prévio e produção textual. Esses dados foram analisados com base em pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, considerando as categorias elaboradas pela autora da pesquisa, a partir das respostas dos estudantes no questionário prévio, o desenvolvimento da sequência didática e as categorias estabelecidas previamente para análise das produções textuais. Como resultado, a sequência de ensino investigativa mostrou que os estudantes foram capazes de estabelecer uma conexão entre os conceitos químicos e a problemática proposta, através de novos conhecimentos ou reformulação dos conhecimentos prévios. Quanto à aprendizagem significativa, observou-se a presença dos três tipos de aprendizagem significativa propostos por Ausubel. A aprendizagem representacional foi identificada quando os estudantes estabeleceram uma conexão entre a leitura das informações nos rótulos dos produtos de limpeza e a segurança no uso desses produtos, atribuindo potencial significado a essas informações. A aprendizagem conceitual manifestou-se ao demonstrarem capacidade de atribuir significado aos conceitos, assimilando-os a ideias já existentes em sua estrutura cognitiva. A aprendizagem proposicional foi evidenciada quando os estudantes apresentaram novos conhecimentos ou reformularam os conhecimentos prévios sobre o conteúdo e a problemática abordada. Dessa forma, espera-se que este trabalho possa servir de base para a aplicação de sequências de ensino investigativas em outros contextos educacionais, promovendo uma aprendizagem significativa e contextualizada.

Palavras-chave: Ensino de Química; Sequência de Ensino Investigativa; Aprendizagem Significativa; Ácidos e Bases.

ABSTRACT

Chemistry teaching can become meaningful for students as they manage to assimilate prior knowledge with new concepts and establish connections with everyday situations. In this way, the present study aimed to understand the implications of an investigative teaching sequence, involving the concepts of acids and bases, in promoting meaningful learning in chemistry education. With a qualitative and exploratory approach, the study was based on a case study with a group of basic education students at a reference school in the city of Caruaru-PE. The research methods adopted for data collection included participant observation, along with the application of a preliminary questionnaire and textual production. These data were analyzed based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning, considering the categories developed from the students' responses in the preliminary questionnaire, the development of the didactic sequence, and the pre-established categories for analyzing textual productions according to the Types of Meaningful Learning. As a result, the investigative teaching sequence showed that students were able to establish a connection between chemical concepts and the proposed problem, either through acquiring new knowledge or restructuring prior knowledge. Regarding meaningful learning, the presence of the three types proposed by Ausubel was observed. Representational learning was identified when students made a connection between reading information on cleaning product labels and the safe use of these products, attributing potential meaning to such information. Conceptual learning was manifested as they demonstrated the ability to assign meaning to the concepts, assimilating them into pre-existing ideas in their cognitive structure. Propositional learning was evidenced when students presented new knowledge or restructured prior knowledge on the content and the problem addressed. Thus, it is hoped that this study can serve as a basis for applying investigative teaching sequences in other educational contexts, promoting meaningful and contextualized learning.

Keywords: Chemistry Teaching; Investigative Teaching Sequence; Meaningful Learning; Acids and Bases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Losango didático, adaptado de Méheut e Psillos (2004, p. 517).	26
Figura 2 –	Losango didático da SD	27
Figura 3 –	Escala de pH	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Estruturação da SEI.	28
Quadro 2 –	Categorias para os tipos de Aprendizagem Significativa.	43
Quadro 3 –	Categorias emergidas a partir das respostas à 1ª pergunta do questionário prévio.	44
Quadro 4 –	Categorias emergidas a partir das respostas à 2ª pergunta do questionário prévio.	46
Quadro 5 –	Categorias emergidas a partir das respostas à 3ª pergunta do questionário prévio.	47
Quadro 6 –	Categorias emergidas a partir das respostas à 4ª pergunta do questionário prévio.	48
Quadro 7 –	Categorias emergidas a partir das respostas à 5ª pergunta do questionário prévio.	50
Quadro 8 –	Respostas apresentadas pelo grupo G1 durante a realização da atividade prática.	59
Quadro 9 –	Respostas apresentadas pelo grupo G2 durante a realização da atividade prática.	60
Quadro 10 –	Respostas apresentadas pelo grupo G3 durante a realização da atividade prática.	60
Quadro 11 –	Categorias e indicadores para os Tipos de Aprendizagem Significativa.	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
pH	potencial Hidrogeniônico
SD	Sequência didática
SEI	Sequência de Ensino Investigativas
TLSs	<i>Teaching-learning sequences</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Atividades Investigativas no ensino de ciências	17
3.2	Aprendizagem Significativa	21
3.2.1	<i>Sequência de ensino-aprendizagem</i>	24
3.2.2	<i>Sequência de Ensino Investigativas</i>	28
3.3	Ácidos e Bases	29
3.3.1	<i>Sequências Investigativas sobre o conteúdo Ácidos e Bases</i>	34
4	METODOLOGIA	37
4.1	Classificação do trabalho	37
4.2	Sujeitos e campo de pesquisa	38
4.3	Obtenção dos dados	39
4.3.1	<i>Sequência didática sobre Ácidos e Bases vinculado a produtos de limpeza</i>	40
4.4	Análise dos resultados	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1	Análise do questionário prévio	44
5.2	Análise da situação-problema e levantamento de hipóteses	53
5.3	Análise da proposta do trabalho investigativo	55
5.4	Análise das atividades mobilizadoras	59
5.5	Análise das produções textuais	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA	71
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PRÉVIO	73
	APÊNDICE C - SITUAÇÃO-PROBLEMA	74
	APÊNDICE D - PROPOSTA DE UM TRABALHO INVESTIGATIVO	75

APÊNDICE E - SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	76
APÊNDICE F - ATIVIDADES MOBILIZADORAS	77
APÊNDICE G - TEXTO 1 DAS ATIVIDADES MOBILIZADORAS	78
APÊNDICE H - TEXTO 2 DAS ATIVIDADES MOBILIZADORAS	79
APÊNDICE I - RECONTEXTUALIZAÇÃO/CONCLUSÃO	80

1 INTRODUÇÃO

As críticas ao ensino tradicional, estão relacionadas a passividade dos estudantes em sala de aula e a memorização dos conteúdos, o que dificulta o estabelecimento de relações entre o conhecimento adquirido ao longo da vida com o conhecimento que está sendo ensinado na escola, o que pode contribuir para uma aprendizagem não significativa (Guimarães, 2009). Nessa perspectiva, o aprendizado de química se torna um desafio para os estudantes, pois todo ‘conhecimento’ adquirido em sala de aula não passa apenas de informações sem ligações contextuais com o cotidiano e sem significado para eles.

Como destacado por Silva (1996) o ensino de ciências tem a finalidade de formar indivíduos que participem ativamente da sociedade, que busquem informações e as relacione com a natureza e a vida, que a partir destas sejam capazes de refletir, questionar e pensar, buscando soluções para os problemas cotidianos, favorecendo a construção de uma aprendizagem significativa. Nesse contexto, se faz necessário a utilização de estratégias que corroborem para uma postura ativa e crítica do estudante e que possibilite a ele relacionar seus conhecimentos prévios aos conhecimentos construídos em sala de aula, contribuindo assim para sua aprendizagem.

Nesse viés, as atividades investigativas podem ser uma estratégia para a criação de problemas reais que levem o estudante a uma participação ativa em sala de aula, permitindo a contextualização e o levantamento de hipóteses, sendo o professor um mediador da construção do conhecimento do estudante. Segundo Zômpero e Labúru (2011), as atividades investigativas podem ser estruturadas através de situações-problemas, levantamento de hipóteses, planejamento da investigação, elaboração de explicações e conclusão. Entretanto, essas atividades só são consideradas investigativas se o estudante não se limitar apenas a observação ou manipulação, é preciso criar atividades que levem o estudante a refletir, discutir e relatar, dando sentido a investigação científica, além da necessidade de fundamentação do fenômeno investigado para que o estudante entenda o que está sendo trabalhado (Azevedo, 2004).

Zômpero e Labúru (2011) ressaltam ainda que as atividades investigativas no ensino de ciências contribuem para o desenvolvimento do raciocínio lógico, das habilidades cognitivas e para a constituição de uma cultura de cooperação entre os estudantes, além de auxiliar na construção do conhecimento científico. Para isso, é importante que os estudantes tenham um papel ativo em sala de aula e o professor seja mediador desse conhecimento,

proporcionando ao estudante expor seus conhecimentos prévios, levantar hipóteses e desenvolver novas habilidades.

Dessa forma, além de promover o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes, mediante uma participação ativa, as atividades investigativas proporcionam aos estudantes a assimilação do conteúdo a partir da conexão dos novos conhecimentos com os conhecimentos prévios que estão presentes em sua estrutura cognitiva. Esse processo investigativo, pode favorecer um ambiente propício para a assimilação de novos conteúdos de forma não arbitrária e não literal, o que remete a uma aprendizagem mais significativa.

Assim, nesta pesquisa, trabalhamos com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel que focaliza a aprendizagem cognitiva, na qual os conceitos mais relevantes do indivíduo que estão armazenados na estrutura cognitiva interagem com novas informações apresentadas que é ancorada e assimilada ao mesmo tempo que é modificada (Novak; Ausubel; Hanesian, 1980; Ausubel, 2003). Entretanto, Guimarães (2009) aponta que não é uma tarefa simples avaliar o estudante para saber seu conhecimento prévio, pois esse saber reside na estrutura cognitiva, onde é organizado e armazenado na mente do indivíduo, e é preciso conhecê-lo para agir de acordo. Contudo, o mesmo autor defende que é possível encontrar o conhecimento que se aprende na estrutura cognitiva do indivíduo, para isso, é necessário transformar esse conhecimento em ações e situações que envolvam um problema real, sendo o professor capaz de identificar o conhecimento prévio mediante ao conhecimento aprendido nas ações.

Nesse contexto, propõe-se o uso de sequências de ensino investigativas (SEI) para se trabalhar diversos temas e investigar as relações entre o mundo material e o conhecimento científico. Com isso, existem alguns pontos primordiais para a estruturação de uma SEI: i) Planejamento da problemática ii) Resolução do problema iii) Sistematização do conhecimento através de levantamento de hipóteses iv) Contextualização no cotidiano (Carvalho, 2013).

Sendo assim, na presente pesquisa, foram trabalhados na sequência didática investigativa os conceitos de ácidos e bases, conceitos estes, muito utilizados no ensino de química, entretanto, na maioria das vezes, são apresentados de modo sistemático ou experimental e não relacionados ao cotidiano, dificultando a aprendizagem dos estudantes. Nessa perspectiva, é interessante considerar o contexto que abrange essas abordagens para a construção de conhecimento mediante uma aprendizagem significativa (Vos; Pilot, 2001 *apud* Souza; Silva, 2018a). Diante disso, os conceitos de ácidos e bases, foram abordados através da utilização de uma sequência de ensino investigativa (Carvalho, 2013), com enfoque no ensino de química, partindo da problematização dos efeitos nocivos causados pela mistura

dos produtos de limpeza para desenvolver a aprendizagem dos estudantes mediante a problemas reais e cotidianos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Analisar as implicações de uma sequência de ensino investigativa, no favorecimento de uma aprendizagem significativa dos conceitos de ácidos e bases.

2.2 Objetivos específicos:

- Identificar como as conexões estabelecidas entre os conceitos químicos e a problemática proposta contribuem para uma aprendizagem significativa.
- Investigar as potencialidades da SEI para o desenvolvimento da criticidade e autonomia dos estudantes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo visa apresentar breves considerações sobre o referencial teórico adotado como base para a elaboração e validação deste trabalho. O primeiro tópico aborda as atividades investigativas no ensino de ciências e discute como essas atividades podem ser estruturadas. Em seguida, no segundo tópico é discutido a Teoria da Aprendizagem Significativa, com um subtópico dedicado às sequências de ensino-aprendizagem e outro às Sequências de Ensino Investigativas (SEI), enfatizando suas contribuições para o processo de ensino-aprendizagem. Por fim, o último tópico foca no conteúdo de Ácidos e Bases, com um subtópico dedicado à discussão das sequências investigativas aplicadas a este conteúdo, detalhando como elas foram implementadas e os resultados obtidos ou esperados.

3.1 Atividades Investigativas no ensino de ciências

As atividades investigativas e outras metodologias ativas voltadas para o ensino de ciências surgiram inicialmente em países da Europa e Estados Unidos no século XIX, ganhando uma maior influência no século XX e sendo amplamente discutidas, devido aos diferentes objetivos apresentados ao ensino e tendo como base as mudanças na sociedade e os aspectos políticos, filosóficos e históricos da época (Rodrigues; Borges, 2008; Zômpero; Labúru, 2011). Entretanto, no Brasil, o ensino por investigação ainda é pouco utilizado, mas, vem ganhando espaço ao longo dos anos, por meio dos trabalhos desenvolvidos por diversos pesquisadores (Azevedo, 2004; Munford; Lima, 2007; Rodrigues; Borges, 2008; Zômpero; Labúru, 2011). Nessa perspectiva, o ensino por investigação “*inquiry*”, ou as atividades investigativas como denominaremos em nossa pesquisa, adquiriu ao longo dos anos, diferentes conceituações e pesquisas relacionadas, apresentando diversas abordagens.

Sobre isso, Zômpero e Labúru (2011) destacam que é necessário encontrar um caminho para essas diferentes abordagens, através da análise das pesquisas relacionadas ao ensino por investigação para se chegar a um consenso sobre como determinar se uma atividade em ciências tem caráter investigativo.

Desse modo, Munford e Lima (2007) ressaltam que a dificuldade de encontrar atividades investigativas no ensino de ciências, acontece pelo fato de existir um abismo entre duas ciências: a ciência ensinada nas escolas e a ciência dos cientistas, pois, segundo os autores a ciência que é ensinada na escola “promove a aprendizagem de um conhecimento já

consolidado” e a ciência dos cientistas tem como objetivo “produzir novos conhecimentos científicos”, diferença que é vista principalmente nos conteúdos trabalhados em sala de aula.

Corroborando com os autores, Azevedo (2004) destaca que as investigações relacionadas às atividades investigativas no ensino de ciências, muitas vezes tratam da resolução de problemas, da teoria e da prática em laboratório como atividades separadas, contribuindo para que o estudante tenha uma visão distorcida do que de fato é ciência.

Entretanto, de acordo com Azevedo (2004), é crucial que as atividades investigativas sejam caracterizadas por questões abertas e realizadas em laboratórios abertos que buscam, assim como outras abordagens de atividades investigativas, a resolução de uma questão por meio da experimentação. Contudo, Munford e Lima (2007) discordam da ideia de que o ensino por investigação precise necessariamente incluir atividades experimentais, argumentando que nem toda atividade prática possui características investigativas e que, dependendo do contexto, muitas atividades não práticas podem ser mais investigativas do que as experimentais.

No entanto, ambos os autores concordam que as atividades devem ser conduzidas através da resolução de problemas, de maneira a proporcionar um ambiente em que o professor atue como mediador, contribuindo para o desenvolvimento do estudante, para o aprimoramento do raciocínio lógico e de suas habilidades cognitivas, favorecendo, assim, a construção do conhecimento científico e uma formação crítica.

Dessa maneira, as atividades investigativas estariam de acordo com a Base Nacional Comum Curricular, BNCC, para o ensino de química, pois uma das competências gerais do ensino básico é,

exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (Brasil, 2018, p. 9)

Diante disso, a utilização de atividades investigativas no ensino de ciências pode fomentar a reflexão, a análise crítica e a imaginação dos estudantes através da resolução de problemas, levantamento de hipóteses e elaboração de soluções. No entanto, essas atividades requerem “do aluno uma atividade intelectual mais ativa, contrapondo-se ao ensino transmissivo, no qual o aluno apresenta atividade intelectual mais passiva, recebendo as informações mais prontas do professor” (Brasil, 2014, p. 56).

Nesse contexto, os educadores são encorajados a não apenas seguir uma abordagem tradicional de transmissão de conteúdo, mas sim a desempenhar o papel de mediadores para os estudantes na busca do conhecimento científico. Sob essa perspectiva, autores como Munford e Lima (2007) e Rodrigues e Borges (2008) ressaltam que os seres humanos têm uma inclinação natural para investigar e explorar. Portanto, ao invés de simplesmente fornecer informações prontas, as atividades devem ser projetadas para estimular a curiosidade e a busca ativa por respostas sobre a sociedade e o conhecimento humano.

Todavia, Azevedo (2004) ressalta que, uma atividade somente pode ser considerada, verdadeiramente, investigativa se propiciar o desenvolvimento de capacidades e habilidades cognitivas no estudante. Para alcançar esse propósito, é crucial que a atividade seja fundamentada, faça sentido para o estudante e desperte seu interesse em relação ao tema abordado em sala de aula. Essas características conferem às atividades um caráter investigativo científico, uma vez que auxiliam o estudante a pensar criticamente, refletir e buscar a construção de novo conhecimento. Além disso, promovem a participação ativa do estudante nas demais etapas do processo das atividades investigativas.

Portanto, para uma atividade ser considerada investigativa, segundo Azevedo (2004) e Zômpero e Labúru (2011) é necessário haver uma construção, destacando: 1) Apresentação de situações problemáticas abertas; 2) Levantamento de hipóteses pelos estudantes; 3) Planejamento para realização da atividade investigativa (Plano de trabalho); 4) Coleta e análise de dados (elaboração de explicações); 5) Conclusão a situação-problema inicial.

Ainda de acordo com os autores, a apresentação de situação-problema aberta assume um papel central nas atividades investigativas, representando o ponto de partida que impulsiona a discussão das demais etapas do processo. Entretanto, conforme ressaltado por Azevedo (2004) e Zômpero e Labúru (2011), destaca-se a importância de desenvolver tais situações em um nível de dificuldade adequado ao estudante, que possa estimulá-lo na busca pelo conhecimento científico. Esses problemas podem ser desenvolvidos através de questões abertas genéricas, que não envolvam um assunto específico, mas que levem o estudante a fomentar diferentes argumentações.

O processo de levantamento de hipóteses surge após a apresentação do problema inicial, proporcionando ao estudante a oportunidade de refletir sobre a questão e desenvolver suposições que alimentem a discussão e eventualmente conduzam a uma solução (Azevedo, 2004). Nesse contexto, é crucial estimular o estudante a desempenhar um papel ativo na sala de aula, encorajando-o a posicionar-se e formular hipóteses. Isso permite que o professor atue

como mediador nessas discussões, através do contato com as informações dos estudantes e direcionando o diálogo para alcançar os objetivos da pesquisa.

