



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA**

**ANDRÉA LEÃO DE LIMA ARRUDA**

**EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DA QUÍMICA: UM  
ESTUDO SOBRE ÁCIDOS E BASES**

**Recife  
2022**

ANDRÉA LEÃO DE LIMA ARRUDA

**EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DA QUÍMICA: UM  
ESTUDO SOBRE ÁCIDOS E BASES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Licenciatura Plena em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado Pleno em Química.

**Orientadora:** Profa. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral.

**Recife  
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A779e Arruda, Andréa Leão de Lima  
Experimentação problematizadora no ensino da química: um estudo sobre ácidos e bases / Andréa Leão de Lima Arruda. - 2022.  
64 f. : il.
- Orientadora: Edenia Maria Ribeiro do Amaral.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química, Recife, 2022.
1. Experimentação problematizadora. 2. Ácidos e bases. 3. Indicador de repolho roxo. 4. Ensino médio.  
I. Amaral, Edenia Maria Ribeiro do, orient. II. Título

ANDRÉA LEÃO DE LIMA ARRUDA

EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DA QUÍMICA: UM  
ESTUDO SOBRE ÁCIDOS E BASES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Licenciatura Plena em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado Pleno em Química.

Área de concentração: Ensino de Química

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral (Orientadora)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

---

Profa. Dra. Maria Ângela Vasconcelos de Almeida  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Ao meu marido Jandyr Arruda Júnior, aos meus filhos Clarisse Arruda e Davi Arruda pelo apoio, companheirismo e amizade.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a trajetória percorrida, acumulando vitórias, conquistas e dificuldades, que me fizeram crescer e fortalecer.

Aos meus pais, Eliane Leão e Geraldo Cassimiro (*in memoriam*) pela paciência, apoio e confiança em todas as minhas escolhas, além do carinho e dos ensinamentos valiosos concebidos que me tornaram a pessoa que sou hoje.

Ao meu marido e amado Jandyr Arruda Júnior pelo amor concebido, paciência, companheirismo e incentivo em todas as horas. Aos nossos filhos amados que Deus nos presenteou, trazendo mais amor e alegria para nossa família, Clarisse Arruda e Davi Arruda.

A todos meus familiares, minha gratidão. Em especial, a minha sobrinha Maria Vitória Lima e a minha cunhada Denize Lopez pelo apoio, carinho e incentivo dispensado.

A minha querida e admirável professora e orientadora Edenia Amaral pelos preciosos ensinamentos, incentivo, apoio e amizade. Dispenso meus votos sinceros de gratidão e admiração.

Aos professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, parablenizooos pela dedicação e amor à educação. Em especial, desejo destacar meus queridos professores Cristiano Marcelino Júnior, Maria Ângela Almeida e Ângela Campos pelo apoio, incentivo e amizade.

A todos os amigos que prestaram apoio, incentivo e confiança. Em especial a Amanda Laysa e Margarete Silva, companheiras e pessoas admiráveis.

À Escola de Referência em Ensino Médio (EREM), situada em Recife, pelo acolhimento, apoio e confiança proporcionados durante o desenvolvimento do presente estudo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal, além dos ensinamentos e apoio dispensados.

Ao departamento de química da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelos momentos maravilhosos vivenciados durante o período de estudos no curso de Licenciatura Plena em Química. Grata pelos ensinamentos e por me fazerem acreditar numa Educação melhor.

À coordenação do curso de Licenciatura Plena em Química, e a todos os funcionários da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio e amizade.