Após a formulação das hipóteses, acontece a fase do planejamento da atividade investigativa, também denominada por Azevedo (2004) como “plano de trabalho”. Durante essa etapa, realiza-se uma discussão em conjunto com a turma para desenvolver um plano detalhado da atividade, delineando como ele será conduzido, bem como será feita a análise e coleta de dados. Corroborando o autor, Zômpero e Laburú (2011) em suas pesquisas, analisando as diferentes abordagens, destacam ainda que essa etapa também visa a organização das informações previamente levantadas pelos estudantes e a elaboração de estratégias que permitam a integração de novas informações.

Na obtenção e análise de dados é importante que sejam analisadas as informações levantadas pelos estudantes durante a atividade investigativa, essas informações podem fornecer uma explicação da situação-problema inicial. Portanto, é importante que o professor desempenhe um papel mediador nas informações apresentadas para a análise e obtenção dos dados. Além disso, a última etapa desse processo consiste na conclusão, na qual se formaliza uma resposta sólida à pergunta inicial. Isso envolve um refutamento, uma nova pesquisa e uma posterior discussão e validação das hipóteses, bem como uma revisão das etapas da construção da pesquisa (Azevedo, 2004).

Todavia, é importante salientar que, a construção dessas atividades pode sofrer alterações ou aderir novos ciclos, mediante os conteúdos trabalhados, a literatura estudada ou a proposta do professor em sala de aula. Tomamos como base para a estruturação desta pesquisa os referenciais de Azevedo (2004) e Zompero e Laburú (2011). Entretanto, é importante reconhecer que existem diversas abordagens para a implementação das atividades investigativas, e a literatura não chega a um consenso absoluto sobre o assunto. No entanto, as pesquisas indicam que é possível identificar algumas convergências quanto às características dessas atividades. Em todos os casos, há concordância de que as atividades investigativas são fundamentadas na resolução de problemas e representam uma abordagem distinta em relação ao ensino tradicional, ao promoverem o engajamento ativo do estudante no processo de aprendizagem em sala de aula (Zômpero; Laburú, 2011).

Sendo assim, as atividades investigativas desempenham um papel fundamental ao promover a autonomia e a criticidade dos estudantes durante o processo de ensino-aprendizagem. Essas atividades oferecem aos estudantes a oportunidade de conectar os novos conhecimentos às suas experiências anteriores, facilitando assim a assimilação do

conteúdo. Ao envolver os estudantes em processos de investigação, pode-se criar um ambiente propício para uma aprendizagem mais significativa.

3.2 Aprendizagem Significativa

Na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (Teoria da Assimilação), a aquisição de novos conceitos é influenciada pelos conceitos prévios presentes na estrutura cognitiva do estudante, desde que eles estejam claros e disponíveis servindo como ponto de ancoragem dos novos conceitos. Nesse viés, a aprendizagem significativa acontece por meio da obtenção de novos significados a partir do material de aprendizagem apresentado, esse material pode se relacionar com algum significado relevante que o estudante já possui (subsunçores) ou com ideias prévias ancoradas a sua estrutura cognitiva, que podem sofrer alterações mediante o material apresentado ou a recepção significativa (Ausubel, 2003).

Em oposição a aprendizagem significativa, Ausubel define a aprendizagem mecânica, como aquela em que ocorre a memorização de forma arbitrária e literal, o estudante apenas memoriza o material apresentado e, muitas vezes, não consegue relacionar com a estrutura cognitiva e obter novos significados (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980; Ausubel 2003). Além disso, devido a memorização e não aprendizagem do conteúdo, as informações relevantes que são adquiridas, são retidas apenas por um curto período de tempo na estrutura cognitiva do estudante, podendo ser esquecida por ele, prejudicando sua aptidão para desenvolver atividades mais complexas ou possuir algum conhecimento adquirido anteriormente de determinado conteúdo.

Por outro lado, a aprendizagem significativa acontece de forma não literal (substantiva) e não arbitrária, relacionando-se com a estrutura cognitiva do estudante através de uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma preposição. Mas, para que isso ocorra são necessárias duas condições essenciais, que o material apresentado seja potencialmente significativo, ou seja, “relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal” (Ausubel, 2003, p. 156) e, que o estudante demonstre interesse em aprender. Para isso, ele precisa ter disponível em sua estrutura cognitiva subsunçores relevantes no intuito de desenvolver um significado lógico com o material apresentado (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980; Ausubel, 2003).

Nesse sentido, compreende-se a importância de escolher um conteúdo que seja significativo para o estudante, de modo que, ele possua algum conhecimento prévio desse conteúdo, demonstre disposição para aprender, pois mesmo que o material seja significativo,

ele ainda pode ser apenas decorado pelo estudante, e a aprendizagem que é para acontecer de forma significativa, se torna uma aprendizagem mecânica, por memorização.

No entanto, Guimarães (2009) ressalta que para o professor é desafiador conhecer o que o estudante já sabe e escolher um conteúdo que seja significativo para ensiná-lo de acordo, pois essa relação com o conhecimento prévio do estudante não é uma tarefa simples, uma vez que esses conhecimentos residem em sua mente e geralmente não são acessados de maneira direta. No entanto, o mesmo autor destaca que,

O enfrentamento de problemas pode ser um momento em que o professor pode encontrar tais vestígios, pois para enfrentar os problemas, não basta ao aprendiz ter memorizado os conceitos, as informações. É necessário transformar o conhecimento original em ações e expressá-lo em forma de linguagens oral ou escrita. Situações que permitem ao educador ter indícios daquilo que o estudante já sabe são aquelas que exigem transformações do conhecimento aprendido (Guimarães, 2009, p.199).

Diante disso, além de considerar o conteúdo a ser apresentado e a disposição do estudante para aprender, o professor deve desenvolver estratégias que promovam a transformação do conhecimento prévio. Essas estratégias podem incluir a resolução de problemas reais que estimulem o estudante a refletir sobre o conteúdo em questão e a assimilar novos significados por meio de proposições e símbolos arbitrários ou pela transformação de conceitos já existentes.

Para Ausubel, Novak, Hanesian (1980) e Ausubel (2003) é possível identificar três tipos de aprendizagem significativa, que eles denominaram de aprendizagem representacional, conceitual e proposicional.

A *aprendizagem Representacional* constitui o núcleo fundamental da aprendizagem significativa, atuando como a base para os outros tipos de aprendizagem. Esse processo ocorre quando símbolos arbitrários são designados para representar objetos específicos, sem necessariamente carregar consigo uma compreensão conceitual. Inicialmente, estes símbolos surgem na forma de palavras, as quais se conectam a objetos e imagens. Entretanto, é importante ressaltar que, nesse estágio, as palavras possuem um potencial significativo, embora ainda não tenham adquirido um significado preciso, nesse sentido, o processo de aprendizagem representacional é caracterizado pela associação entre o objeto real e seu símbolo correspondente. Um exemplo ilustrativo desse processo é observado nos primeiros anos da infância, quando a criança estabelece conexões entre o símbolo e o objeto. Nesse sentido, Moreira (2006) oferece uma explicação para esse processo, destacando um exemplo específico da aprendizagem representacional na fase inicial do desenvolvimento infantil:

A aprendizagem representacional da palavra “bola” ocorre, para uma criança pequena, quando o som dessa palavra (que é potencialmente significativo, mas que ainda não possui significado para a criança) passa a tornar-se equivalente, a uma determinada bola que a criança está percebendo naquele momento e, portanto, significa a mesma coisa que o objeto (bola), em si, significa pra ela (Moreira, 2006, p. 12).

Nesse sentido, a aprendizagem representacional acontece quando a criança relaciona a palavra bola, que nesse caso é o símbolo arbitrário citado por Ausubel (2003), ao objeto/imagem que ela está observando no momento, em um processo de assimilação. Todavia, esse objeto ainda não possui significado, mas se torna potencialmente significativo à medida que ficará retido em sua estrutura cognitiva, podendo ser utilizado posteriormente como subsunçores.

A aprendizagem representacional também pode ocorrer em outras idades e contextos. No ensino de química, por exemplo, cada elemento é representado por um símbolo. Assim, os estudantes são incentivados a relacionar o nome do elemento químico (o símbolo arbitrário) à sua representação química. Inicialmente, essa representação pode não ter significado completo para o estudante, como no caso do estudo dos elementos e suas representações na tabela periódica. No entanto, à medida que os estudantes relacionam cada elemento à sua representação, ao seu símbolo, esse conhecimento é retido em suas mentes e pode ser utilizado como subsunçor para a construção de conceitos mais complexos no futuro.

A *aprendizagem Conceitual* acontece quando conseguimos identificar regularidades entre eventos ou objetos, sem depender necessariamente de algo tangível para atribuir significado. Essa forma de aprendizado pode ser vista como uma extensão da aprendizagem representacional, mas agora ela evolui para a construção de significados a partir de conceitos culturais. Segundo Ausubel (2003, p. 18), conceitos são “objetos, eventos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo”. Nesse estágio, ocorre a compreensão do exemplo previamente mencionado por Moreira (2006) no contexto da aprendizagem representacional. Na aprendizagem conceitual, a criança transcende a simples associação da palavra “bola” ao objeto físico; agora, ela é capaz de associar o símbolo (palavra) a atributos específicos, como outras bolas. Nesse viés, o processo de aprendizagem conceitual implica na construção de conceitos, através das características comuns dos símbolos ou signos, que se relacionam a objetos, eventos, situações ou propriedades e estabelecem uma estrutura conceitual mais ampla.

A *aprendizagem Proposicional* ocorre quando o estudante propõe com uma nova ideia, um novo significado, que se relaciona e interage com as ideias da estrutura cognitiva, se tornando uma ideia composta. Diferentemente da aprendizagem representacional e conceitual, que relaciona símbolos a objetos ou adquire conceituação desses símbolos a partir de aspectos comuns. A aprendizagem proposicional acontece com a proposição de novas ideias, o objetivo desse processo, é aprender o significado da proposição verbal que expressa ideias diferentes daquelas já presentes na estrutura cognitiva. Nesse sentido, a aprendizagem proposicional verbal é resultado de uma estrutura proposicional, na qual existe uma combinação das palavras isoladas que interagem entre si e criam um referencial, essa combinação constitui na estrutura cognitiva uma ideia mais complexa, de forma que a aprendizagem se torne mais significativa. Todavia, apesar de existir uma diferença entre os tipos de aprendizagem, para que aconteça a proposicional verbal de forma significativa e relevante, entende-se que a aprendizagem representacional é pré-requisito para a formação dessas novas ideias (Novak; Ausubel; Hanesian, 1980).

Com o intuito de fomentar a aprendizagem significativa dos estudantes por meio de uma participação ativa em sala de aula e do estabelecimento de conexões entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, esta pesquisa propõe a implementação de uma atividade investigativa organizada por meio de uma sequência didática.

3.2.1 Sequências de ensino-aprendizagem

As sequências didáticas (SD) são uma importante ferramenta para a construção da aprendizagem dos estudantes, uma vez que, são planejadas de acordo com as intenções educacionais para cada conteúdo e podem estabelecer relações entre educadores e estudantes em sala de aula. Segundo Zabala (1998, p.18) as SD são um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantes”. Essas atividades ordenadas podem ser organizadas, planejadas em sequências de aulas expositivas, jogos, simulações, experimentações, resoluções de problemas, entre outras práticas pedagógicas, conforme o objetivo educacional.

Entretanto, Zabala (1998) ressalta que ao estruturar esse tipo de atividade articulada, é necessário para a aprendizagem dos estudantes, que a sequência seja elaborada de forma que se torne significativa para eles, de modo, que eles demonstrem interesse pelo conteúdo, a fim de resolvê-lo. Além disso, o professor precisa considerar as particularidades dos estudantes ao

estruturar a sequência, reconhecendo seu papel crucial na formação deles. Diante disso, é fundamental que o educador busque identificar o interesse do estudante sobre determinado assunto, seus conhecimentos prévios e as experiências vivenciadas, e que busque intervir adequadamente nas dificuldades apresentadas, sem, contudo, retirar a autonomia do estudante.

O mesmo autor, destaca ainda que existem diferentes abordagens para as sequências didáticas, todavia, é necessário se questionar acerca dessas atividades, a fim de validar e sobretudo, reconhecer e acrescentar novas propostas.

Essa diversidade de propostas chamou a atenção de pesquisadores europeus na década de 80 e, embora diferentes termos tenham sido usados para se referir a elas, o termo Sequências de ensino-aprendizagem (*teaching-learning sequences* - TLSs) passou a ser adotado.

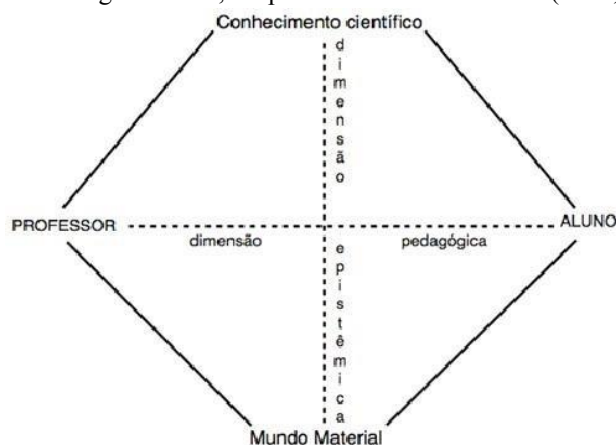
Nesse contexto, buscando encontrar uma tendência entre as diferentes sequências didáticas publicadas por pesquisadores em diferentes países, Méheut e Psillos (2004) em seu estudo a partir de aspectos apresentados explicitamente ou implicitamente nesses trabalhos, propôs uma visão geral sobre o desenvolvimento, tendência e validação em sala de aula das TLSs. Com relação à elaboração e tendência das sequências de ensino-aprendizagem,

a discussão deteve-se a questões como a concepção de situações de ensino-aprendizagem, problemas, atividades, o papel desempenhado nas decisões por uma variedade de considerações, incluindo análise de conteúdo, epistemologia, concepções e motivações dos estudantes, aprendizagem e teorias pedagógicas e restrições educacionais (Méheut; Psillos, 2004, p. 517, tradução nossa).

Essa discussão foi fundamental para o desenvolvimento de uma proposta que integrava as diversas abordagens das SD, a qual poderia ser adotada tanto por professores quanto por pesquisadores, com o intuito de analisar as concepções subjacentes a uma sequência de ensino-aprendizagem.

Para abranger as diferentes considerações presentes nas sequências encontradas na literatura Méheut e Psillos (2004) propuseram um losango didático, o qual apresenta dois eixos, representando as dimensões epistêmica e pedagógica, e traz quatro elementos, professor, estudantes, mundo material, e conhecimento a ser desenvolvido (Figura 1).

Figura 1: Losango didático, adaptado de Méheut e Psillos (2004, p. 517)

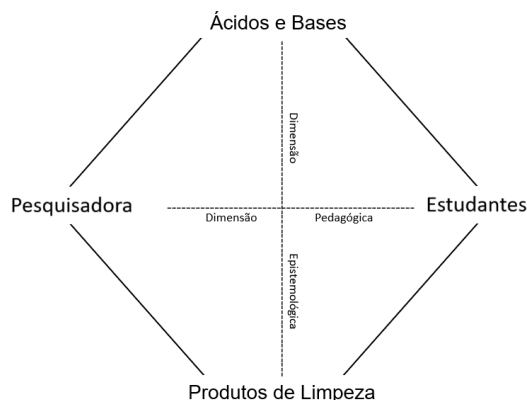


Fonte: Kneubil; Pietrocola (2017, p. 7).

O eixo vertical representa a dimensão epistêmica, como o conhecimento específico se relaciona com o mundo material, nesse eixo estão incluídas as abordagens sobre os métodos científicos e os processos de validação e elaboração do conhecimento científico que fundamentam a sequência. O eixo horizontal, a dimensão pedagógica, destaca as interações entre os professores e estudantes, estudantes e estudantes e seus respectivos papéis no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, temos a interação do estudante e do professor com o mundo material e o conhecimento científico (Méheut; Psillos, 2004, tradução nossa; Méheut, 2005).

Nessa pesquisa, a dimensão epistêmica refere-se à relação entre os conceitos de ácidos e bases (conhecimento científico) e a problemática sobre produtos de limpeza (mundo material). Essa relação será explorada através da fundamentação do conhecimento científico e sua conexão com o mundo material, delineada pela problemática proposta. Ademais, a dimensão pedagógica, por sua vez, destaca a interação entre a pesquisadora e os estudantes, os quais são os sujeitos da pesquisa. Essa interação será observada por meio das atividades individuais e em grupo ao longo da sequência, bem como pela interação dos estudantes com a pesquisadora com os conceitos de ácidos e bases e a problemática dos produtos de limpeza.

Figura 2: Losango didático da SD



Fonte: A Autora a partir do losango didático, adaptado de Méheut e Psillos (2004).

A partir de seus estudos e usando o losango didático Méheut e Psillos (2004) perceberam a existência de duas abordagens relacionadas à concepção de sequências de ensino-aprendizagem, uma delas centradas no estudante e sua relação com o mundo material, tendo o professor um papel limitado durante o processo de ensino e aprendizagem. Os autores denominam essas abordagens de conflito-cognitivas, e destacam que ela enfraquece dois elementos importantes do processo: o papel desempenhado pelo professor e o conhecimento a ser desenvolvido.

A segunda abordagem os autores denominaram de epistêmica, “em tais abordagens, a atenção redobrada é dada ao conhecimento a ser desenvolvido em relação ao mundo físico, a gênese histórica desse conhecimento, e/ou a possível gênese artificial; tudo isso sem dar grande atenção aos professores e estudantes” (Méheut, 2005, p.03). Em resumo, a abordagem epistêmica prioriza o conhecimento em si e sua relação com o mundo físico, histórico e possivelmente artificial, relegando os agentes envolvidos no processo de ensino-aprendizagem a um papel secundário.

A combinação entre as dimensões epistemológica e pedagógica foi denominada de abordagem “construtivista integrada”, nela ambas as dimensões são importantes e, os estudantes, suas concepções e formas de raciocínio, além de aspectos motivacionais recebem a mesma atenção (Méheut, 2005). Segundo Méheut e Psillos (2004, p. 522, tradução nossa) “Tais abordagens podem estar localizadas em nosso losango didático à direita do eixo vertical, entrelaçando considerações sobre os alunos, sua relação com o mundo material e pontos de vista epistêmicos”. Nestas abordagens, ocorre uma análise das interações entre estudantes e professores e seus respectivos papéis na resolução de problemas. Além disso, há uma maior participação tanto dos estudantes quanto dos professores, uma vez que os problemas epistêmicos são selecionados com base nos conhecimentos prévios dos estudantes e o

professor se torna mediador na resolução dos problemas (Méheut; Psillos, 2004; Méheut, 2005).

Tais abordagens visam não apenas fomentar a aprendizagem por meio da resolução de questões epistemológicas, mas também promover interações significativas em sala de aula entre estudantes e professores, abrangendo a dimensão pedagógica, bem como estimular o desenvolvimento do raciocínio crítico em relação ao mundo material e científico, diante de abordagens conflito-cognitivas. Sob essa perspectiva, este estudo propõe a concepção de uma Sequência Didática centrada na abordagem investigativa, destacando a resolução de problemas, a sistematização do conhecimento e contextualização com o cotidiano (Carvalho, 2013).

3.2.2 Sequência de Ensino Investigativas

As atividades investigativas podem ser organizadas através de uma sequência didática, nesse contexto, trabalhamos com as Sequências de Ensino Investigativas (SEI) de acordo com os preceitos metodológicos de Carvalho (2013) e partindo do pressuposto de que “qualquer novo conhecimento tem origem de um conhecimento anterior” (Carvalho, 2013, p. 2).

Na análise desta perspectiva, o quadro a seguir delineia a estrutura de uma sequência de ensino investigativo, adotando os ciclos investigativos propostos por Carvalho (2013) e descrevendo os papéis do professor e dos estudantes nas atividades propostas (Quadro 1):

Quadro 1: Estruturação da SEI

Ciclos investigativos propostos por Carvalho (2013)	Papel do professor	Papel do estudante
Problematização - Questionário dos conhecimentos anteriores	Compreender o conhecimento do estudante	Resgatar os conhecimentos anteriores e relacionar com o conteúdo
Problematização - Situação-problema	Expor um problema, para orientar e encaminhar as reflexões	Discutir, Construir e Refletir sobre o problema e possíveis soluções
Sistematização do conhecimento	Propor um texto escrito para leitura e comparação com o problema	Fazer a leitura do texto, para comparar o que pensaram sobre o problema e o relato do texto
Atividades mobilizadoras	Levar o estudante a	Discutir o material em

	relacionar o assunto com a realidade (contexto social)	grupos e organizar as ideias através da escrita individual
Recontextualização/Conclusão	Propor um questionário para avaliação da turma, além de avaliar os conteúdos procedimentais, atitudinais e conceituais dos estudantes durante a SEI	Participar da SEI, buscando discutir, refletir, pensar e resolver o questionário e o problema proposto.

Fonte: A Autora a partir da proposta de Carvalho (2023).

Entretanto, a autora ressalta ainda que, em muitas Sequências de Ensino Investigativo podem existir vários ciclos dessas atividades. Além disso, dependendo do conteúdo explorado pelo problema ou pela contextualização, ainda é possível utilizar materiais didáticos, como jogos, simulações, vídeos, notícias, entre outros. Diante disso, esse estudo propõe uma sequência de ensino investigativo utilizando o conteúdo de ácido e base.

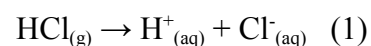
3.3 Ácidos e Bases

Ácidos e bases são conceitos antigos, conhecidos desde a Antiguidade, e de grande importância na química. Esses conceitos surgiram antes mesmo da institucionalização desta ciência e ganharam diferentes definições ao longo dos anos através da elaboração de teorias que explicam a natureza ácido-base das substâncias (Nunes *et al.*, 2015). Essas teorias são de grande importância para explicar o comportamento dessas substâncias, como também de outros fenômenos químicos observados. Segundo Chagas (2000, p. 3) o desenvolvimento das teorias de ácido e base “se fez (e se faz) no sentido de procurar sistematizar e explicar o maior número possível de fatos químicos, bem como prever novos fatos e resolver outros problemas químicos”.

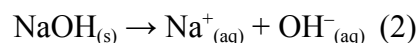
No entanto, apesar das substâncias ácidas e básicas serem conhecidas desde a antiguidade e serem conceitos antigos, a primeira teoria a ser proposta foi a Teoria de Arrhenius, que surgiu em 1887, como parte da Teoria de Dissociação Eletrolítica (Chagas, 2000). Essa teoria, comumente abordada em livros didáticos de química do 1º ano do ensino médio, traz conceituações dos compostos inorgânicos, em termos de dissociação de íons em solução aquosa.

A teoria de Arrhenius sugeriu que ácidos, bases e sais quando dissociados em água produzem íons positivos e negativos. Segundo Souza e Silva (2018a, p. 14) Arrhenius “usou dados empíricos para explicar sua ideia da dissociação eletrolítica, como, por exemplo, o fato das soluções salinas conduzirem eletricidade, o que era compatível com a existência de espécies carregadas (íons) em solução”.

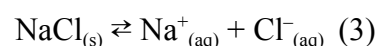
Sendo assim, ácido seria toda substância que em meio aquoso produz íons hidrogênio H^+ e base seria toda substância que em meio aquoso produz íons hidroxilas OH^- (Chagas, 1999, 2000). Nesse sentido, o ácido clorídrico é considerado um ácido de Arrhenius, porque em meio aquoso libera íons positivos, H^+ . Como mostra a equação química a seguir:



Por outro lado, o hidróxido de sódio é considerado uma base de Arrhenius, porque em meio aquoso produz íons negativos, OH^- . Como mostra a equação química a seguir:



Além disso, Arrhenius propôs a definição de sal como sendo, uma substância que pode existir tanto na forma de moléculas não dissociadas quanto na forma de espécies iônicas dissociadas, produzindo íons positivos e negativos, de modo que o equilíbrio existiria em qualquer solução salina (Kousathana; Demerouti; Tsaparlis, 2005, tradução nossa). Um exemplo dessa definição é o NaCl, cloreto de sódio, mais conhecido como sal de cozinha. O NaCl pode existir como um composto sólido não dissociado, ou pode se dissociar em íons, produzindo o cátion Na^+ e o ânion Cl^- , quando dissolvido em água. Como mostra a equação química a seguir:



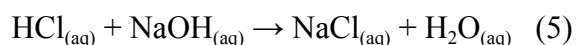
A Teoria de Arrhenius trouxe consigo conceitos importantes para a compreensão das reações químicas que envolvem substâncias ácidas e básicas, como a dissociação de ácidos fracos e fortes, as reações de neutralização e a concepção do pH.

Sob essa perspectiva, Arrhenius postulou que em solução aquosa, os ácidos e bases considerados fortes se dissociam totalmente, enquanto os ácidos e bases fracos se dissociam apenas parcialmente (Vos; Pilot, 2001 *apud* Souza; Silva, 2018a). Isso significa que os ácidos

e bases fortes, como o ácido clorídrico (HCl) e o hidróxido de sódio (NaOH), quando dissolvidos em água, se separam completamente em íons hidrogênio (H^+) e cloreto (Cl^-), e íons hidroxila (OH^-) e íons sódio (Na^+), respectivamente.

Dessa forma, Arrhenius usou a ideia de dissociação iônica, para dar uma interpretação iônica à condutividade elétrica. Essa ideia foi de grande importância para Arrhenius explicar que os ácidos clorídrico, bromídrico ou nítrico quando misturados com hidróxido de sódio geram valores similares para os calores de neutralização, propondo que as reações ácidos-base eram iguais a reação iônica (Kousathana; Demerouti; Tsaparlis, 2005, tradução nossa).

Para Arrhenius, a reação de neutralização é um processo químico no qual um ácido reage com uma base em solução aquosa para formar sal e água. Na visão de Arrhenius, os íons hidrogênio (H^+) do ácido se combinam com os íons hidroxila (OH^-), da base, para formar moléculas de água (H_2O) (Chagas, 1999, 2000). Como mostra a equação química a seguir:



Durante essa reação, um íon hidroxila (OH^-) do NaOH (base forte) combina-se com um íon hidrogênio (H^+) do HCl (ácido forte) para formar uma molécula de água (H_2O), enquanto o íon sódio (Na^+) do NaOH se combina com o ânion cloreto (Cl^-) do HCl para formar cloreto de sódio (NaCl), acontecendo uma dissociação total dos reagentes.

Essas substâncias químicas utilizadas para explicar as interações que ocorrem entre substâncias ácidas e básicas em meio aquoso, foram propositalmente escolhidas devido a sua aplicação no cotidiano e a problemática central deste estudo: os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza. O hidróxido de sódio (NaOH), soda cáustica, é um ingrediente utilizado para a fabricação de muitos produtos de limpeza, devido às suas propriedades alcalinas que auxiliam na remoção de sujeira e manchas. Da mesma forma, o ácido clorídrico (HCl), também conhecido comercialmente como ácido muriático, é usado em limpezas mais pesadas devido à sua capacidade de dissolver depósitos minerais e oxidações em superfícies como pisos e metais, quando misturados inadequadamente, produzem gás cloro (Cl_2) que é tóxico e prejudicial à saúde.

Neste estudo, utilizou-se a Teoria de Arrhenius para explicar o comportamento ácido-base das substâncias em meio aquoso, pois nos anos iniciais do ensino médio, os estudantes estudam essa teoria. Conforme destacado por Kousathana, Demerouti e Tsaparlis (2005, p. 174, tradução nossa) “os estudantes mais jovens do ensino médio utilizam o modelo

de Arrhenius, enquanto os estudantes mais velhos do ensino médio e universitários utilizam os modelos de Arrhenius e Brønsted-Lowry”.

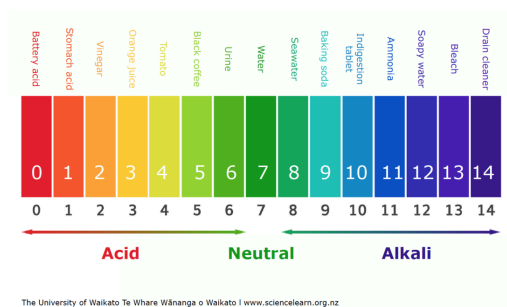
Embora a teoria de Arrhenius sobre a dissociação iônica de compostos em água seja capaz de explicar as interações de algumas substâncias ácidas e básicas presentes em produtos de limpeza, ela por si só não satisfaz completamente a compreensão dos conceitos de pH e indicadores. Conforme citado por Nunes *et al.* (2015) as conceituações de Arrhenius para ácidos e bases, levou alguns cientistas a buscar valores para a constante do produto iônico da água, que eram próximos a $1,0 \times 10^{-14}$. No entanto, surgiram algumas questões que a teoria de dissociação eletrolítica de Arrhenius, não era capaz de explicar, como a diferença entre a força de um ácido, a mudança de cor dos indicadores em soluções diferentes de ácidos e bases, e a sensibilidades desses indicadores.

No início do século XX, as concentrações de íons H^+ e OH^- eram consideradas de interesse teórico na química, apesar de já terem aplicações práticas em outras áreas, como na biologia, onde eram utilizadas em soluções tampão (Nunes *et al.*, 2015). No entanto, o autor destaca que foi em 1909, que o bioquímico dinamarquês Søren Sørensen propôs uma abordagem revolucionária, ao introduzir o conceito de pH (potencial hidrogeniônico), o qual representa o logaritmo negativo da concentração de íons H^+ , como uma forma prática de expressar a acidez de um meio. Como mostra a expressão matemática a seguir:

$$pH = -\log [H^+] \quad (6)$$

Na expressão matemática, o sinal negativo significa que, quanto maior for a concentração molar de H_3O^+ , menor será o pH e quanto menor essa concentração, maior o pH. Essa variação no pH, também pode ser observada através da escala de pH, onde valores menores de pH indicam acidez e valores maiores indicam basicidade (Figura 3).

Figura 3: Escala de pH



Fonte: Science Learning Hub (2021).

A escala mostra que o pH pode variar de 0 a 14 e que soluções neutras possuem pH igual a 7, soluções básicas apresentam $\text{pH} > 7$ e soluções ácidas possuem $\text{pH} < 7$. Essas variações podem ser estimadas para soluções em água com a utilização de papel indicador universal, que muda de cor em diferentes valores de pH, ou podem ser medidas de forma mais precisa com um medidor de pH. Além da escala de pH, dos medidores e papel indicador universal, também é possível identificar soluções ácidas ou básicas, mediante o uso de substâncias indicadoras, que mudam de cor de acordo com o pH do meio que estão inseridas.

O primeiro estudo sobre indicadores de pH foi introduzido por Boyle no século XVII quando empregou vários indicadores naturais. Ele observou que o extrato da violeta ficava vermelho em soluções ácidas e verde em soluções básicas e que ao pingar esse extrato e algumas gotas de vinagre em um papel, o papel apresentava as mesmas características ácidas, ficava vermelho (Terci; Rossi, 2002). Através desse estudo, Boyle desenvolveu os primeiros indicadores de pH sob a forma de solução e papel.

Sendo assim, os indicadores podem ser classificados como naturais ou sintéticos e existir sob a forma de solução ou papel, no qual há substâncias específicas adsorvidas. Esses indicadores mudam de cor de acordo com as características físico-químicas das soluções que estão inseridos, em função de alguns fatores, tais como o pH (Terci; Rossi, 2002). Nesse sentido, as substâncias indicadoras podem ser utilizadas para observar as propriedades ácidas e básicas de soluções, assim como estimar o pH dessas soluções com os papéis indicadores.

Para esse estudo, utilizamos o papel indicador universal, e a solução do extrato de repolho roxo para que os estudantes consigam medir o pH das soluções ácidas e básicas dos produtos de limpeza e observar a mudança de cor do indicador ao entrar em contato com esses produtos. Essa atividade será realizada durante as atividades mobilizadoras, que é uma fase do ciclo investigativo proposto por Carvalho (2013) para as sequências de ensino investigativo.

Por fim, para essa sequência, serão considerados os conceitos de ácidos e bases, tais como a Teoria de Arrhenius, o conceito de reação de neutralização, pH e indicadores ácido e base para discutir sobre a problemática proposta: Os efeitos nocivos causados pela mistura dos produtos de limpeza. Esses conceitos serão abordados por meio de uma sequência de ensino investigativa.

Visando a estruturação da sequência de forma significativa, foram analisadas duas sequências de ensino investigativo baseadas nos pressupostos metodológicos de Carvalho (2013), as quais abordam o conteúdo de ácidos e bases e estabelecem uma relação com os produtos de limpeza. Durante essa análise, foi considerado como essas sequências abordam os

conceitos teóricos de ácidos e bases, bem como sua aplicação prática no contexto dos produtos de limpeza. Além disso, foi avaliado como as atividades propostas nessas sequências promovem o pensamento crítico, a investigação ativa e a construção do conhecimento pelos estudantes.

3.3.1 Sequências Investigativas sobre o conteúdo Ácidos e Bases

Os conceitos de ácidos e bases são trabalhados muitas vezes no ensino médio ou nos livros didáticos de forma cumulativa, sem considerar os aspectos sociais, filosóficos e históricos, fazendo com que o estudante tenha dificuldade na aprendizagem desses conceitos (Souza; Silva, 2018a). Diante disso, os estudantes demonstram dificuldades para a compreensão dos conceitos que envolvem esse conteúdo. Nesse viés, a utilização de sequências investigativas pode ser uma proposta significativa para abordar esses conceitos. Sob essa perspectiva, nesse subtópico, discutiremos dois trabalhos que utilizam dessa proposta: *Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base* (Souza; Silva, 2018b) e *Uma proposta investigativa para a identificação de ácidos e bases no cotidiano* (Rezende et al., 2023).

O primeiro trabalho é *Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão Do Conceito de Ácido e Base* (Souza; Silva, 2018b), que foi desenvolvida através do referencial bibliográfico de Carvalho (2013) com duração de 5 aulas abordando o tema de ácidos e bases, especificamente, indicadores de ácidos e bases. A sequência iniciou com uma problemática que levava os estudantes a refletir sobre a organização química dos produtos de limpeza, cosméticos e medicamentos, adiante, foi realizada a problematização e levantamento de hipótese; discussão, experimentação e produção textual sobre os impactos causados no meio ambiente do descarte inadequado das substâncias ácidas e básicas.

Durante a sequência investigativa, observou-se que os estudantes apresentavam dificuldades para compreender os conceitos de ácidos e bases. Além disso, frequentemente faziam associações inadequadas entre esses conceitos e os conceitos de substâncias, misturas e elementos. Essas dificuldades se refletiam na explicação do problema proposto e do experimento.

Entretanto, Souza e Silva (2018b) destacam que ao desenvolverem as atividades da sequência investigativa, diante da interação do estudante com o professor, das interações entre os estudantes e o material apresentado ao longo das aulas, os estudantes tiveram um avanço significativo nas respostas, reconhecendo a mudança de cor do indicador quando em contato

com produtos, a definição de Bronsted-Lowry para explicar o comportamento dos ácidos e bases, e reconhecendo os impactos provocados no ambiente pelos ácidos e bases, então, diante disso, os estudantes foram incentivados a rever as respostas apresentadas inicialmente na problemática e na experimentação (Souza; Silva, 2018b).

Corroborando com as reflexões da proposta, Carvalho (2013) ressalta o erro sendo uma importante ferramenta para a reflexão, reconhecimento, pensamento e autonomia do estudante, além de possibilitar uma reconstrução do problema inicial, em uma nova perspectiva, buscando o acerto. Contudo, a mesma autora argumenta que não é uma tarefa fácil para o professor e o estudante fazer a transição da ação manipulativa para a intelectual, mas “é nesta etapa da aula que o professor precisa, ele mesmo, tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos” (Carvalho, 2013, p. 2). Diante disso, a proposta de pesquisa, contribuiu para os estudantes enfrentarem suas dificuldades, buscando novas soluções e explicações através do papel ativo em sala de aula e da reflexão de problemas cotidianos.

O segundo trabalho é *Uma proposta investigativa para a identificação de ácidos e bases no cotidiano* (Rezende *et al.*, 2023), que envolveu uma atividade experimental estruturada com embasamento teórico do ensino por investigação de Carvalho (2013), a fim de complementar a pesquisa de Souza e Silva (2018b), discutida acima.

Essa proposta de atividade investigativa teve como público-alvo estudantes do 9º ano do ensino fundamental e/ou 1º ano do ensino médio, e buscou identificar substâncias ácidas e básicas utilizando para isso o extrato do repolho roxo visando a introdução desses conceitos. Para isso, a proposta se utilizou de um experimento simples e de questões que envolvem a contextualização do conteúdo.

Este trabalho começou com a introdução de um problema inicial que relacionou os conceitos de ácido e base ao cotidiano. Seguindo a abordagem proposta por Carvalho (2013), o educador deve introduzir um problema para que os estudantes sejam capazes de levantar hipóteses, tomando cuidado para não dar a solução ao problema inicial, pois mais importante que os conceitos químicos que se quer ensinar são as ações manipulativas que fazem com que os estudantes testem e levantem hipóteses e, assim, sejam capazes de adquirir algum conhecimento.