*“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”*

*Martin Luther King Jr.*

## RESUMO

O presente estudo tem o objetivo de analisar uma proposta de experimentação problematizadora sobre ácidos e bases na sala de aula, com o intuito de promover processos de construção conceitual pelos estudantes. Para a discussão teórica tomamos por base discussões sobre: ensino da química, experimentação problematizadora no processo de ensino-aprendizagem, ácidos e bases. Na metodologia, foram aplicadas uma sequência didática organizada em 3 (três) momentos pedagógicos, sendo eles: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Entre outras, foi realizada uma atividade experimental problematizadora sobre ácidos e bases, utilizando o indicador de repolho roxo, pois contém uma substância chamada de antocianinas que apresentam uma coloração característica em meio ácido ou básico, permitindo a identificação dessa propriedade frente às substâncias analisadas. Esse estudo foi realizado em uma turma de 3º ano do ensino médio de uma Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) pertencente à rede estadual de ensino do estado de Pernambuco, situada no município de Recife. A abordagem da experimentação problematizadora sobre ácidos e bases, em sala de aula, contribuiu para a construção do processo de ensino-aprendizagem, partindo das concepções alternativas dos alunos sobre a temática até a compreensão do conceito científico envolvido.

**Palavras-Chave:** Experimentação problematizadora. Ácidos e bases. Indicador de repolho roxo. Ensino médio.



## ABSTRACT

This work aims to analyze a problematizing experimentation proposal on acids and bases applied in a chemistry classroom, searching for promoting conceptual construction by students. For the theoretical discussion, we based discussions on: chemistry teaching, problematizing experimentation in the teaching-learning process, acids and bases. In the methodology, a didactic sequence was organized throughout 3 (three) pedagogical moments, namely: initial problematization, organization of knowledge and application of knowledge. Among others, an experimental problem-solving activity was carried out on acids and bases, using a red cabbage indicator, as it contains a substance called anthocyanins that present a characteristic color in specific acid or basic environment, allowing the identification of this property in relation to the analyzed substances. This study was carried out in a class of the 3rd year of a public High School, a reference school in education of the state of Pernambuco, located in Recife city. The approach of problematizing experimentation on acids and bases, in the classroom, contributed to the teaching-learning process, starting from the rising of the students' alternative conceptions on the concepts until the understanding of the scientific concept involved.

**Keywords:** Problematizing experimentation. Acids and bases. Red cabbage indicator. High school.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Níveis do conhecimento químico.....	15
<b>Figura 2</b> – Complementaridade entre os momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo.....	22
<b>Figura 3</b> – Estruturas das antocianinas e os diferentes substituintes R1, R2 e R3.....	27
<b>Figura 4</b> - Estruturas químicas das antocianinas nas diferentes faixas de pH e a reação de formação de Chalcona em meio ácido e básico.....	28
<b>Figura 5</b> – Questionário 1 sobre ácidos e bases.....	33
<b>Figura 6</b> – Reagentes utilizados no experimento.....	33
<b>Figura 7</b> – Slide com o procedimento experimental.....	34
<b>Figura 8</b> – Ficha 1 para anotações das observações dos alunos durante o experimento.....	34
<b>Figura 9</b> - Questionário 2 sobre o experimento com indicador ácido-base de repolho roxo.....	36
<b>Figura 10</b> - Questionário 3 (em grupo) sobre a chuva ácida.....	40
<b>Figura 11</b> – Os grupos realizando o experimento.....	47
<b>Figura 12</b> - slide sobre indicadores ácido-base.....	48
<b>Figura 13</b> – Escala padrão de cores do indicador de repolho roxo.....	50
<b>Figura 14</b> – Escala de pH das amostras dos alunos.....	50
<b>Figura 15</b> – Painel da escala de pH do indicador de repolho roxo.....	53
<b>Figura 16</b> – Alguns slides utilizados na aula expositiva.....	54
<b>Figura 17</b> – Um dos slides utilizado na aula sobre chuva ácida.....	57