Pensando nisso, Rezende *et al.* (2023) estruturou a proposta da seguinte forma: 1º Contextualização: envolve questões sobre as propriedades ácidas do vinagre e limão e o sabor azedo dessas substâncias após a ingestão. 2º Problema inicial: *Como identificar se um material ou alimento presente no nosso cotidiano é ácido sem experimentá-lo?*. 3º

Distribuição do material experimental: nesta etapa, o professor distribuiu o material que foi utilizado para resolver o problema, dentre esses materiais estavam o extrato de repolho roxo que foi utilizado como indicador ácido-base e os seguintes reagentes: água, vinagre, sapólio, diabo verde, leite de magnésia e limões. 4º Questões para reflexão: nesta etapa, os estudantes foram questionados pelo professor, dentre os materiais, quais substâncias são ácidas e como essas substâncias poderiam ser identificadas?. 5º Realização do experimento: foram feitas 6 testagens de soluções com o extrato de repolho roxo e os reagentes citados. 6º Comunicação dos resultados: o professor levantou alguns questionamentos sobre a mudança de cor do extrato de repolho roxo e das soluções. 7º Discussão dos resultados obtidos: nesta etapa o professor introduziu os conceitos de ácidos e bases, relacionados a pH, indicadores e a escala de pH. 8º relação do problema com outros contextos: nesta etapa o professor levantou alguns questionamentos para os estudantes sobre as substâncias ácidas no cotidiano, como poderiam ser identificadas e o reconhecimento de outros indicadores que poderiam ser utilizados.

Apesar da proposta de Rezende *et al.* (2023) não ser necessariamente citada como uma sequência investigativa e sim uma atividade investigativa (ensino por investigação) ela seguiu os pressupostos metodológicos de Carvalho (2013) em relação às SEI, e enfatizou a importância das relações entre o professor e os estudantes, mediante seus respectivos papéis em cada etapa da proposta investigativa. Além disso, a contextualização com o cotidiano, o problema inicial, a experimentação, a recontextualização com o problema e a conclusão são etapas das sequências de ensino investigativo.

Por fim, ressalta-se que a análise dos trabalhos dos autores (Souza; Silva, 2018b; Rezende *et al.*, 2023) foram de grande importância para fins metodológicos e estruturação da sequência didática. Pois, ambos são embasados no referencial teórico de Carvalho (2013) e apresentam atividades investigativas relacionadas aos conceitos de ácido e base e aos produtos de limpeza, assim como a proposta deste estudo. Essa relação dos conceitos com produtos de limpeza no cotidiano, tanto é observada no problema inicial proposto por Souza e Silva (2018b) em relação à organização e identificação desses produtos, quanto na proposta de Rezende *et al.* (2023) na utilização dos produtos de limpeza para a atividade experimental.

4 METODOLOGIA

Este capítulo visa descrever a abordagem metodológica utilizada neste estudo, abrangendo a classificação do trabalho, os sujeitos envolvidos e o campo/contexto de pesquisa, além das categorias de análise e obtenção de dados, visto que, as sequências de ensino investigativas são desenvolvidas com embasamento teórico e que a metodologia deve orientar e sustentar todas as etapas do processo investigativo durante o trabalho.

4.1 Classificação do trabalho

O trabalho buscou compreender as implicações de uma sequência de ensino investigativa, no favorecimento de uma aprendizagem significativa dos conceitos de ácidos e bases. Sendo assim, configurou-se através de uma abordagem qualitativa, que segundo Oliveira (2007, p. 37) se caracteriza “como sendo um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou segundo sua estruturação”. Nesse sentido, os trabalhos com abordagem qualitativa devem ser estruturados com um referencial teórico pertinente, observações, análise de dados e aplicações de questionários, visando alcançar um maior domínio sobre o objeto de estudo em questão. Além disso, Flick (2009) ressalta ainda, que as pesquisas qualitativas enfatizam a pluralização, levando em consideração as esferas da vida, as diversidades, o tempo, o local e a situação. Desse modo, as pesquisas qualitativas são realizadas com objetivo de pesquisa, em um período de tempo, com local e grupo de estudo definido.

Quanto ao objetivo do estudo, este trabalho se enquadra na categoria exploratória, que adota uma abordagem mais ampla do fenômeno investigado e não se aprofunda em detalhes devido às limitações temporais de uma pesquisa. Nesse sentido, de acordo com Oliveira (2007) para a construção da pesquisa exploratória, é necessário um levantamento bibliográfico sólido, análise de documentos, observação de fatos e fenômenos, bem como a aplicação de procedimentos metodológicos adequados ao estudo de caso.

Em relação à escolha do objeto de estudo para aplicação metodológica, este trabalho foi realizado através de um estudo de caso com um grupo de 15 estudantes, em uma escola estadual no município de Caruaru-PE. Nesse sentido, o estudo de caso consiste em uma estratégia metodológica utilizada para fins específicos, que facilita a compreensão de fenômenos sociais complexos (Yin, 2005 *apud* Oliveira, 2007). Corroborando com essa ideia,

Oliveira (2007) ressalta ainda, que esse tipo de estudo deve acontecer de forma detalhada, com um objetivo preestabelecido, a fim de buscar aprofundamento e explicações para o fenômeno estudado. Nessa perspectiva, o trabalho se desenvolveu por meio de um estudo de caso que abordou os conceitos de ácido e base. Mediante, uma sequência de ensino investigativo, com o objetivo de avaliar como essa sequência contribuiu para estabelecer relações entre a problemática proposta e os conceitos químicos, além de promover a autonomia e criticidade dos estudantes.

4.2 Sujeitos e campo de pesquisa

A intervenção proposta neste trabalho foi realizada em uma Escola de Referência, situada no município de Caruaru, Pernambuco. A seleção dessa instituição de ensino se justifica pela vivência anterior da discente ao programa de residência pedagógica da Universidade Federal de Pernambuco, Campus do Agreste, e ao contato com a instituição de ensino, ao qual incluía atividades práticas nesse ambiente educacional específico. O grupo-alvo compreendeu 15 estudantes matriculados no 2º ano do ensino médio integral, com faixa etária de 14 a 17 anos, que foram selecionados de acordo com suas disponibilidades para participação do estudo.

Para garantir o anonimato dos participantes, os estudantes foram identificados como E1, E2, E3... E15 ao longo de toda a pesquisa. As categorias de análise para o questionário prévio, por sua vez, foram estabelecidas com base nas respostas apresentadas pelos estudantes e identificadas como C1, C2, C3, C4 e para as produções textuais foram estabelecidas previamente conforme os três tipos de aprendizagem significativa, CR - Representacional, CC - Conceitual e CP - Proposicional.

A escolha dos estudantes do 2º ano do ensino médio se justificou pelo fato de que o eixo temático central da intervenção foi sobre o conteúdo de ácidos e bases, mediante discussão da problemática *“Os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza”*. Todavia, conforme o Currículo de Pernambuco para o Ensino Médio (2021), este conteúdo é abordado no 3º bimestre do 1º ano, com o objetivo de introduzir os estudantes ao conhecimento sobre funções químicas. No entanto, nota-se que não há um aprofundamento significativo nos anos subsequentes. Sob essa perspectiva, a intervenção foi conduzida durante o 1º e 2º bimestres do 2º ano do ensino médio, visando investigar não apenas os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conteúdo e a problemática proposta, mas também as possíveis construções e aprofundamentos conceituais que poderão surgir ao longo da aplicação da sequência investigativa.

4.3 Obtenção dos dados

Os métodos de pesquisa adotados para a obtenção de dados englobam a observação participante, em conjunto com a aplicação de um questionário prévio e uma produção textual realizada pelos estudantes ao fim da sequência. Consequentemente, a obtenção de dados se baseou nos resultados obtidos por meio desses instrumentos.

Nesse viés, com o objetivo de acompanhar o desenvolvimento dos estudantes em todas as etapas do processo investigativo, adotou-se o método de observação participante. Conforme descrito por Oliveira (2007), a observação participante acontece quando o pesquisador tem uma relação direta com o fenômeno que está sendo estudado, com o grupo de estudo, participando de diálogos e acompanhando o desenvolvimento da pesquisa. Nesse sentido, a observação foi direcionada para identificar como os estudantes realizam a conexão entre o tema e os conceitos químicos, bem como para verificar e dialogar sobre as intervenções que empregam na busca por soluções para a problemática inicial.

Diante disso, um questionário foi aplicado antes do início da intervenção, com o intuito de identificar a compreensão dos estudantes sobre o conteúdo e a problemática da sequência investigativa. Sob essa perspectiva, o questionário se configura como uma ferramenta crucial para a obtenção de dados. De acordo com Oliveira (2007), ele pode ser utilizado para coletar informações sobre diversas situações, incluindo dados essenciais para atender ao objeto de estudo da pesquisa. A autora também ressalta que, embora não exista um número específico de perguntas ideal para um questionário, é importante evitar o uso de muitas questões, a fim de não sobrecarregar os participantes da pesquisa. Levando isso em consideração, foi elaborado um questionário com cinco questões abertas relacionadas aos conceitos de ácidos e bases e à problemática inicial.

Posteriormente, ao término da intervenção, os estudantes realizaram uma produção textual, que foi utilizada para avaliar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes ao longo da Sequência de Ensino Investigativo (SEI). O resultado dessa produção serviu para verificar o progresso e o aprendizado dos estudantes após a intervenção da sequência.

Por fim, a implementação da atividade investigativa foi organizada em forma de sequência didática, ao longo de 5 aulas, cada uma com duração de 50 minutos. Ao longo da sequência os estudantes realizaram produções escritas, tanto individuais quanto coletivas, seguindo as fases dos ciclos investigativos propostos por Carvalho (2013). Essas produções serviram de aporte para a coleta de dados e para a compreensão do conhecimento dos estudantes ao longo do processo investigativo.

4.3.1 Sequência didática sobre Ácidos e Bases vinculado a produtos de limpeza

Uma forma de organizar as atividades investigativas pode ser por meio de sequências didáticas (SD). Segundo Méheut (2005), existem 4 componentes principais que devem se levar em consideração ao se estruturar uma SD: estudante, professor, mundo material e conhecimento científico, esses componentes transitam entre a dimensão epistêmica e a dimensão pedagógica.

Com base nesses princípios, foi desenvolvida uma sequência didática, que abordou os conceitos de ácidos e bases, através da discussão da problemática "Os efeitos nocivos causados pela mistura dos produtos de limpeza". Essa escolha foi feita considerando a possível aproximação do conhecimento químico dos estudantes com o mundo material, e a viabilidade da utilização da SD em uma escola de ensino médio.

Sob essa perspectiva, e com o objetivo de promover uma interação mais efetiva entre professores e estudantes, foi planejada uma sequência de ensino investigativo que abrangeu todas as fases do ciclo investigativo conforme descrito por Carvalho (2013). De acordo com a autora, a SEI é dividida em ciclos investigativos sendo eles: 1. Problematização: Apresentação de um problema, teórico ou experimental, de forma contextualizada; 2. Sistematização: Apresentação de um texto escrito para sistematização do conhecimento dos estudantes; 3. Atividades Mobilizadoras: Utilização de atividades que promovem a contextualização com o cotidiano dos estudantes; 4. Recontextualização/Conclusão: Resolução do problema proposto e avaliação da aprendizagem dos estudantes ao longo da sequência.

A partir disso, a sequência foi estruturada para ser conduzida ao longo de 5 aulas, distribuídas em 3 dias, com cada aula tendo a duração de 50 minutos (APÊNDICE A).

Aula 1 - Problematização: Os estudantes foram submetidos a duas atividades. Atividade 1: questionário individual com 5 questões abertas (APÊNDICE B), com o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos estudantes, acerca da problemática e conteúdo proposto para a SEI. Na mesma aula, atividade 2: foram formados 3 grupos com 5 estudantes cada, a situação-problema foi entregue impressa para cada grupo, para que eles fizessem anotações sobre suas hipóteses (APÊNDICE C). Ademais, foram feitas discussões com os estudantes e a pesquisadora para expor os levantamentos prévios sobre as questões propostas no questionário e as hipóteses da situação-problema.

Aula 2 - Investigação: Após a apresentação da situação-problema e discussão com a turma, os estudantes foram organizados em 3 grupos novamente, onde realizaram uma

pesquisa sobre a problemática. A atividade foi entregue aos grupos de forma impressa, com links de sites de notícias para que os estudantes buscassem as informações solicitadas na atividade em fontes confiáveis (APÊNDICE D). Essas informações foram apresentadas na folha da atividade.

Aula 3 - Sistematização: Nesta aula, foi apresentado para os estudantes, um texto (de autoria própria) intitulado “Riscos da mistura de produtos de limpeza: compreendendo a teoria de Arrhenius e os perigos da reação Ácido-Base” que abordava os riscos associados à mistura de produtos de limpeza, os conceitos de ácidos e bases, relacionados a Teoria de Arrhenius e o conceito de neutralização (APÊNDICE E).

Aula 4 - Atividades mobilizadoras: Com o objetivo de promover a contextualização dos conceitos com o cotidiano dos estudantes, foi realizada uma atividade prática investigativa sobre produtos utilizados na limpeza doméstica. Os estudantes receberam um roteiro contendo instruções sobre os materiais, reagentes e métodos necessários para a realização da atividade. Cada grupo de estudantes recebeu os seguintes produtos de limpeza: água sanitária, diabo verde, sapólio, detergente, vinagre e bicarbonato de sódio. Durante a atividade, os estudantes deviam observar as mudanças de cor nos produtos de limpeza ao adicionarem o indicador natural de extrato de repolho roxo, previamente preparado pela pesquisadora. Além disso, eles mediram o pH utilizando papel indicador universal e identificaram se os valores obtidos, bem como as substâncias químicas presentes nesses produtos, indicavam características ácidas, básicas ou neutras. Essas informações foram anotadas em um quadro previamente fornecido junto ao roteiro (APÊNDICE F). Por fim, para aprofundar o entendimento conceitual, após a atividade prática, os estudantes receberam dois textos que discutiam o pH dos produtos de limpeza e os indicadores ácido-base, visando facilitar a compreensão dos conceitos envolvidos (APÊNDICES G e H).

Aula 5 - Recontextualização/Conclusão: Nesta etapa os estudantes foram incentivados a produzir um texto de no mínimo 20 linhas, discutindo sobre os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza, apresentando uma solução a situação-problema inicial. Além disso, no texto eles devem relacionar a problemática aos conceitos estudados durante a SEI e propor medidas de segurança e boas práticas para o uso adequado desses produtos (APÊNDICE I), esse texto servirá para avaliar a aprendizagem dos estudantes ao longo da Sequência de Ensino Investigativo (SEI).

Carvalho (2013) destaca ainda que, dependendo da estratégia de ensino e aprendizagem (SEI) adotada, podem ocorrer diversos ciclos dessas atividades, ou outras atividades planejadas de acordo com o conteúdo proposto. No entanto, ao final de cada ciclo,

é crucial realizar uma avaliação para verificar o aprendizado dos estudantes. Essa avaliação deve ser feita por meio das interações entre os estudantes em pequenos grupos, bem como das interações entre estudantes e professor em toda a sala de aula. Essa abordagem enfatiza a dimensão pedagógica que acontece através das interações e a dimensão epistêmica que acontece mediante as relações estabelecidas entre o conhecimento científico e o mundo material, conforme os pressupostos de Méheut (2005).

4.4 Análise dos resultados

A análise de dados foi realizada com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, considerando as categorias elaboradas a partir das respostas dos estudantes no questionário prévio, o desenvolvimento da sequência didática e as categorias estabelecidas previamente para análise das produções textuais de acordo com os Tipos de Aprendizagem Significativa: Representacional, Conceitual e Proposicional (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980; Ausubel, 2003).

Para justificar o método de análise empregado retomaremos o objetivo geral deste trabalho: Analisar as implicações de uma sequência de ensino investigativa, no favorecimento de uma aprendizagem significativa dos conceitos de ácidos e bases. A análise foi realizada sob as produções dos estudantes durante a sequência, as respostas do questionário prévio e a produção textual.

Sob essa perspectiva, com o intuito de facilitar a análise das respostas dos estudantes e identificar indícios de uma aprendizagem significativa, foram criadas categorias (C1, C2, C3 e C4), emergidas a partir das respostas dos estudantes. Em seguida, foram analisadas as produções dos estudantes ao longo da sequência didática. Por fim, as categorias previamente estabelecidas para os tipos de aprendizagem significativa — CR (Representacional), CC (Conceitual) e CP (Proposicional) — e seus respectivos indicadores foram utilizadas para a análise das produções textuais (Quadro 2). Essa análise de dados foi utilizada para atender aos objetivos deste estudo, com base em nossa própria compreensão e interpretação dos referenciais teóricos (Novak; Ausubel; Hanesian, 1980, Ausubel 2003).

Quadro 2 - Categorias para os Tipos de Aprendizagem Significativa

Dimensão de análise	Tipos de aprendizagem	Indicadores
	C1 – Representacional	1. Conexão entre o símbolo arbitrário e o objeto.

Aprendizagem Significativa		2. Atribuição de significado ao símbolo.
	C2 – Conceitual	1. Formação de conceitos. 2. Assimilação de conceitos.
	C3 – Proposicional	1. Surgimento de novos conhecimentos. 2. Reformulação de conhecimentos prévios.

Fonte: A Autora, 2024.

Além disso, as respostas apresentadas no questionários prévio e a produção textual ao final da SEI, também foram uma ferramenta de grande importância para verificar indícios de uma aprendizagem significativa. Nesse viés, buscou-se compreender: 1) O processo de assimilação dos conhecimentos prévios com os subsunçores dos estudantes; 2) A relação entre o conteúdo e a problemática; 3) A aquisição ou reformulação dos conhecimentos; 4) A potencialidade significativa do material apresentado; 5) O interesse do estudante em aprender.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sequência didática investigativa foi desenvolvida ao longo de cinco aulas de 50 minutos, envolvendo tanto atividades individuais quanto em grupo. Para facilitar a compreensão dos dados obtidos e a discussão, primeiramente, foi analisado um questionário inicial, cujo objetivo foi investigar os conhecimentos prévios dos estudantes. Em seguida, a análise e discussão dos resultados se deteve em torno da situação-problema, da proposta do trabalho investigativo e das atividades mobilizadoras. Por fim, a discussão final foi baseada na análise das produções textuais dos estudantes.

5.1 Análise do questionário prévio

Para iniciar a investigação, foi aplicado um questionário com 5 questões abertas para os estudantes responderem individualmente (APÊNDICE B). O objetivo do questionário foi analisar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a temática abordada. Sendo assim, com base nas respostas dos estudantes para a primeira questão, que abordou a compreensão deles sobre a relação entre os produtos de limpeza e os conceitos químicos, foram elaboradas três categorias, identificadas como C1, C2, e C3, apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3: Categorias emergidas a partir das respostas dos estudantes à 1ª pergunta do questionário prévio.

Questão 1: Você consegue fazer alguma relação entre a química e os produtos de limpeza?
Categorias
C1: Conseguem relacionar os conceitos químicos e os produtos de limpeza.
C2: Conseguem relacionar os conceitos químicos aos riscos associados aos produtos de limpeza.
C3: Ausência de relação entre os produtos de limpeza e os conceitos químicos.

Fonte: A Autora (2024).

Na primeira categoria C1, foram classificadas as respostas de 4 estudantes, que perceberam uma relação direta entre a química e os produtos de limpeza, ressaltando que as substâncias/componentes químicos presentes nos produtos de limpeza podem ter caráter ácido, básico ou neutro. As respostas apresentadas a seguir, mostram essa relação, o estudante E2 comentou que “[...] detergente, por exemplo, existem diversos tipos: neutros, básicos e ácidos e são utilizados de acordo com o tipo de sujeira”. O estudante E4 também fez uma

associação semelhante, ele respondeu que “Os produtos de limpeza são formados por substâncias químicas, [...] que podem ser ácidas, básicas, neutras”.

As respostas apresentadas, sugerem que esses estudantes possuem conhecimentos prévios relevantes sobre o conceito de substâncias químicas e conseguem relacionar esse conhecimento diretamente com o cotidiano, ao identificar que os produtos de limpeza contêm essas substâncias. Diante disso, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Ausubel (2003) destacam que, para que a aprendizagem ocorra de forma significativa, é importante que o estudante possua previamente conhecimentos relevantes em sua estrutura cognitiva. Segundo esses autores, esses conhecimentos atuam como âncoras e podem ajudar o estudante a desenvolver um significado lógico com o conteúdo abordado.

Na categoria C2, foram incluídas as respostas de 6 estudantes, nelas se percebe que eles reconhecem que os produtos de limpeza contêm substâncias químicas que ao serem misturadas fazem mal à saúde, como pode-se observar na resposta do estudante E14, “Sim, produtos de limpeza normalmente contêm muitas substâncias que podem causar algum dano à saúde caso sejam misturadas” (E14).

Nesta categoria, observa-se que os estudantes identificam que esses produtos contêm substâncias químicas que, quando misturadas, podem representar riscos à saúde. Apesar de a problemática central desta pesquisa “Os efeitos nocivos causados pela mistura dos produtos de limpeza” não ter sido apresentada diretamente, os estudantes conseguem estabelecer essa conexão ao mencionar os riscos associados a essas misturas. Sendo assim, isso sugere que os estudantes possuem ideias prévias que estão ancoradas em sua estrutura cognitiva. De acordo com Ausubel (2003), essas ideias pré-existentes podem ser transformadas ou enriquecidas, levando à construção de novos significados à medida que o material apresentado em sala de aula é assimilado.

Por fim, as respostas de 5 estudantes foram classificadas na categoria C3. Eles afirmaram reconhecer uma relação entre a química e os produtos de limpeza, mas não conseguiram explicar essa conexão de forma específica. Dentre as respostas analisadas, destaca-se: “Sim, já que tem-se em todas as situações algo relacionado à química neles [...]” (E3), e a resposta do E8: “Sim, mas não sei explicar”.

Essas respostas demonstram que, embora os estudantes reconheçam a presença da química nos produtos de limpeza, eles têm dificuldade em identificar e explicar essa relação de forma clara e específica. Isso sugere que alguns estudantes encontram dificuldades em conectar os conceitos químicos com situações cotidianas.

Diante disso, uma das razões para essa dificuldade pode estar na abordagem frequentemente adotada em sala de aula, em que a aprendizagem dos estudantes é baseada principalmente na memorização de conteúdo. Segundo os autores Ausubel; Novak; Hanesian (1980) e Ausubel, (2003), essa forma de aprendizagem, conhecida como mecânica, ocorre quando o estudante memoriza o material de forma genérica, sem estabelecer conexões com o conhecimento pré-existente. Essa abordagem impede a formação de vínculos significativos com situações do dia a dia. Como resultado, o conhecimento adquirido tende a ser retido apenas por um curto período e é facilmente esquecido, dificultando a aplicação prática e o aprofundamento da compreensão do estudante.

Em seguida, na 2ª questão do questionário prévio, foram identificadas três categorias a partir da análise das respostas dos estudantes. Essas categorias estão apresentadas a seguir (Quadro 4).

Quadro 4: Categorias emergidas a partir das respostas dos estudantes à 2ª pergunta do questionário prévio

Questão 2: Você acha que há algum problema em misturar produtos de limpeza? Justifique.
Categorias
C1: Conseguem explicar qual o problema.
C2: Conseguem identificar um problema.
C3: Não identificaram problemas causados pela mistura.

Fonte: A Autora (2024).

As respostas de 5 estudantes foram classificadas na primeira categoria, C1, em que eles ressaltaram que a mistura de produtos de limpeza pode causar reações químicas perigosas, gerando gases tóxicos que são prejudiciais à saúde. Dentre as respostas analisadas, destaca-se: “Eu diria que sim, porque pode acontecer de haver alguma reação química que acabe sendo tóxica ou até mesmo pode acontecer de formar ainda mais neutra ou ácida” (E9).

A resposta apresentada, sugere que, esse estudante possui conhecimentos prévios sobre misturas e substâncias químicas. Esses conhecimentos se tornam potencialmente significativos à medida que os estudantes conseguem aplicar os conceitos químicos ao contexto dos produtos de limpeza, identificando os riscos causados por essas misturas e até a formação de novas substâncias.

Na categoria C2 foram classificadas as respostas de 7 estudantes, que enfatizaram os efeitos colaterais à saúde, causados pela mistura de produtos de limpeza. Esses estudantes

utilizam-se de conhecimentos empíricos para justificar os problemas causados por essas misturas. A resposta apresentada a seguir pelo estudante E15, destaca esses efeitos: “O cheiro forte pode causar ânsia de vômito, ardência nos olhos ou até mesmo desmaios” (E15).

De acordo com as respostas apresentadas por esse grupo de estudantes, percebe-se que eles identificam os problemas causados por essas misturas através da experiência e observação dos produtos de limpeza no cotidiano. Todavia, não se utilizam de dados científicos para explicar qual o problema. Sendo assim, isso sugere que eles podem não possuir conhecimentos prévios, que permitiriam uma explicação científica sobre os perigos causados por essas misturas.

Por último, a resposta de apenas 1 estudante foi classificada na categoria C3. Esse estudante não considera prejudicial a mistura de produtos de limpeza, embora reconheça que algumas combinações podem causar desconforto. A seguir, está a resposta apresentada pelo estudante: “Não, não acho que é prejudicial, porém devemos ter cuidado, porque existem alguns produtos muito fortes e com a mistura de produtos fortes podemos sentir um incômodo” (E13).

A resposta do estudante E13, classificada na categoria C3, sugere uma compreensão dos riscos associados ao misturar produtos de limpeza, reconhecendo que a mistura pode causar desconfortos. Entretanto, esse estudante não considera que a mistura desses produtos pode ocasionar em reações químicas que liberam substâncias tóxicas e que podem causar intoxicações graves que vão além de um simples desconforto.

Ademais, na 3ª questão do questionário prévio, também foram identificadas 3 categorias a partir da análise das respostas dos estudantes, as quais estão apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5: Categorias emergidas a partir das respostas dos estudantes à 3ª pergunta do questionário prévio

Questão 3: O que você considera que ocorre ao misturar produtos de limpeza?
Categorias
C1: Consideram a ocorrência de reações químicas.
C3: Consideram os riscos associados a essas misturas.

Fonte: A Autora (2024).

Na categoria C1, foram classificadas as respostas de 10 estudantes, os quais destacaram que a mistura de produtos de limpeza pode modificar ou potencializar suas propriedades, além de formar substâncias tóxicas. Embora não mencionem diretamente a

ocorrência de reações químicas, a resposta do estudante E5, exemplifica essa perspectiva: “Em alguns casos o produto pode ser potencializado, em outros, eles podem gerar uma substância tóxica” (E5).

A resposta dos estudantes desta categoria, indicam uma possível compreensão dos processos químicos que podem ocorrer durante essas misturas, reconhecendo tanto os riscos quanto os possíveis efeitos associados. No entanto, é importante considerar que, apesar desses estudantes identificarem esses processos, ainda é possível que haja limitações sobre a compreensão das reações químicas que podem ocorrer nessas misturas.

Por fim, na última categoria, C2, foram classificadas as respostas de 5 estudantes que destacaram que a mistura de produtos de limpeza pode resultar na formação de substâncias tóxicas. A seguinte resposta foi apresentada pelo estudante E1: “Ao misturar alguns produtos de limpeza pode gerar sérios problemas, pela toxina que as substâncias deixam no ar que pode causar dores de cabeça etc”.

Assim como nas outras categorias, os estudantes cujas respostas foram classificadas na categoria C2, mencionam consistentemente os riscos associados a essas misturas. Sendo assim, sugere-se que esses estudantes possuem conhecimentos anteriores ao mencionarem frequentemente os efeitos nocivos dessas misturas e destacarem a formação de substâncias tóxicas. Isso evidencia a importância de selecionar conteúdos que sejam potencialmente significativos para os estudantes, permitindo que eles utilizem o conhecimento prévio existente e demonstrem interesse em aprofundar sua compreensão sobre o tema (Ausubel, 2003).

A seguir, estão apresentadas 4 categorias identificadas a partir da análise das respostas dos estudantes para a questão 4 do questionário, que abordou a compreensão dos estudantes sobre a identificação das substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza (Quadro 6):

Quadro 6: Categorias emergidas a partir das respostas dos estudantes à 4ª pergunta do questionário prévio

Questão 4: Como você identificaria as substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza?
Categorias
C1: Leitura do rótulo.
C2: Propriedades Organolépticas.
C3: Substâncias ácidas, básicas e neutras.
C4: Associam aos reagentes presentes nos produtos de limpeza.

Fonte: A Autora (2024).

Para a primeira categoria, C1, as respostas de 7 estudantes foram classificadas, em que eles ressaltaram que é possível identificar as substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza através da leitura do rótulo. Dentre as respostas analisadas, destaca-se: “Lendo o rótulo que informa os componentes dos produtos” (E10).

As respostas desse grupo sugerem uma compreensão sobre a importância de consultar as informações fornecidas pelos fabricantes para garantir um uso seguro e consciente dos produtos de limpeza. No entanto, é importante considerar que alguns produtos de limpeza não apresentam informações claras sobre as substâncias químicas ou utilizam uma linguagem técnica que dificulta a compreensão. Isso ressalta que, apesar de os estudantes mencionarem a leitura dos rótulos, muitas vezes eles podem não conseguir identificar quais componentes químicos estão presentes.

Na segunda categoria, C2, as respostas de 2 estudantes mencionaram que é viável identificar as substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza por meio da interação e reação com outros produtos químicos, bem como pelo cheiro. A resposta apresentada pelo estudante E3, destaca essa percepção: “Pelas suas reações e como elas reagem, além do cheiro que algumas podem emitir”.

Essa percepção apresentada pelo estudante E3 sugere que as substâncias químicas podem ser identificadas através das propriedades organolépticas, como cheiro, cor e textura. Embora o estudante destaque que as substâncias podem ser reconhecidas por meio de reações químicas ou pelo cheiro, essas abordagens não seriam as mais adequadas para identificá-las. Muitos produtos de limpeza contêm componentes químicos que não devem ser misturados para observar reações, e o cheiro forte característico de alguns produtos pode ser prejudicial à saúde devido à presença de substâncias tóxicas.

Na categoria C3, as respostas de três estudantes, E7, E6 e E4, foram selecionadas por utilizarem os conceitos de ácidos e bases para explicar suas percepções. A resposta do estudante E4 exemplifica essa abordagem: “Para ser ácida, libera H^+ na água. Básica: libera OH^- . Sal: formado a partir da neutralização de um ácido e uma base”.

Essa resposta sugere que o estudante possui compreensão sobre a teoria de Arrhenius, reconhecendo que ácidos e bases se dissociam em íons H^+ e OH^- , respectivamente, e que a neutralização entre eles resulta na formação de sais. No entanto, apesar dessa compreensão teórica, o estudante não consegue aplicar esse conhecimento às substâncias químicas

presentes em produtos de limpeza. Isso sugere uma possível dificuldade em estabelecer uma conexão entre o conhecimento químico que o estudante possui e suas aplicações no cotidiano.

Nesse contexto, os autores Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Ausubel (2003) enfatizam que, para que a aprendizagem seja significativa, além do material apresentado ser potencialmente significativo, o estudante também deve demonstrar interesse em aprender. Caso contrário, a aprendizagem pode se tornar apenas mecânica, sem uma verdadeira compreensão do conteúdo.

Por fim, na última categoria, C4, as respostas de 2 estudantes foram classificadas, ambos afirmaram que é viável identificar as substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza com base em seus reagentes, embora não expliquem como identificá-las de fato. De acordo com essa percepção, destaca-se a resposta a seguir: “Através dos reagentes dos produtos” (E13).

Essas respostas indicam que os estudantes podem não ter uma compreensão sobre como identificar quimicamente as substâncias nos produtos de limpeza. Além disso, as respostas parecem ser generalizadas, sugerindo que os estudantes podem não ter compreendido a questão antes de responder.

Na última questão, que está relacionada à compreensão dos estudantes sobre o comportamento químico das substâncias ácidas e básicas em meio aquoso, foram estabelecidas 3 categorias a partir da análise das respostas, apresentadas a seguir (Quadro 7):

Quadro 7: Categorias emergidas a partir das respostas dos estudantes à 5ª pergunta do questionário prévio

Questão 5: Como você identificaria as substâncias ácidas e básicas em termos de comportamento químico?
Categorias
C1: Identificam através dos conceitos de ácidos e bases.
C2: Identificam por meio da experimentação.
C3: Identificam essas substâncias a partir dos efeitos causados por elas.

Fonte: A Autora (2024).

Na categoria C1, 6 estudantes utilizaram os conceitos de ácidos e bases estabelecidos por Arrhenius para explicar o comportamento químico dessas substâncias em meio aquoso. O estudante E3 destacou que: “Uma substância básica pode neutralizar uma substância ácida, [...], base forte com um ácido fraco, pode formar um sal básico”. Enquanto, o estudante E4

afirmou que: “Substâncias ácidas ao serem colocadas em água liberam H^+ e substâncias básicas em água liberam OH^- (hidroxila)”.

As respostas dos estudantes nessa categoria indicam uma compreensão prévia sobre as substâncias ácidas e básicas, bem como sobre a teoria de Arrhenius. Isso sugere que esses alunos foram capazes de resgatar e aplicar esses conhecimentos no contexto da questão proposta, evidenciando uma compreensão sobre o conteúdo, que é frequentemente abordado no primeiro ano do ensino médio. Como destacado por Kousathana, Demerouti, e Tsaparlis (2005, p. 174, tradução nossa) “os estudantes mais jovens do ensino médio utilizam o modelo de Arrhenius, enquanto os estudantes mais velhos do ensino médio e universitários utilizam os modelos de Arrhenius e Brønsted-Lowry”. Dessa forma, sugere-se que os estudantes conseguem explicar o comportamento ácido-básico das substâncias pela teoria de Arrhenius, por ser o modelo que estão familiarizados e que foi estudado na primeira etapa do ensino médio.

Na segunda categoria, C2, foram classificadas as respostas de 2 estudantes que mencionaram a experimentação como forma de identificar substâncias ácidas e básicas. As respostas destacam métodos práticos, como mencionado por eles: “Medindo o pH da substância” (E5) e “Fazendo experimento para identificar se é uma substância básica ou ácida” (E11).

Ambos os estudantes propõem que as substâncias químicas podem ser identificadas por meio de experimentos práticos, o que demonstra uma abordagem empírica na compreensão dos conceitos de ácidos e bases. Essa perspectiva evidencia o interesse dos estudantes em aplicar métodos laboratoriais, como a medição do pH, para verificar o comportamento químico das substâncias. Tal sugestão indica que os estudantes podem estar associando essas ideias a experiências anteriores vivenciadas nas aulas de química.

Na última categoria, foram classificadas as respostas de 7 estudantes que destacam a percepção de que as substâncias ácidas são mais fortes e prejudiciais à saúde, enquanto as substâncias básicas são vistas como mais fracas e menos perigosas. A resposta a seguir exemplifica essa visão: “Ácidas seriam mais ‘perigosas’, enquanto as básicas não afetam muito a nossa saúde” (E12).

Essas respostas podem refletir a forma como os estudantes associam as substâncias químicas no cotidiano. Diante disso, sugere-se que esses estudantes liguem as substâncias ácidas a mais perigosas, por se tratar de substâncias que são familiares e frequentemente utilizadas no cotidiano. Por outro lado, as substâncias básicas não são frequentemente discutidas no cotidiano, o que pode passar a impressão que são menos prejudiciais. Isso

sugere que, esses estudantes possivelmente não compreendem os riscos associados a ambas as substâncias, incluindo as reações de neutralização e os danos causados pelas bases se utilizadas em altas concentrações e de forma inadequada.

Por fim, após a entrega dos questionários respondidos, a pesquisadora solicitou que os estudantes discutissem sobre suas respostas. Um grupo de estudantes indicou uma compreensão de senso comum sobre os riscos associados à mistura de produtos de limpeza. Enquanto outro grupo de estudantes mostrou uma compreensão sobre os conceitos de ácidos e bases, como pH, o processo de neutralização e a Teoria de Arrhenius, visto que, era uma turma de 2º ano do ensino médio que estudaram esse conteúdo no último bimestre do 1º ano.

Portanto, após a aplicação do questionário e o debate, foi possível identificar duas dimensões relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Essas dimensões são observadas na conexão que os estudantes estabeleceram entre os conceitos de ácidos, bases e reações químicas com os riscos causados pela mistura de produtos de limpeza, conforme indicado nas respostas do questionário prévio e nas interações durante o debate final.

Essas dimensões estão representadas no losango didático de Méheut e Psillos (2004), utilizado para abordar e validar os diferentes tipos de sequências didáticas (SD). De acordo com os autores, o eixo vertical do losango refere-se à dimensão epistêmica, que conecta o conhecimento científico (conteúdo) ao mundo material (problemática), enquanto o eixo horizontal reflete a dimensão pedagógica, que aborda as interações entre estudantes (sujeitos da pesquisa) e professora (pesquisadora) e seus respectivos papéis no processo de ensino-aprendizagem.