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Sequência didática da experimentação problematizadora.....	31
<b>Tabela 2</b> – Amostragem de respostas dos alunos referente ao Questionário 1....	43
<b>Tabela 3</b> – Comparação dos resultados de pH obtidos entre Tarnowski e os alunos.....	51
<b>Tabela 4</b> – Amostragem de respostas dos alunos referente ao Questionário 2....	55
<b>Tabela 5</b> – Respostas dos grupos em relação ao Questionário 3.....	58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	ENSINO DA QUÍMICA.....	14
2.2	EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM.....	16
2.3	ÁCIDOS E BASES.....	24
<b>2.3.1</b>	<b>Indicadores ácido-base.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Ácidos e bases no ensino da química.....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
3.1	MOMENTO PEDAGÓGICO 1 (MP 1) – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.	32
3.2	MOMENTO PEDAGÓGICO 2 (MP 2) – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	35
3.3	MOMENTO PEDAGÓGICO 3 (MP 3) – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
4.1	MOMENTO PEDAGÓGICO 1 (MP 1) – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.	41
4.2	MOMENTO PEDAGÓGICO 2 (MP 2) – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	52
4.3	MOMENTO PEDAGÓGICO 3 (MP 3) – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	56
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No ensino da química, percebe-se que os alunos, muitas vezes, não conseguem aprender, não são capazes de associar o conteúdo estudado com seu cotidiano, tornando-se desinteressados pelo tema. Isto indica que este ensino está sendo feito de forma descontextualizada e não interdisciplinar (NUNES; ADORNI, 2010). O estudo da química na educação básica, muitas vezes, é considerado complexo e denso pelos educandos. Possivelmente essa percepção seja consequência da metodologia aplicada em sala de aula. Além disso, existem visões deformadas sobre a ciência, dificultando o entendimento principal da proposta do processo de ensino-aprendizagem de química (SILVA; FARIAS FILHO; ALVES, 2020).

O ensino da Ciência requer o desenvolvimento de atividades investigativas, uma vez que propicia a reflexão e a formação atitudinal do sujeito. Em uma perspectiva histórica, o conhecimento científico é formado, preferencialmente, a partir de uma abordagem experimental, tecida em uma atividade de caráter investigativa (GIORDAN, 1999). A Ciência é objetiva, não leva em consideração opiniões e especulações pessoais. Portanto, o conhecimento científico é um conhecimento confiável e provado objetivamente (CHALMERS, 1993). A importância da realização de experimentos para o processo de assimilação do conhecimento no ensino de Ciências promove o envolvimento e interesse dos alunos, motivando-os à realização das atividades experimentais propostas em sala de aula.

A realização de experimentos em sala de aula desperta o interesse do aluno, tornando a aula mais interessante. A atividade experimental constitui um dos aspectos-chave do processo de ensino-aprendizagem de ciências, segundo Carrascosa et al. (2006, p. 159). A experimentação vai muito além de uma demonstração ou uma representação fenomenológica, pode ser explorada de maneira que estimule a reflexão e o senso crítico dos alunos, fazendo-os identificar aspectos cruciais da atividade experimental.

A experimentação investigativa, por sua vez, é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a discussão, a reflexão, as ponderações e as explicações, de forma que o aluno compreenda não só os conceitos, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência (FRANCISCO JR.; FERREIRA; HARTWIG, 2008, p. 34). Este formato de

atividade permite a participação dos alunos em quase todas as etapas, exigindo um envolvimento cognitivo que não se restringe à simples observação e anotação do observado. Os alunos são convidados a analisar os dados, o que envolve o reconhecimento das variáveis relevantes no processo, aplicando seus conhecimentos e reconhecendo o processo estudado fazendo a relação do mesmo em outros sistemas, construindo a interdisciplinaridade. (SOUZA; AKAHOSHI, 2013, p. 17).

Paulo Freire, em oposição à educação bancária, defende a educação problematizadora, pois acredita que sob essa perspectiva de aprendizagem favorece o compartilhamento de conhecimentos entre o educador e o educando (FREIRE, 2017). De acordo com Freire (2017, p. 96) o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa. A educação bancária, segundo Freire (2017, p. 80), é o ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador, o depositante. Nessa concepção de educação, não há espaço para a reflexão, curiosidade, criatividade e olhar crítico dos alunos.