Diante disso, o questionário prévio proporcionou à pesquisadora uma interação inicial com os estudantes para identificar os conhecimentos anteriores, levando-os a refletir sobre a temática proposta. Como aponta Carvalho (2013), essa etapa é essencial no ciclo investigativo de uma sequência didática, pois permite que o professor compreenda o conhecimento prévio dos alunos e estimule a construção de novas conexões entre o que já sabem e o novo conteúdo.

Em seguida, foi introduzida uma situação-problema como próximo passo. A situação-problema e o levantamento de hipóteses, seguem as orientações de Carvalho (2013) e representam a fase de problematização do ciclo investigativo da sequência de ensino investigativo (SEI).

5.2 Análise da situação-problema e levantamento de hipóteses

Na 1ª aula, após a aplicação do questionário, a pesquisadora organizou os estudantes em grupos, sendo cada grupo composto por 5 estudantes, que foram identificados como G1, G2 e G3. Em seguida, apresentou uma situação-problema (APÊNDICE C) para encaminhar e orientar as reflexões dos estudantes. Após a apresentação, solicitou-se que os grupos pensassem em causas para o caso, que envolvia descobrir o que causou o mal-estar de Laura e discutir se a identificação das substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza e a compreensão sobre suas interações poderiam ter evitado o incidente.

Os grupos G1, G2 e G3 destacaram que o desconforto foi causado pela mistura de produtos de limpeza, que resultou na liberação de substâncias tóxicas prejudiciais à saúde, como resultado de uma reação química. O grupo G2 expressou essa percepção ao afirmar: “A reação dos produtos de limpeza gerou uma substância química que, ao ser inalada, fez mal a ela” (G2). O grupo G1 complementou essa ideia, sugerindo: “O que pode ter causado o desconforto foi a inalação de substâncias tóxicas, que resultou em asfixia e dificuldade de oxigenação no cérebro, devido à mistura das substâncias.” O grupo G3 reforçou essa compreensão ao mencionar que “a liberação de gases, ocasionada pela mistura dos produtos, provocou sufocamento devido aos gases tóxicos.”

Diante das respostas apresentadas, ressalta-se que os estudantes recorrem a conhecimentos prévios para explicar uma possível causa para o problema, ao sugerirem que os efeitos nocivos foram ocasionados pelo resultado de uma reação química entre os produtos de limpeza utilizados por Laura. Sendo assim, os grupos buscaram explicar quimicamente o que ocasionou o problema, ao destacarem que a inalação de gases e a liberação de substâncias tóxicas foram responsáveis pelo mal-estar. Isso supõe que os estudantes possuíam conhecimentos químicos relevantes para compreender os riscos envolvidos na mistura de produtos de limpeza, assim como os conceitos de reações químicas.

Sobre a situação-problema utilizada, Azevedo (2004) e Zômpero e Labúru (2011), destacam a relevância de desenvolver situações problemas em um nível de dificuldade adequado ao conhecimento do estudante, de modo a incentivá-lo na busca por respostas científicas. Ao desenvolver questões abertas, com problemas genéricos, que não envolvam um conteúdo específico, os estudantes podem fomentar diferentes argumentações, levando-o a refletir criticamente e a articular seu entendimento com base nos conceitos já adquiridos, podendo assim, desenvolver uma aprendizagem mais significativa.

Em seguida, ao serem questionados se a identificação das substâncias químicas poderia ter evitado o mal-estar de Laura, o primeiro grupo, G1 apresentou a seguinte hipótese:

“ $\text{NaClO} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{HCl} + \text{Cl}_2$. Essas substâncias podem causar danos para o ser humano e a inalação de gás cloro pode ser fatal. Se ela soubesse desse fato, não teria misturado essas substâncias” (G1).

O grupo G1 demonstrou uma compreensão prática e aplicada das reações químicas ao identificar que a mistura de água sanitária, cujo princípio ativo é o hipoclorito de sódio (NaClO), com o vinagre, uma solução de ácido acético (CH_3COOH), libera gás cloro (Cl_2), responsável pelo mal-estar de Laura. Embora não apresentem corretamente a reação entre o ácido acético e o hipoclorito de sódio, reconhecem que essa mistura libera gás cloro, destacando que a identificação dessas substâncias poderia ter evitado o acidente. Essa análise evidencia a capacidade dos estudantes de aplicar conhecimentos químicos no cotidiano.

Diante disso, destaca-se a importância de formular atividades que estimulem a participação ativa dos estudantes em sala de aula, contextualizando o aprendizado com problemas reais e promovendo o levantamento de hipóteses. Sob essa perspectiva, autores como Munford e Lima (2007) e Rodrigues e Borges (2008) ressaltam que os seres humanos têm uma inclinação natural para investigar e explorar. Portanto, em vez de simplesmente fornecer informações prontas, as atividades devem ser projetadas para despertar a curiosidade e incentivar a busca ativa por respostas, tanto em relação à sociedade quanto ao conhecimento humano.

As respostas apresentadas pelos grupos G2 e G3 indicam que os estudantes reconhecem que o mal-estar de Laura poderia ter sido evitado se ela tivesse conhecimento das substâncias químicas envolvidas e da quantidade adequada para o uso. No entanto, ao afirmarem que "ela poderia ter alterado as quantidades das substâncias usadas, ou evitado alguma mistura" (G2), esses grupos demonstram que não conseguiram identificar quais substâncias químicas causaram o mal-estar e como elas interagem. Apesar disso, eles foram capazes de levantar hipóteses válidas que podem contribuir no momento de buscar uma solução.

Essa análise sugere que, mesmo com dificuldades na identificação das substâncias, os estudantes conseguiram refletir sobre o ocorrido e formular suposições relevantes. Azevedo (2004) e Carvalho (2013) destacam que essa etapa é crucial para que os estudantes discutam, reflitam sobre a questão e desenvolvam hipóteses que possam eventualmente conduzir a uma solução.

Por fim, acredita-se que as interações entre os grupos proporcionaram um espaço valioso para que os estudantes compartilhassem suas experiências e formassem hipóteses com base em conhecimentos científicos e empíricos relacionados ao problema discutido. De

acordo com Méheut e Psillos (2004), essa abordagem é denominada “construtivista integrada”, pois combina as dimensões epistemológicas e pedagógicas, reconhecendo a importância de ambas no processo de ensino-aprendizagem.

Assim, após o levantamento e discussão das hipóteses pelos estudantes acerca dos questionamentos da situação-problema, a pesquisadora propôs a realização de um trabalho investigativo, dando início a fase de investigação, do ciclo investigativo da SEI.

5.3 Análise da proposta do trabalho investigativo

Na 2ª aula, a pesquisadora incentivou os estudantes a continuarem nos grupos G1, G2 e G3 e realizarem uma pesquisa sobre a problemática central da pesquisa: “os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza” (APÊNDICE D). Para orientar a investigação, foram sugeridos sites de notícias confiáveis. Após leitura, os estudantes foram instruídos a buscar informações nos sites sugeridos para investigação, sobre os riscos à saúde decorrentes da mistura de produtos químicos, os compostos que podem ser formados, as interações químicas entre as substâncias, a importância de ler os rótulos dos produtos e verificar se esses rótulos contêm informações sobre as propriedades químicas das substâncias, além de entender a relevância do pH desses compostos.

Nesse contexto, ao investigarem sobre os riscos associados à saúde devido à mistura de produtos de limpeza, os grupos G1, G2 e G3 enfatizaram que a mistura de diferentes produtos de limpeza pode resultar em problemas graves à saúde. O grupo G1, por exemplo, relatou alguns efeitos nocivos decorrentes do uso inadequado desses produtos, como “asfixia no ser humano, irritação nos olhos e danos à pele, em casos mais graves, à morte” (G1).

Essas informações estão diretamente ligadas ao que os estudantes já haviam mencionado no questionário inicial, indicando que possuíam algum conhecimento prévio sobre os perigos das misturas de produtos de limpeza. Embora alguns inicialmente acreditassem que essas combinações não fossem prejudiciais, a investigação revelou que os estudantes foram capazes de compreender os riscos significativos dessas misturas, reconhecendo que, em alguns casos, elas podem ser fatais.

Sugere-se, portanto, que a investigação promovida durante a atividade incentivou a participação ativa na busca por informações que contribuíram para o desenvolvimento do raciocínio lógico, aprimoramento das habilidades cognitivas e construção do conhecimento científico. Essa abordagem está alinhada com os referenciais teóricos discutidos, que destacam a importância de incentivar a curiosidade intelectual e o uso de métodos científicos,

como a investigação, reflexão, análise crítica e criatividade, para investigar causas, formular e testar hipóteses, resolver problemas e criar soluções tecnológicas, com base no conhecimento científico (Brasil, 2018).

Ademais, ao buscarem informações sobre os compostos que podem ser formados, o grupo G1 destacou os compostos que são prejudiciais à saúde, como o “Gás cloro, Gás amoníaco, CO_2 ”. Enquanto que o grupo G2 e G3 mencionaram diferentes compostos, conforme exemplificado na resposta do grupo G2: “aminoácidos, hipoclorito, peróxidos, ácidos e amônia”.

Nas etapas anteriores, os grupos haviam mencionado frequentemente a formação de gás cloro, como sendo um gás tóxico e prejudicial à saúde. No entanto, a investigação mais aprofundada permitiu que os estudantes identificassem outros compostos que podem ser formados pela combinação de produtos de limpeza. Com isso, observou-se que os estudantes não apenas reconheceram os riscos associados a essas misturas, mas também identificaram compostos que são formados durante as reações.

Nesse sentido, sugere-se que os estudantes foram capazes de adquirir novas informações com a pesquisa e desenvolver uma aprendizagem mais significativa sobre a problemática abordada. Esse tipo de aprendizagem, conforme proposto por Novak, Ausubel e Hanesian, (1980) é denominada de aprendizagem proposicional, caracterizada pela aquisição de novas ideias que se diferenciam daquelas previamente existentes na estrutura cognitiva do estudante.

Logo após, os grupos investigaram como as substâncias químicas interagem em meio aquoso. O grupo G1, destacou a formação de compostos como “ácido hidrocloreídrico, substâncias alcalinas, ácido carbônico, etc”, o que indica uma identificação superficial de substâncias formadas, mas sem aprofundar no mecanismo que leva à formação desses compostos. Isso sugere que, embora o grupo G1 tenha mencionado produtos importantes, não houve uma explicação clara sobre como essas substâncias interagem quimicamente em meio aquoso.

Por outro lado, os grupos G2 e G3 relacionam suas respostas à dissociação iônica, descrita na teoria de Arrhenius. Ao enfatizarem que “ácidos liberam íons positivos de hidrogênio e as bases liberam íons negativos, hidroxila, por meio da dissociação iônica”, esses grupos apresentam informações do processo químico das interações das substâncias em meio aquoso. No entanto, apesar de abordarem corretamente o conceito de dissociação iônica, G2 e G3 não conseguiram conectar essa explicação diretamente à problemática da pesquisa, que envolve os riscos associados à mistura de produtos de limpeza.

Na última fase da pesquisa, os grupos investigaram sobre as propriedades das substâncias presentes nos rótulos dos produtos de limpeza e a relevância de identificar o pH dessas substâncias. Os grupos G1 e G2 forneceram uma informação geral sobre o pH dos produtos, como exemplificado pela resposta do G2: “O pH depende muito de cada produto de limpeza, pode ser ácido (abaixo de 7) ou alcalino (acima de 7)”. Em contraste, o grupo G3 apresentou dados mais específicos, destacando o pH de alguns produtos: “água sanitária, entre 11,5 e 13,5, alcalina. Vinagre, entre 2 e 3, ácido. Detergente, o pH é 7, neutro. Desinfetante: o pH é entre 5 e 7”.

Ao investigarem a importância de ler as informações nos rótulos dos produtos, os grupos G1 e G3 demonstraram percepções alinhadas à problemática inicial da pesquisa, destacando a necessidade de evitar acidentes devido à mistura inadequada de substâncias. O grupo G1, por exemplo, afirmou que ler os rótulos é essencial “para evitar acidentes com as substâncias, decorrentes da mistura entre elas”, reforçando a ideia de que a segurança ao manusear produtos de limpeza depende do conhecimento sobre suas propriedades químicas.

Entretanto, o grupo G2 trouxe uma nova perspectiva após a pesquisa, ampliando o debate. Eles argumentaram que os rótulos não só ajudam a evitar acidentes, mas também “auxiliam na definição do que comprar e são cruciais para estabelecer uma comunicação eficaz entre o consumidor e o produto”. Essa abordagem sugere que o grupo G2 passou a entender os rótulos como ferramentas de informação para um consumo consciente e adequado.

As respostas apresentadas pelos grupos ressaltam que os produtos de limpeza possuem características ácidas, básicas ou neutras, o que torna fundamental a identificação de seu pH para compreender as substâncias formadas durante o uso ou mistura. As percepções dos estudantes sugerem que, após a pesquisa, houve um avanço na compreensão sobre a problemática, permitindo que os grupos relacionassem os conceitos de ácido e base, incluindo o pH, aos riscos associados à mistura de produtos de limpeza. Além de identificar os compostos formados, os estudantes compreenderam a importância de evitar combinações perigosas, reforçando a necessidade de leitura cuidadosa dos rótulos e a observação das propriedades químicas dos produtos.

Dessa forma, após a realização do trabalho investigativo, os estudantes foram incentivados a discutir suas descobertas. Nas etapas anteriores, frequentemente associaram a problemática da pesquisa ao conteúdo sobre reações químicas. No entanto, após a investigação e discussão, observou-se que os grupos conseguiram estabelecer uma relação entre a problemática e os conceitos de ácidos e bases. Assim, os grupos debateram sobre os

compostos presentes nos produtos de limpeza, as interações químicas das substâncias em meio aquoso, a importância de ler as informações nos rótulos e a relevância do pH desses produtos.

Durante o debate, foi possível observar as interações entre os estudantes e a forma como estabeleceram uma relação entre os conceitos de ácidos e bases e a problemática proposta, após a realização do trabalho investigativo. Nesse contexto, é possível identificar as dimensões pedagógicas, que emergem das interações entre os estudantes, e as dimensões epistêmicas, que se manifestam pela conexão dos conceitos científicos com o problema abordado. Essas dimensões são descritas no losango didático de Méheut e Psillos (2004), que destaca a importância tanto do conhecimento científico quanto da dinâmica pedagógica no processo de ensino-aprendizagem.

Na 3ª aula, com o objetivo de aprofundar essa conexão entre a problemática e o conteúdo, enfatizando a dimensão epistemológica do losango didático de Méheut e Psillos (2004), a pesquisadora entregou aos estudantes individualmente um texto de autoria própria, intitulado “Riscos da mistura de produtos de limpeza: Compreendendo a teoria de Arrhenius e os perigos da reação Ácido-Base” (APÊNDICE E), para que eles pudessem comparar suas hipóteses e as informações obtidas durante a investigação, com o texto teórico. Neste contexto, como ressalta Carvalho (2013), o estudante é incentivado a fazer a leitura do texto, comparando suas ideias iniciais com o relato do texto. Essa etapa contempla a fase de sistematização do conhecimento do ciclo investigativo da SEI.

Após a leitura do texto, a pesquisadora propôs a realização de uma atividade prática e posteriormente a leitura de um texto sobre o pH dos produtos de limpeza e os indicadores ácido-base. O objetivo dessas atividades foi levar os estudantes a relacionar o conteúdo aprendido com situações do cotidiano (Carvalho, 2013), representando a etapa denominada “atividades mobilizadoras” no ciclo investigativo da SEI.

5.4 Análise das atividades mobilizadoras

Na 4ª aula, os estudantes foram incentivados a se reorganizar em grupos e realizar uma atividade prática para investigar os produtos utilizados na limpeza doméstica. Durante a atividade, os grupos deveriam observar a mudança de cor do indicador ao ser adicionado aos produtos de limpeza, medir o pH com papel indicador universal e identificar se os valores de

pH das substâncias químicas presentes nesses produtos indicavam se elas tinham características ácidas, básicas ou neutras.

Os grupos G1, G2 e G3 receberam os materiais necessários, juntamente com as instruções para a realização da atividade prática (APÊNDICE F). Os estudantes prepararam soluções dos produtos de limpeza em béqueres devidamente identificados com o nome dos respectivos produtos. Em seguida, adicionaram a solução de extrato de repolho roxo até metade de cada béquer, observando e registrando as mudanças de cor. Além disso, verificaram o pH de cada produto com papel indicador universal, determinando se as substâncias eram ácidas ou básicas. Durante a execução, os estudantes preencheram um quadro com os resultados observados. A seguir, estão as respostas apresentadas pelo grupo G1 (Quadro 8):

Quadro 8: Respostas apresentadas pelo grupo G1 durante a realização da atividade prática.

Produtos	Mudança de cor	pH	Substâncias Química
Água Sanitária	Amarelo	11	Básico
Vinagre	Rosa	3	Ácido
Bicarbonato de sódio	Azul	8	Básico
Diabo Verde	Laranja	13	Básico
Sapólio	Verde	9	Básico
Detergente	Vinho	7	Neutro

Fonte: A Autora (2024).

Durante a análise das respostas, observou-se que o grupo G1 executou a atividade prática com sucesso, identificando a mudança de cor ao adicionar o indicador de extrato de repolho roxo, medindo corretamente o pH dos produtos e reconhecendo as substâncias químicas presentes nos diferentes produtos de limpeza. No entanto, os estudantes relataram que o detergente adquiriu uma coloração vinho ao adicionar o extrato de repolho roxo, o que não condiz com o esperado, já que o detergente, sendo neutro, deveria ter adquirido uma coloração roxa. Sendo assim, sugere-se que a identificação incorreta da cor resultante do detergente, pode ter ocorrido devido à coloração original amarela, o que pode ter interferido na observação da cor final.

No quadro 9, estão as respostas emergidas das observações do grupo G2:

Quadro 9: Respostas apresentadas pelo grupo G2 durante a realização da atividade prática.

Produtos	Mudança de cor	pH	Substâncias Química
Água Sanitária	Amarelo	12	Base
Vinagre	Rosa	3	Ácido
Bicarbonato de sódio	Verde	8	Base
Diabo Verde	Laranja	13	Ácido
Sapólio	Roxo	10	Base
Detergente	Neutro	7	Neutro

Fonte: A Autora (2024).

O grupo G2 também executou a atividade prática e anotou as informações solicitadas a partir das observações realizadas. Entretanto, afirmaram que a mudança de cor do bicarbonato de sódio, com pH 8, seria verde e que o detergente apresentaria uma mudança de cor neutra. Essas interpretações indicam uma possível confusão por parte dos estudantes na identificação das cores. O bicarbonato por ser uma substância levemente alcalina, deveria apresentar uma coloração azulada, e o detergente por ser neutro deveria adquirir uma coloração roxa. Isso sugere que os estudantes podem não ter compreendido plenamente como interpretar a escala de cores do indicador ácido-base.