Francisco Jr.; Ferreira; Hartwig (2008, p. 35) adverte que: transpor as ideias de Freire à educação formal é problemático, visto que a teoria freiriana foi desenvolvida, basicamente, a partir da educação informal. Delizoicov (1991) ao realizar a transposição das ideias de Paulo Freire para o espaço da educação formal, constituiu os três momentos pedagógicos: (I) Problematização inicial; (II) Organização do conhecimento; e (III) Aplicação do conhecimento.

O presente estudo abordará esses três momentos pedagógicos, durante as aulas de química, em uma turma de 3º ano do ensino médio de uma Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) pertencente à rede estadual de ensino do estado de Pernambuco, situada no município de Recife. Com o cenário pandêmico do coronavírus que assolou o mundo, trouxe impactos negativos no processo de ensino-aprendizagem dos alunos da escola em estudo. Recursos tecnológicos escassos, rotatividade de professores, rede de internet com oscilações, foram um dos desafios enfrentados pela escola. Com o retorno às aulas presenciais, foi observada dificuldade dos discentes na aprendizagem da disciplina de química.

Diante desse contexto escolar, foi utilizada uma estratégia metodológica de experimentação problematizadora sobre ácidos e bases, estimulando a curiosidade, a reflexão, e o senso crítico dos estudantes. O estudo permitiu o acompanhamento

do processo de construção conceitual dos alunos sobre o conteúdo ácidos e bases no ensino da Química.

Com base na discussão acima, foram estabelecidos os objetivos deste trabalho.

### Objetivo geral

Analisar uma proposta de experimentação problematizadora sobre ácidos e bases na sala de aula, com o intuito de promover processos de construção conceitual pelos estudantes.

### Objetivos específicos

- Propor atividade experimental sobre ácidos e bases em uma turma do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual pública de referência, a partir da abordagem dos três momentos pedagógicos, propostos por Delizoicov (1991);
- Analisar processos de construção conceitual sobre ácidos e bases vivenciados pelos estudantes engajados na atividade experimental proposta.

Para alcançar os objetivos propostos, no Capítulo 2 foi realizada uma discussão sobre: o ensino da química, a experimentação problematizadora no processo de ensino-aprendizagem e uma síntese sobre os conceitos ácidos e bases. No capítulo 3, a metodologia foi dividida em três momentos pedagógicos: Momento pedagógico 1 (MP 1) – problematização inicial; Momento pedagógico 2 (MP 2) – Organização do conhecimento e Momento pedagógico 3 (MP 3) – Aplicação do conhecimento. No capítulo 4, a apresentação dos resultados e discussão sobre os três momentos pedagógicos: Momento pedagógico 1 (MP 1) – problematização inicial; Momento pedagógico 2 (MP 2) – Organização do conhecimento e Momento pedagógico 3 (MP 3) – Aplicação do conhecimento. No capítulo 5, a apresentação das considerações finais do estudo proposto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, inicialmente será discutido o ensino da química, seus desafios para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos no ensino básico. Em seguida, serão mostrados estudos sobre a experimentação problematizadora no processo de ensino-aprendizagem. Por fim, será apresentada uma síntese sobre ácidos e bases, conceitos que fazem parte do conteúdo programático do currículo de Química no ensino médio e foram escolhidos para serem abordados neste trabalho.

### 2.1 ENSINO DA QUÍMICA

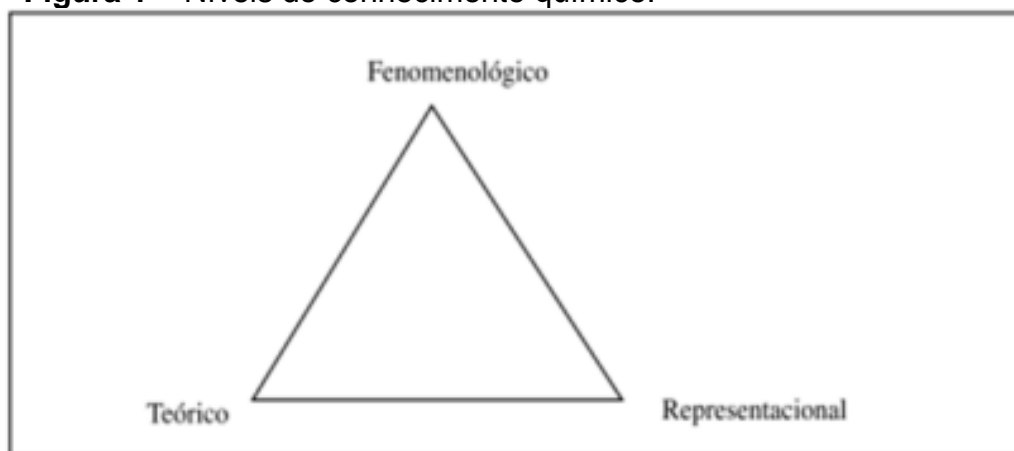
No ensino da química, percebe-se que os alunos, muitas vezes, apresentam dificuldades em aprender e associar o conteúdo estudado com seu cotidiano, tornando-se desinteressados pelo tema. Isto pode ser um indicativo de que este ensino está sendo realizado de forma descontextualizada (NUNES; ADORNI, 2010). O estudo da química na educação básica, muitas vezes, é considerado complexo e denso pelos educandos. Possivelmente, essa percepção seja consequência da metodologia aplicada em sala de aula. Além disso, existem visões deformadas sobre a ciência, dificultando o entendimento principal da proposta do processo de ensino-aprendizagem de química (SILVA; FARIAS FILHO; ALVES, 2020).

Na prática, grande parte das pessoas têm dificuldades em associar conhecimentos e procedimentos científicos com situações ocorridas no cotidiano. Desta forma, é de suma importância o comprometimento da educação básica em relação ao letramento científico da população, principalmente na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que engloba a sistematização do ensino entre as disciplinas de Física, Química e Biologia. Nessa perspectiva, os conhecimentos conceituais dessa área podem ser difundidos e articulados de maneira contextualizada, abrangendo aspectos sociais, culturais, ambientais e históricos (BRASIL, 2018). Portanto, faz-se necessário priorizar o processo de ensino-aprendizagem na educação de química de forma contextualizada, relacionando o ensino aos acontecimentos do cotidiano do aluno, para que percebam a importância socioeconômica da química, numa sociedade detentora de avanços tecnológicos (TREVISAN e MARTINS, 2006).



Na abordagem em sala de aula, a estrutura do conhecimento químico, proposta originalmente por Johnstone (1982), tem sido esquematizada por diversas tipologias, e uma parte delas acompanha um esquema constituído por três dimensões ou níveis de conhecimento, representado pela figura de um triângulo (SANTOS; MORTIMER, 2019, p. 68). Esses níveis de conhecimento químico, de acordo com a proposição de Mortimer, Machado e Romanelli (2000), são baseados em três aspectos distintos: fenomenológico, teórico e representacional (Figura 1).

**Figura 1** – Níveis do conhecimento químico.



**Fonte:** Mortimer, Machado e Romanelli (2000, p. 277).

O aspecto fenomenológico diz respeito aos fenômenos de interesse da química, sejam aqueles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, sejam aqueles a que temos acesso apenas indiretamente, como as interações radiação-matéria que não provocam um efeito visível, mas que podem ser detectadas na espectroscopia. Os fenômenos da química também não se limitam àqueles que podem ser reproduzidos em laboratório. [...]. O aspecto teórico relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente perceptíveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons etc. Os conteúdos químicos de natureza simbólica estão agrupados no aspecto representacional, que compreende informações inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas. (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000, p. 276-277)