No quadro 10, estão as respostas apresentadas pelo grupo G3, durante a execução da atividade prática:

Quadro 10: Respostas apresentadas pelo grupo G3 durante a realização da atividade prática.

Produtos	Mudança de cor	pH	Substâncias Química
Água Sanitária	Amarelo	13	Ácido
Vinagre	Rosa	3	Ácido
Bicarbonato de sódio	Azul	8	Base
Diabo Verde	Laranja	13	Ácido
Sapólio	Verde	10	Base
Detergente	Roxo	7	Neutro

Fonte: A Autora (2024).

O grupo G3 apresentou corretamente as informações sobre a mudança de cor e o pH dos produtos, uma vez que já havia pesquisado sobre o pH de alguns desses produtos de limpeza durante a etapa de investigação. No entanto, cometeram um equívoco ao afirmar que a água sanitária, com pH 13, possui caráter ácido. Esse valor de pH, na verdade, indica que a água sanitária é altamente alcalina. Esse erro sugere que, apesar de terem adquirido conhecimento sobre a escala de pH, ainda existe confusão em relação à interpretação dos valores e à caracterização correta das substâncias como ácidas ou básicas.

Além de estabelecer uma relação entre os conceitos aprendidos e situações cotidianas, a atividade mobilizadora tinha como objetivo levar os estudantes a utilizarem indicadores ácido-base e a medirem o pH. Dessa maneira, as informações registradas nos quadros pelos estudantes eram representações dos fenômenos observados durante a prática. De acordo com Ausubel (2003), esse processo é denominado aprendizagem representacional, caracterizado pela atribuição de símbolos arbitrários (como palavras) para representar objetos específicos, sem que, inicialmente, haja uma compreensão conceitual mais aprofundada.

Sendo assim, após a realização da atividade prática, foram disponibilizados dois textos de autoria própria (APÊNDICES G e H) sobre o pH dos produtos de limpeza e os indicadores ácido-base, com o objetivo de aprofundar a compreensão dos conceitos abordados durante a investigação, buscando promover uma aprendizagem mais significativa.

Nesse viés, buscou-se atribuir significado aos conceitos previamente apresentados pelos estudantes durante a atividade prática, utilizando as informações contidas no texto como suporte teórico. De acordo com Ausubel (2003), esse processo de aprendizagem é conhecido como aprendizagem conceitual, sendo uma extensão da aprendizagem representacional, que tem como objetivo a construção de significados a partir de conceitos culturais previamente estabelecidos.

Nesta etapa da SD, os estudantes foram incentivados a trabalhar em grupos para a realização da atividade prática e leitura dos textos. Essa abordagem possibilitou uma maior interação entre os estudantes. Além disso, a atividade prática permitiu que a pesquisadora observasse o engajamento dos estudantes no desenvolvimento da criticidade e autonomia. Essa abordagem está relacionada à dimensão pedagógica, encontrada no eixo horizontal do losango didático de Méheut e Psillos (2004).

Após a finalização das atividades mobilizadoras, os estudantes foram incentivados a produzir um texto individualmente para discutir uma solução para a situação-problema inicial. Nesta última etapa da SD, que contempla a fase de recontextualização/conclusão do ciclo

investigativo da SEI, os estudantes são incentivados a discutir, refletir, pensar e resolver o problema proposto (Carvalho, 2013).

5.5 Análise das produções textuais

Na 5ª aula, a pesquisadora solicitou que os estudantes elaborassem individualmente um texto, propondo uma solução para a situação-problema apresentada no início das atividades. Durante essa produção textual, os estudantes foram orientados a estabelecer uma relação entre a problemática e os conceitos químicos discutidos, refletindo sobre a importância de reconhecer substâncias ácidas e básicas no cotidiano, como essas substâncias interagem e sugerindo medidas de segurança e boas práticas para o uso adequado dos produtos de limpeza (APÊNDICE I).

Com o intuito de verificar a aprendizagem dos estudantes na última etapa da Sequência Didática (SD), a análise das produções textuais foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Três categorias de análise foram previamente estabelecidas, correspondendo aos diferentes tipos de aprendizagem significativa: CR – Representacional, CC – Conceitual e CP – Proposicional. Cada uma dessas categorias inclui indicadores específicos que permitem identificar se o estudante demonstrou esses tipos de aprendizagem em sua produção textual. A seguir, no quadro 11, estão as categorias e indicadores estabelecidos previamente para cada tipo de aprendizagem significativa:

Quadro 11: Categorias e indicadores para os tipos de aprendizagem significativa.

Escreva um texto individualmente, mínimo 20 linhas, com as seguintes discussões: 1) Discuta sobre os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza, apresentando uma solução a situação-problema inicial. 2) Durante a produção textual, faça uma relação entre a problemática e os conceitos químicos abordados ao longo das atividades. Discuta sobre a importância de reconhecer substâncias ácidas e básicas no cotidiano e como elas interagem. 3) Proponha medidas de segurança e boas práticas para o uso adequado dos produtos de limpeza.	
Categorias	Indicadores
CR: Representacional	1. Conexão entre o símbolo arbitrário e o objeto. 2. Atribuição de significado ao símbolo.
CC: Conceitual	1. Formação de conceitos.

	2. Assimilação de conceitos.
CP: Proposicional	1. Surgimento de novos conhecimentos. 2. Reformulação de conhecimentos prévios.

Fonte: A Autora (2024).

Na categoria CR, associada a aprendizagem representacional, foram classificados trechos das produções textuais de 6 estudantes que, ao propor medidas de segurança e boas práticas para o uso adequado dos produtos de limpeza, estabeleceram uma conexão entre a leitura das informações dos rótulos e a segurança no uso desses produtos, atribuindo potencial significado a essas informações. O trecho do estudante E4 destaca que: “[...] Ler o rótulo dos produtos de limpeza pode ajudar a identificar quais produtos podem fazer mal à saúde, quando misturados [...]”.

A resposta do estudante E14 indica que os estudantes dessa categoria, foram capazes de estabelecer uma conexão entre o símbolo arbitrário (ação de ler os rótulos) com o objeto (uso prático dos produtos de limpeza) em um processo de assimilação. Para Ausubel (2003) esse processo é denominado de aprendizagem representacional e ocorre quando símbolos arbitrários são utilizados para representar objetos ou imagens. O autor observa que, embora o objeto ainda não tenha um significado conceitual, as palavras (símbolo arbitrário) se tornam potencialmente significativas, sendo armazenadas na estrutura cognitiva do estudante e posteriormente transformadas em subsunçores.

Diante disso, acredita-se que os estudantes conseguiram desenvolver uma aprendizagem mais significativa por meio de um processo de assimilação. Os trechos de suas produções textuais, indicam que eles foram capazes de atribuir significado aos rótulos, enfatizando a importância de consultá-los antes de realizar qualquer mistura. Essas informações têm o potencial de se fixar em suas memórias e serem aplicadas em situações futuras ao utilizarem esses produtos, evidenciando a relevância da leitura e interpretação das instruções para a segurança no uso de produtos de limpeza.

Na categoria CC, referente à aprendizagem conceitual, foram classificados 10 estudantes que, em suas produções textuais, estabeleceram uma conexão entre os conceitos químicos e a problemática proposta, discutiram sobre a importância das substâncias ácidas e básicas no cotidiano e apresentaram soluções para a situação-problema inicial. Esses estudantes demonstraram a capacidade de atribuir significado aos conceitos, assimilando-os a

ideias já existentes em sua estrutura cognitiva. Um exemplo dessa abordagem pode ser observado no seguinte trecho:

É importante considerar o comportamento ácido-base dessas substâncias químicas [...] A mistura de produtos pode apresentar riscos à saúde, como a combinação de água sanitária, que é alcalina devido ao seu pH elevado, com uma substância ácida, como o vinagre [...] (E7).

O trecho do estudante E7 evidencia que os estudantes dessa categoria, foram capazes de atribuir significado aos conceitos que já possuíam em sua estrutura cognitiva mediante o processo de assimilação ou formação conceitual. Isso sugere que a intervenção pode ter contribuído para que eles aprofundem conceitos de ácidos e bases, interação química, pH através da problemática dos efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza. Diante dessa assimilação e formação de conceitos, eles também apresentaram uma solução a situação-problema inicial, destacando os riscos causados pela mistura de produtos químicos.

Nesse viés, acredita-se que a intervenção contribuiu para a aprendizagem significativa conceitual dos estudantes. Embora muitos estudantes no questionário prévio tenham identificado os riscos à mistura de produtos de limpeza e conceitos relacionados a ácidos e bases e reações químicas, eles utilizavam de dados empíricos para explicar os efeitos ou não conseguiam aplicar os conceitos químicos na problemática. Contudo, nos trechos das produções textuais da categoria CC é possível identificar uma maior facilidade ao explicar os conceitos químicos que estão relacionados aos produtos de limpeza, identificando os riscos associados.

Na última categoria, CP, associada a aprendizagem proposicional, foram classificados 14 estudantes que demonstraram, em suas produções textuais, a capacidade de apresentar novos conhecimentos ou reformular os conhecimentos prévios sobre o conteúdo e a problemática abordada. Para essa categoria em particular, os questionários prévios dos estudantes foram analisados em conjunto com suas produções textuais, com o intuito de verificar se houve a assimilação de novos conhecimentos ou a resignificação das ideias já existentes.

Nesta perspectiva, no questionário prévio do estudante E8 ele afirma que existe uma relação entre a química e os produtos de limpeza, embora não consiga explicá-la adequadamente. Contudo, em sua produção textual, ele menciona essa relação, afirmando que:

[...] A maioria dos produtos de limpeza contêm substâncias químicas poderosas, como ácidos e bases, destinadas a dissolver sujeiras, desinfetar superfícies e remover manchas. [...] esses produtos se misturados inadequadamente podem resultar em reações químicas imprevisíveis e perigosas (E8).

Sendo assim, o trecho destacado da produção textual do estudante E8 evidencia a aquisição de novos conhecimentos após a intervenção da sequência didática. Embora, no questionário prévio, ele não conseguisse explicar a relação entre a química e os produtos de limpeza, ao final da SD, ele menciona conceitos importantes, como as substâncias ácidas e básicas e as reações químicas resultantes da mistura dessas substâncias. Isso sugere que, além de desenvolver uma aprendizagem significativa por meio do processo da aprendizagem proposicional, o estudante também foi capaz de atribuir significado aos conceitos, indicando uma aprendizagem conceitual. Assim, indica-se que esses dois tipos de aprendizagem significativa podem se complementar e fortalecer mutuamente, dependendo do contexto educacional.

Por fim, ainda na categoria CP, o estudante E13 menciona em seu questionário prévio que a mistura de produtos de limpeza não é prejudicial, no entanto, em sua produção textual ressalta que: “A mistura de produtos de limpeza é uma prática perigosa que pode resultar em sérios problemas de saúde.”

Esse trecho apresentando pelo estudante em sua produção textual indica uma reformulação do conhecimento prévio. No início da sequência, o estudante acreditava que a mistura de produtos de limpeza não era uma prática perigosa, após a intervenção, o estudante ressalta os riscos causados à saúde diante dessa prática. Neste contexto, observou-se que o estudante E13 reformulou as ideias que possuía em sua estrutura cognitiva, indicando que houve uma mudança em seu conhecimento, sugerindo uma aprendizagem mais significativa, através da proposição de novos conhecimentos. De acordo Ausubel (2003), esse tipo de aprendizagem proposicional acontece com a proposição de novas ideias, o objetivo desse processo, é aprender o significado da proposição verbal que expressa ideias diferentes daquelas já presentes na estrutura cognitiva.

Dessa forma, durante a análise das produções textuais dos estudantes, foi possível identificar indícios dos três tipos de aprendizagem significativa propostos por Ausubel (2003). Além disso, é notório que, após a intervenção da SEI, 14 dos 15 estudantes conseguiram atribuir novos conhecimentos ou reformular os conhecimentos prévios, mostrando uma evolução em suas respostas, muitas vezes fundamentada em conhecimentos científicos discutidos durante as atividades em grupo e individuais.

Portanto, após a intervenção da SD, observou-se que os estudantes tiveram uma maior interação durante as atividades em grupo e debates, além de terem estabelecido uma conexão entre o conhecimento científico e o cotidiano, por meio da problemática abordada. De acordo com Méheut (2005), essas interações e a conexão entre o mundo material e o conhecimento científico fazem parte dos quatro componentes principais que devem ser considerados ao se estruturar uma SD: o estudante, o professor, o mundo material e o conhecimento científico. Esses componentes transitam entre as dimensões epistêmica e pedagógica, reforçando a importância de um ensino integrado e contextualizado para promover uma aprendizagem significativa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi analisar as implicações de uma sequência de ensino investigativo, no favorecimento de uma aprendizagem significativa dos conceitos de ácidos e bases. Os resultados indicam que os estudantes conseguiram estabelecer uma conexão entre os conceitos químicos e a problemática proposta, sendo possível identificar em suas produções textuais características das três aprendizagens significativas propostas por Ausubel - representacional, conceitual e proposicional. Além disso, foi observado uma evolução nos estudantes ao longo da SEI. No questionário prévio muitos não conseguiam fazer essa conexão de forma clara, porém, em suas produções textuais, ao final da SEI, destacaram a importância de compreender conceitos químicos como ácidos e bases e reações químicas, especialmente ao lidar com misturas de produtos de limpeza, sugerindo que a SEI favoreceu uma aprendizagem significativa.

Quanto às atividades investigativas da SD terem contribuído para o desenvolvimento da autonomia e criticidade dos estudantes para a resolução da situação-problema, durante as atividades investigativas eles desempenharam um papel ativo, sendo capazes de levantar hipóteses, investigar, refletir, observar e por fim resolver o problema proposto.. Dessa forma, os estudantes tiveram a oportunidade de expressar suas opiniões e pontos de vista durante os debates e discussões em grupo, o que fortaleceu o desenvolvimento de suas habilidades de argumentação e reflexão crítica, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem.

Com esses resultados, espera-se aprimorar e expandir o uso desse trabalho como base para futuras aplicações em sala de aula, envolvendo outros conceitos químicos através de sequências de ensino investigativo. Para fins de estudo no mestrado, a pesquisadora planeja propor aos professores do ensino médio, de diferentes escolas, a adoção de sequências de ensino investigativas que abranjam outros conceitos químicos e problemáticas que estão envolvidas no cotidiano do estudante, buscando promover a aprendizagem significativa em diferentes contextos educacionais.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Tradução: Lígia Teopisto. 1 ed. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Tradução: Eva Nick, Heliana de Barros Conde Rodrigues, Luciana Peotta, Maria Ângela Fontes, Maria da Glória Rocha Maron. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980.

AZEVEDO, Maria Cristina Paternostro Stella de. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**, Brasília: MEC/SEMTEC, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. (Org.). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHAGAS, Aécio Pereira. Teorias ácido-base do século XX. **Química nova na escola**, v. 9, p. 28-30, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/historia.pdf>. Acesso em: 05 de out. 2024.

CHAGAS, Aécio Pereira. O ensino de aspectos históricos e filosóficos da química e as teorias ácido-base do século XX. **Química Nova**, v. 23, p. 126-133, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/pTc4pwJgr5zk5qPGqbH54Lb/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 05 de out. 2024.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução: Joice Elias Costa. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 405 p, 2009.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na escola**, p. 198-202, 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf. Acesso em: 05 de out. 2024.

KOUSATHANA, Margarita; DEMEROUTI, Margarita; TSAPARLIS, Georgios. Instructional Misconceptions in Acid-Base Equilibria: An Analysis from a History and Philosophy of Science Perspective. **Science & Education**, v. 14, p. 173-193, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226384352_Instructional_Misconceptions_in_Acid-Base_Equilibria_An_Analysis_from_a_History_and_Philosophy_of_Science_Perspective. Acesso em: 05 de out. de 2024.

MÉHEUT, Martine. **Sequências De Ensino-Aprendizagem: Ferramentas Para Aprendizagem E/Ou Investigação**. Tradução: Celso José Viana Barbosa. Holanda: Spring, 2005.

MÉHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690310001614762>. Acesso em: 05 de out. 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 9, p. 89-111, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/ZfTN4WwscpKqvwZdxcsT84s/>. Acesso em: 05 de out. 2024.

NUNES, Albino Oliveira; DANTAS, Josivânia Marisa; OLIVEIRA, Ótom Anselmo de; HUSSEIN, Fabiana Roberta Gonçalves e Silva. **Ácidos e Bases: Discutindo os conceitos dentro das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes. **Currículo de Pernambuco: ensino médio**. Recife: Secretaria de Educação e Esportes, 2021.

REZENDE, Ana A N; SIQUEIRA, Crediana C; RIBEIRO, Davi V; MUNIZ, Letícia. A.; OPENHEIMER, Marcela; ROZENTALSKI, Evandro F. Uma proposta investigativa para a identificação de ácidos e bases no cotidiano. **Química Nova na Escola**, São Paulo. v. XX, N° YY, p. 1-5, 2023. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/EEQ-16-23.pdf>. Acesso em: 05 de out. de 2024.

RODRIGUES, Bruno Augusto; BORGES, Antônio Tarciso. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, 2008.

SILVA, Mônica Ribeiro da. Alfabetização: pressupostos para a formação do professor. In: Silva, M. R. (Org.). **Ciências: formação de professores e ensino nas séries iniciais**. Toledo: T., v.5, 1996.

SOUZA, Cleuzane Ramalho; SILVA, Fernando César. Discutindo o contexto das definições de ácido e base. **Química Nova na Escola**, São Paulo. v. 40, n. 1, p. 14-18, fev. 2018a. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_1/04-CCD-52-17.pdf. Acesso em: 05 de out. 2024.

SOUZA, Cleuzane Ramalho; SILVA, Fernando César. Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base. **Química Nova na Escola**, p.

276–286, nov. 2018b. Disponível em:

http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_4/08-EQF-51-17.pdf . Acesso em: 05 de out. 2024.

TERCI, Daniela Brotto Lopes; ROSSI, Adriana Vitorino. Indicadores naturais de ph: usar papel ou solução?. **Química Nova**, v. 25, p. 684-688, 2002. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/TnTMMbLD9gbm8CHGGs9PBGx/?lang=pt&format=pdf>.

Acesso em: 05 de out. 2024.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas de ciencias: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, vol. 13, n. 03, 2011.

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Pesquisadora: Paula Franciely Torres de Barros
Orientadora: Ana Paula de Souza de Freitas
Disciplina: Química
Série: 2º ano do ensino médio
Nº de estudantes: 15 estudantes
Tempo: 5 aulas com duração de 50 minutos
Data: 06/06 à 18/06
Tema: Os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza

Objetivo Geral
Compreender os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza utilizando os conceitos de ácidos e bases.
Objetivos Específicos
1. Identificar relações entre os conceitos químicos e a problemática.
2. Reconhecer as propriedades químicas presentes nos produtos de limpeza.