Verifica-se que as dificuldades na aprendizagem de química têm relação com o escasso conhecimento da natureza dessa ciência, resultando em barreiras para a realização das interrelações entre os níveis fenomenológico, teórico e representacional. Os educadores também apresentam dificuldades no ensino quando percorrem os diferentes níveis de conhecimento (SANTOS; MORTIMER, 2019). Vale ressaltar que todos os níveis de conhecimento têm sua importância e

estão interrelacionados para a aprendizagem de química. Porém, observa-se que a maioria dos currículos tradicionais e dos livros didáticos, enfatizam o aspecto representacional, permitindo que o aluno, diante da ausência dos fenômenos em sala de aula, tenha um referencial da realidade baseado nas fórmulas das substâncias, nas equações químicas e nos modelos para a matéria. Desta forma, a construção de conhecimento de química resulta na dialética entre teoria e experimento, pensamento e realidade (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

Qualquer que seja a concepção metodológica a ser seguida, os saberes desenvolvidos no ensino de Química devem ser fundamentados em estratégias que estimulem a curiosidade e a criatividade dos estudantes, despertando sua sensibilidade para a inventividade e compreendendo que esta ciência e seus conhecimentos permeiam a sua vida, estando presentes nos fenômenos mais simples do seu cotidiano (ASTOLFI, 1995, p. 99).

Neste trabalho, foi investigada uma proposta de ensino que está fortemente pautada na dimensão fenomenológica do conhecimento químico, uma vez que foram desenvolvidas atividades experimentais. Porém, os níveis de conhecimento teórico e representacional estão presentes na sequência didática do estudo proposto.

## 2.2 EXPERIMENTAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Segundo Giordan (1999), a experimentação apresenta um papel relevante no processo de assimilação do conhecimento. O autor faz um resgate histórico sobre o tema e aponta que Aristóteles, filósofo da Grécia Antiga, defendia essa ideia há cerca de 2300 anos, bem como buscava explicações sobre os fenômenos existentes na natureza. O filósofo acreditava que o princípio do intelecto estava relacionado com os sentidos ou as sensações (*aisthesis*). A memorização desses dados provindos do mundo sensorial, surge a experiência ou o conhecimento sensível, ou seja, o contato direto com o objeto, sendo imediato e concreto, permitindo o conhecimento do individual. A partir disso, a próxima etapa é a técnica ou “o porquê das coisas”, permitindo o conhecimento dos meios para se chegar aos resultados. A técnica não é mais considerada o conhecimento do individual, por finalizar uma ideia concreta, passando a fazer parte do conhecimento universal. A última etapa do

conhecimento é a *episteme* que significa ciência ou conhecimento, referindo-se ao conhecimento ou ciência real no sentido mais abstrato e genérico.

Na época aristotélica, já se reconhecia o caráter particular da experiência, sua natureza factual como elemento imprescindível para se atingir um conhecimento universal. Ter a noção sem a experiência resgata, em certa medida, a temática de se discutir as causas sem se tomar contato com os fenômenos empíricos, o que significa ignorar o particular e correr o risco de formular explicações equivocadas. (GIORDAN, 1999, p. 43)

O pensamento Aristotélico foi expressamente difundido na Idade Média, entre os estudiosos empiristas, que buscavam o entendimento sobre os fenômenos da natureza. O empirismo é embasado no pensamento de que a formação da estrutura cognitiva do indivíduo depende da experiência prática vivenciada por ele, e quanto mais intensa e vasta essa vivência, mais amplo, sólido e aprofundado será o seu conhecimento.

Com a ruptura, em meados do século XVII, entre as concepções científicas e religiosas, a experimentação é priorizada na proposição de uma metodologia científica, embasada pela racionalização de procedimentos, apresentando formas de pensamento como a indução e a dedução (GIORDAN, 1999). De acordo com a proposta indutivista, as leis e teorias surgem a partir da obtenção rigorosa dos dados da experiência, adquiridos através da observação e experimento. O cientista e filósofo empirista, Francis Bacon, menciona a seguinte fundamentação sobre a ciência indutivista:

Só há e só pode haver duas vias para a investigação e para a descoberta da verdade. Uma que consiste em saltar das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais e, a seguir, em se descobrirem os axiomas intermediários a partir desses princípios e de sua inamovível verdade. E outra, que recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade. Esse é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado. (BACON, 1989, p. 16.)

A partir das leis e teorias universais disponíveis, é possível derivar várias consequências que servem como explicações e previsões. O tipo de raciocínio envolvido nessas derivações é chamado de raciocínio dedutivo, ou seja, a informação da conclusão já está contida nas premissas. A dedução está relacionada com a derivação de afirmações de outras afirmações dadas (CHALMERS, 1993). René Descartes, foi um filósofo, físico e matemático francês, que buscou um novo

sentido à metodologia científica. Ele considerava que o processo dedutivo era impulsionado à medida que o caminho realizado entre o enunciado geral e o evento particular fosse ocupado por eventos experimentais. As críticas aos pensamentos aristotélicos surgidas no século XVII, são complementadas por Galileu, que atribui à experimentação um papel central no fazer ciência (GIORDAN, 1999).

Em meados do século XIX, surge uma corrente filosófica na França, chamada de positivismo. Ela defende a ideia de que o conhecimento científico seria a única forma de conhecimento verdadeiro. As ideias positivistas influenciaram fortemente as práticas pedagógicas na área de ensino de ciências, sustentadas pela aplicação do método científico. Na década de 60, essas ideias foram reavaliadas e o desenvolvimento cognitivo do indivíduo passou a ser considerado o parâmetro essencial para processo de aprendizagem do conhecimento (GIORDAN, 1999).

O ensino da Ciência requer o desenvolvimento de atividades investigativas, uma vez que propicia a reflexão e a formação atitudinal do sujeito. O conhecimento científico é formado, preferencialmente, a partir de uma abordagem experimental, tecida em uma atividade de caráter investigativa (GIORDAN, 1999). Em uma perspectiva histórica, a Ciência é objetiva, não leva em consideração opiniões e especulações pessoais. Portanto, o conhecimento científico é um conhecimento confiável e provado objetivamente (CHALMERS, 1993). A importância da realização de experimentos para o processo de assimilação do conhecimento no ensino de Ciências promove o envolvimento e interesse dos alunos, motivando-os à realização das atividades experimentais propostas em sala de aula.

Nas aulas de Ciências/Química, a prática didática baseada em problemas pode ser considerada como recurso importante para o desenvolvimento de atividades investigativas, como, por exemplo, “Ensino por Investigação”, “Situações de Estudo”, “Estudo de Casos”, “Três Momentos Pedagógicos”, entre outros (MORI e CUNHA, 2020, p. 176). Nesse trabalho, optou-se pelo desenvolvimento de atividades investigativas como os “Três Momentos Pedagógicos”, a partir da abordagem proposta por Delizoicov (1991). A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) menciona que:

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a

criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. (BRASIL, 2018 p. 551)

Segundo Delizoicov (2005), surge um novo conhecimento para o educando quando a problematização é realizada a partir da escolha e da elaboração adequada do problema. Mori e Cunha (2019, p. 176) compreendem como “problematização” todo o processo de discussão que é gerado quando um problema é proposto em atividade pedagógica e que leve o estudante à construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa.

Uma maneira de se trabalhar a aprendizagem baseada em problemas é por meio da experimentação, pois a experimentação baseada em problemas é uma forma de levar o aluno a pensar sobre o que está sendo proposto para formular suas próprias respostas, ou seja, ele deixa de ser apenas um observador das aulas expositivas para interagir no processo de ensino-aprendizagem, argumentando, pensando, agindo, questionando, em resumo ele faz parte da elaboração do seu próprio conhecimento, assim desenvolve habilidades referentes ao processo de construção de conhecimento (AZEVEDO, 2004, p. 25).