Material e Recursos Didáticos
● Notebook, quadro, piloto, apagador. ● Recursos audiovisuais. ● Textos impressos. ● Materiais e reagentes para atividade prática.
Conteúdos sugeridos:
1) Teorias de Arrhenius
2) Reação de neutralização
3) pH
4) Indicadores ácido-base

Fases do ciclo investigativo	Aulas	Atividades desenvolvidas	Objetivos
Problematização	1ª aula 50 min	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos por meio de um questionário impresso e posteriormente um debate em grupo. Utilização de uma situação-problema para discussão da problemática.	• Verificar os conhecimentos prévios que os estudantes possuem sobre a problemática e o conteúdo, antes da intervenção. • Associar os conceitos de ácido e base com a mistura de produtos de limpeza.
Investigação	2ª aula 50 min	Proposta de uma pesquisa sobre “os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza.”	• Estabelecer relações entre a problemática e os conceitos químicos. • Reconhecer os riscos causados por produtos de limpeza.
Sistematização	3ª aula 50 min	Sistematização do conhecimento através da utilização de um texto sobre misturas e os conceitos de ácido e base, relacionados a teoria de Arrhenius e o conceito de neutralização, para a discussão e prováveis respostas a partir da investigação realizada.	• Associar esses riscos às propriedades das substâncias ácidas e básicas através da Teoria de Arrhenius e o conceito de Neutralização.
Atividades Mobilizadoras	4ª aula 50 min	Apresentação de um experimento para investigação. Apresentação de dois textos sobre pH e indicadores.	• Analisar a compreensão dos estudantes sobre as propriedades químicas dos produtos de limpeza, tais como pH, acidez e basicidade, indicadores ácido-base.
Recontextualização/Conclusão	5ª aula 50 min	Recontextualização dos conceitos e problemática: Produção textual Debate em grupo para discussão das produções textuais realizadas pelos estudantes.	• Compreender a importância da problemática proposta e dos conceitos químicos. • Avaliar os novos conhecimentos dos estudantes adquiridos após intervenção.

Fonte: elaboração própria, 2023.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Estudante: _____

Escola: _____

Data: _____ Série: _____ Turno: _____

Pesquisadora: Paula Franciely Torres de Barros

Atividade 1 - Questionário prévio

- 1) Você consegue fazer alguma relação entre a química e os produtos de limpeza?

- 2) Você acha que há algum problema em misturar produtos de limpeza? Justifique.

- 3) O que você considera que ocorre ao misturar produtos de limpeza?

- 4) Como você identificaria as substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza?

- 5) Como você definiria as substâncias ácidas e básicas em termos de comportamento químico?

APÊNDICE C - SITUAÇÃO-PROBLEMA

Estudantes: _____

Escola: _____

Data: _____ Série: _____ Turno: _____

Pesquisadora: Paula Franciely Torres de Barros

Atividade 2 -Situação-problema:

Laura resolveu limpar seu banheiro, como de costume, ela gosta de misturar água sanitária e sabão em pó diluídos em água para fazer a limpeza. Após fazer essa mistura, ela jogou em todo o banheiro e começou a esfregar até observar a formação de espuma. Durante a lavagem, Laura começou a sentir um desconforto, mas acreditava ser normal, devido ao cheiro forte de água sanitária. Continuando a limpeza, para limpar o vidro do box do banheiro, ela fez uma mistura de vinagre com água sanitária. Após alguns segundos, o desconforto aumentou, ela sentiu dificuldade para respirar e ardência nos olhos e chamou por seu marido antes de desmaiar. O marido dela ao vê-la caída no banheiro, ficou bastante assustado e a levou ao hospital. a) Diante do exposto, o que pode ter causado o mal estar de Laura? E por quê? b) Se Laura conhecesse as substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza e como elas interagem, isso poderia ter evitado o ocorrido? Explique.

APÊNDICE D - PROPOSTA DE UM TRABALHO INVESTIGATIVO

Estudantes: _____

Escola: _____

Data: _____ Série: _____ Turno: _____

Pesquisadora: Paula Franciely Torres de Barros

Atividade 3 - Proposta de um trabalho investigativo

Após responder os questionamentos da situação-problema, faça uma pesquisa sobre “os efeitos nocivos causados pela mistura de produtos de limpeza”.

Os riscos das ‘misturinhas’ de produtos de limpeza

As misturas de produtos de limpeza podem cortar a eficácia dos produtos e até causar riscos à saúde (Ribeiro, 2023).

Fonte:

<https://g1.globo.com/guia/guia-de-compras/os-riscos-das-misturinhas-de-produtos-de-limpeza.ghtml>

Anvisa alerta sobre intoxicações por mistura de produtos de limpeza

Os produtos de limpeza devem ser utilizados de acordo com as instruções do fabricante (Rocha, 2023).

Fonte :

<https://www.cnnbrasil.com.br/saude/anvisa-alerta-sobre-intoxicacoes-por-mistura-de-produtos-de-limpeza/>

Riscos na mistura de produtos de limpeza

A mistura de produtos saneantes podem causar reações químicas que levam a formação de substâncias tóxicas (Comissão Técnica de Saneantes, 2022).

Fonte: <https://crqsp.org.br/riscos-na-mistura-de-produtos-de-limpeza/>

Durante a pesquisa, vocês devem buscar as seguintes informações:

- Quais os riscos causados à saúde pelas misturas de produtos químicos?
- Quais compostos podem ser produzidos ao misturar esses produtos?
- Como essas substâncias interagem em meio aquoso?
- Qual a importância de ler as informações apresentadas nos rótulos das embalagens dos produtos de limpeza?
- As substâncias listadas nos rótulos dos produtos de limpeza possuem propriedades de pH ácido, básico ou neutro? Qual a importância de conhecer o pH dessas substâncias ao fazer misturas de produtos químicos?

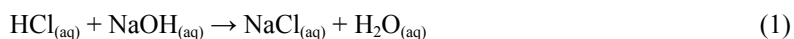
APÊNDICE E - SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

RISCOS DA MISTURA DE PRODUTOS DE LIMPEZA: COMPREENDENDO A TEORIA DE ARRHENIUS E OS PERIGOS DA REAÇÃO ÁCIDO-BASE

A mistura de produtos de limpeza pode resultar em reações químicas perigosas, devido a presença de substâncias ácidas e básicas nesses produtos. Essas reações podem causar intoxicação, mal estar e até levar à óbito, devido a liberação de gases e outras substâncias tóxicas que são prejudiciais à saúde (Comissão Técnica de Saneantes, 2022). Além dos riscos causados à saúde pela mistura de produtos de limpeza, essas misturas também podem se tornar ineficazes para a limpeza, devido a neutralização dessas substâncias (Ribeiro, 2023). Para compreender como algumas dessas substâncias interagem em meio aquoso, é importante considerar o comportamento ácido-base dessas substâncias químicas.

De acordo com Arrhenius, um ácido é uma substância que libera íons hidrogênio (H^+) quando dissolvida em água, enquanto uma base é uma substância que libera íons hidroxila (OH^-) quando dissolvida em água. Logo, a reação de neutralização acontece entre um ácido e uma base, produzindo sal e água, se considerarmos um ácido e uma base forte, de acordo com a teoria de Arrhenius (Atkins *et al.*, 2018).

Como exemplo, consideremos o ácido clorídrico, HCl (encontrado em limpadores de banheiro) e o hidróxido de sódio, $NaOH$ (soda cáustica), um ácido e uma base de Arrhenius, respectivamente. Quando o ácido clorídrico é dissolvido em água, libera íons H^+ , enquanto o hidróxido de sódio, a base, libera íons OH^- . A mistura dessas duas substâncias resulta em uma reação de neutralização, como ilustrado na seguinte equação química:



Nesse caso, os íons H^+ do ácido clorídrico reagem com os íons OH^- do hidróxido de sódio, formando o sal cloreto de sódio ($NaCl$) e água. No entanto, em concentrações elevadas e na presença de excesso de ácido clorídrico, parte do cloro formado pode reagir com a água para produzir ácido hipocloroso ($HClO$). Essa reação gera gás cloro, que é tóxico e extremamente irritante para os olhos, pele e vias respiratórias. As equações químicas abaixo ilustram essas transformações:



Além dessa combinação específica, outras misturas de produtos de limpeza podem representar riscos à saúde, como a mistura de água sanitária, que é alcalina devido ao seu pH elevado, com uma substância ácida, como o vinagre. No entanto, para explicar essas misturas e os perigos associados, outras teorias e fenômenos químicos precisam ser considerados.

ATENÇÃO: Embora a teoria de Arrhenius seja fundamental para entender o comportamento ácido-base de muitas substâncias em solução aquosa, é importante notar suas limitações. Esta teoria se concentra exclusivamente na dissociação de ácidos e bases em água, deixando de lado outras substâncias e solventes. Como resultado, ela não é capaz de explicar completamente o comportamento ácido-base de todas as substâncias químicas presentes em produtos de limpeza. Outras teorias, como a Teoria de Brønsted-Lowry e a Teoria de Lewis, foram desenvolvidas para abordar essas lacunas e fornecer uma compreensão mais abrangente das interações entre ácidos, bases e solventes em diferentes condições.

Referências:

ATKINS, Peter; LAVERMAN, Leroy; JONES, Loretta. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. Porto Alegre: Bookman, 2018.

DE QUÍMICA- IV REGIÃO, Conselho Regional. Riscos na mistura de produtos de limpeza - CRQ. Disponível em: <https://crqsp.org.br/riscos-na-mistura-de-produtos-de-limpeza/>. Acesso em: 7 maio 2024.

RIBEIRO, Laís. Os riscos das 'misturinhas' de produtos de limpeza. g1 globo, 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/guia/guia-de-compras/os-riscos-das-misturinhas-de-produtos-de-limpeza.ghtml>. Acesso em: 16 de maio de 2024.

APÊNDICE F - ATIVIDADES MOBILIZADORAS

Estudantes: _____

Escola: _____

Data: _____ Série: _____ Turno: _____

Pesquisadora: Paula Franciely Torres de Barros

Atividade 4 - Atividades mobilizadoras

Atividade prática: Investigando os produtos utilizados para limpezas domésticas

Vamos utilizar:

- 6 béqueres
- bastão de vidro
- pipeta de pasteur
- funil
- extrato de repolho roxo
- papel indicador universal
- água destilada
- água sanitária
- diabo verde
- sapólio
- detergente
- vinagre
- bicarbonato de sódio

O que vamos fazer:

- Preparar soluções dos produtos nos béqueres, exceto do vinagre.
- Identificar os béqueres com seus respectivos produtos.
- Adicionar a solução de repolho até metade do béquer.
- Observar e anotar a mudança de cor do indicador ao entrar em contato com os produtos.
- Identificar e anotar se as substâncias químicas dos produtos são ácidas ou básicas.
- Verificar o pH de cada produto com o papel indicador universal e anotar.

Preencha o quadro 1 abaixo, indicando a mudança de cor do indicador, o pH do produto e a substância química associada a essa mudança de cor e ao pH de cada produto.

Produtos	Mudança de cor	pH	Substância Química
Água Sanitária			
Vinagre			
Bicarbonato de sódio			
Diabo verde			
Sapólio			
Detergente			

APÊNDICE G - TEXTO 1 DAS ATIVIDADES MOBILIZADORAS

pH DOS PRODUTOS DE LIMPEZA

O pH, ou potencial hidrogeniônico, é uma medida utilizada para determinar a concentração de íons hidrogênio (H^+) em uma solução, indicando sua acidez ou basicidade. Essa medida é expressa em escala logarítmica que varia de 0 a 14, sendo uma solução com pH 7 considerada neutra, enquanto valores abaixo de 7 indicam acidez e valores acima de 7 indicam basicidade (Atkins *et al.*, 2018). O controle do pH é fundamental em diversas áreas, incluindo a indústria de produtos de limpeza.

Consequentemente, é de grande importância conhecer o pH dos produtos de limpeza, pois eles são formulados com diferentes pH, para otimizar sua eficácia na remoção de sujeira, desinfecção e proteção das superfícies. Por exemplo:

Detergentes Neutros (pH ~7): Idealizados para uso geral, são suaves e seguros para a maioria das superfícies e tecidos. Exemplo: Sabão neutro.

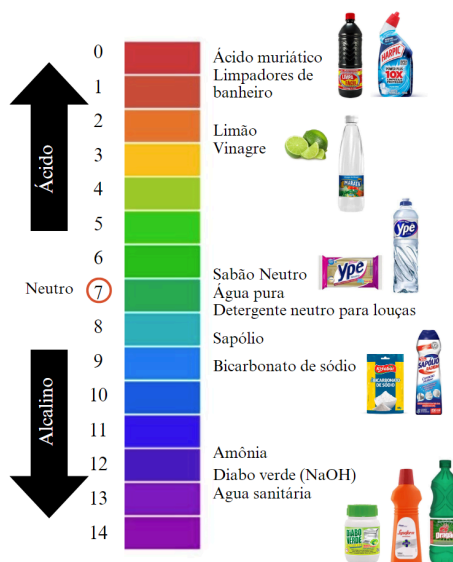
Produtos Ácidos (pH < 7): Utilizados principalmente para remover depósitos minerais, ferrugem e resíduos de cimento. Exemplos incluem limpadores de banheiro e desincrustantes. Exemplo: Ácido acético (vinagre), Ácido cítrico, Ácido muriático (HCl).

Produtos Alcalinos (pH > 7): Excelentes para desengorduramento e remoção de sujeiras pesadas, como gorduras e óleos. São frequentemente utilizados em limpadores de forno, detergentes de cozinha e alvejantes. Componentes alcalinos comuns incluem o hidróxido de sódio (soda cáustica) e o amoníaco. Exemplos: bicarbonato de sódio, água sanitária.

A figura abaixo, mostra a escala de pH para alguns produtos de limpeza:

Figura 1: Escala de pH dos produtos de limpeza

ESCALA DE PH DOS PRODUTOS DE LIMPEZA



Fonte: elaboração própria, 2024.

Segundo a Biosan (empresa que desenvolve produtos e serviços de limpeza e higiene industrial), produtos ácidos e alcalinos devem ser manuseados conforme as instruções do fabricante. Devido ao alto ou baixo pH desses produtos, o uso de luvas pode ser recomendado e os produtos devem ser manuseados em um ambiente com ventilação adequada, pois eles podem liberar substâncias tóxicas. Desse modo, para identificar se um produto é ácido, básico (alcalino) ou neutro, e usá-lo de acordo com o tipo de sujeira, é possível empregar substâncias indicadoras que mudam de cor conforme o pH do produto.

APÊNDICE H - TEXTO 2 DAS ATIVIDADES MOBILIZADORAS

INDICADORES ÁCIDO-BASE

Os indicadores são substâncias que mudam de cor de acordo com o pH da solução que estão inseridos. Dessa forma, permitem a identificação visual do nível de acidez ou basicidade de uma solução e podem ser classificados como sintéticos ou naturais, existindo na forma de solução ou papel (Terci; Rossi, 2002). Os indicadores sintéticos mais conhecidos são a fenolftaleína e o azul de bromotimol, enquanto os naturais incluem o extrato de repolho roxo e o chá de hibisco. Além disso, os indicadores podem existir sob a forma líquida, que é adicionada diretamente à solução testada, ou em papel, como é o caso do papel indicador universal, que são tiras que mudam de cor ao serem imersas na solução.

Sob essa perspectiva, os indicadores podem ser utilizados para identificar o pH dos produtos de limpeza, ajudando os usuários a determinar se esses produtos são ácidos, alcalinos ou neutros. O extrato de repolho roxo, rico em antocianinas, pode ser utilizado como alternativa de indicador natural para medir o pH desses produtos, devido ao seu baixo custo e fácil preparação. Para preparar o indicador, folhas de repolho roxo são cortadas em pedaços pequenos e imersas em uma panela com água. Quando a água atinge a temperatura de ebulição, desliga-se o fogo e espera-se esfriar. Após o resfriamento, a solução é filtrada para remover os pedaços de repolho e transferida para um recipiente, ficando de repouso durante 2 ou 3 dias para então ser utilizada (Rezende *et al.*, 2023).

A solução de extrato de repolho roxo pode então ser adicionada a diferentes produtos de limpeza cujos pHs desejamos determinar. Dependendo do pH da solução, a cor do extrato de repolho roxo mudará. Em meio ácido, como o vinagre, a solução pode adquirir tonalidades avermelhadas ou rosadas, enquanto em meio básico, como quando adicionado à água sanitária pode apresentar tonalidades azuladas ou verdes. Essa mudança de cor ocorre devido às propriedades dos pigmentos presentes no repolho roxo, que reagem de forma diferente dependendo do pH do meio.

Nesse viés, compreender o pH e utilizar indicadores como o extrato de repolho roxo para identificar substâncias ácidas e básicas é importante não apenas para garantir a eficácia dos produtos de limpeza, mas também para assegurar a segurança durante seu uso. Dessa forma, evitar misturas de produtos ácidos e básicos é crucial, pois tais combinações podem resultar em reações químicas perigosas, a liberação de calor ou a formação de substâncias tóxicas. Além disso, produtos com pH muito alto ou muito baixo, se não utilizados adequadamente, podem causar riscos significativos à saúde, incluindo irritações e queimaduras, e também danificar a superfície onde estão sendo aplicados.

Referências:

- ATKINS, Peter; LAVERMAN, Leroy; JONES, Loretta. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- A importância dos níveis de pH na limpeza comercial e industrial. Biosan. Disponível em: <https://biosan.net.br/a-importancia-dos-niveis-de-ph-na-limpeza-comercial-e-industrial/>. Acesso em: 19 de maio de 2024.
- TERCI, Daniela Brotto Lopes; ROSSI, Adriana Vitorino. Indicadores naturais de ph: usar papel ou solução?. Química Nova, v. 25, p. 684-688, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/TnTMMbLD9gbm8CHGGs9PBGx/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2024.
- SILVA, Glacy Geysa da; SILVA, Alisson Plácido da; https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2023/TRABALHO_COMPLETO_EV185_MD4_ID18693_TB4845_20112023181949.pdf
- REZENDE, Ana A N; SIQUEIRA, Crediana C; RIBEIRO, Davi V; MUNIZ, Letícia. A.; OPENHEIMER, Marcela; ROZENTALSKI, Evandro F. Uma proposta investigativa para a identificação de ácidos e bases no cotidiano. Química Nova na Escola, São Paulo. v. XX, N° YY, p. 1-5, 2023. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/EEQ-16-23.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2024.