Segundo Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) através do planejamento de experimentos que fortaleçam a relação entre a motivação e a aprendizagem, os alunos, possivelmente, tornam-se mais envolvidos nas atividades propostas, contribuindo no processo de construção conceitual. Uma prática laboratorial investigativa não se resume a uma receita simplista, exclusivamente experimental, pois envolvem vários outros aspectos importantes no desenvolvimento de atividades científicas (GIL-PEREZ; VALDÉS CASTRO, 1996).

Apesar de alguns professores terem ciência da contribuição para o processo de ensino-aprendizagem através do desenvolvimento de atividades experimentais com os alunos, o objetivo principal, frequentemente, culmina em aspectos superficiais como o conhecimento das técnicas de uso instrumental e motivacional, não abordando aspectos relevantes como a elaboração de uma hipótese, coleta e análise dos dados, reflexão dos resultados sobre o aporte teórico e as hipóteses enunciadas (SUART; MARCONDES, 2008, p.2). O mesmo autor menciona a importância do alunato em entender e acompanhar todo o processo da atividade investigativa, ou seja:

[...] se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico (SUART; MARCONDES, 2008).

O professor, mais do que ensinar e compartilhar conhecimentos, é preciso problematizar e questionar os alunos sobre os assuntos abordados em sala de aula, com o intuito de apoiá-los e mediá-los na compreensão dos conceitos científicos escolares (SUART; MARCONDES, 2008). Durante a busca dos alunos pela resolução do problema, os mesmos fazem uso de seus conhecimentos prévios, além disso, fazem pesquisas que os ajudem a formular uma resposta baseada na situação que foi proposta, ou seja, há um estímulo através dos questionamentos para o desenvolvimento de um conhecimento efetivo (GOI; SANTOS, 2008). Problematização atrelada à realização de experimentos torna a aula mais articulada e atrativa, estimulando a curiosidade e o senso crítico do aluno, resultando uma aprendizagem mais significativa.

Francisco Jr.; Ferreira; Hartwig (2008, p. 35) adverte que: transpor as ideias de Freire à educação formal é problemático, visto que a teoria freiriana foi desenvolvida, basicamente, a partir da educação informal. Delizoicov (1991) ao realizar a transposição das ideias de Paulo Freire para o espaço da educação formal, constituiu os três momentos pedagógicos: (I) Problematização inicial, (II) Organização do conhecimento, (III) Aplicação do conhecimento.

### **(I) Problematização inicial**

São apresentadas aos estudantes questões e/ou situações para discussão. A finalidade é criar uma motivação para iniciar um conteúdo específico que tenha relação com situações que fazem parte da realidade dos educandos, ou seja, algo que eles conhecem e presenciam, algo de que, provavelmente, não possuem conhecimentos científicos suficientes para interpretar. A função do professor durante o momento da problematização inicial é diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre uma determinada situação, além disso, organizar a discussão, com o intuito de buscar questionamento das interpretações apresentadas por eles (DELIZOICOV, 1991). Segundo Delizoicov (2001), é recomendado para nesse

primeiro momento realizar a discussão em pequenos grupos, e em seguida ser compartilhada no grande grupo.

## **(II) Organização do conhecimento**

Os conhecimentos para a compreensão do tema e da problematização inicial são estudados sob orientação do professor. O conteúdo é desenvolvido com o objetivo de possibilitar ao estudante a compreensão da existência de outras visões e explicações para certos fenômenos da ciência que são problematizados, comparando esses conhecimentos com aqueles que ele já tinha, utilizando-os na interpretação e compreensão de fenômenos e situações científicas (DELIZOICOV, 1991). Na organização do conhecimento é de suma importância enfatizar o objetivo final que é a obtenção dos conhecimentos científicos:

A abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 194)

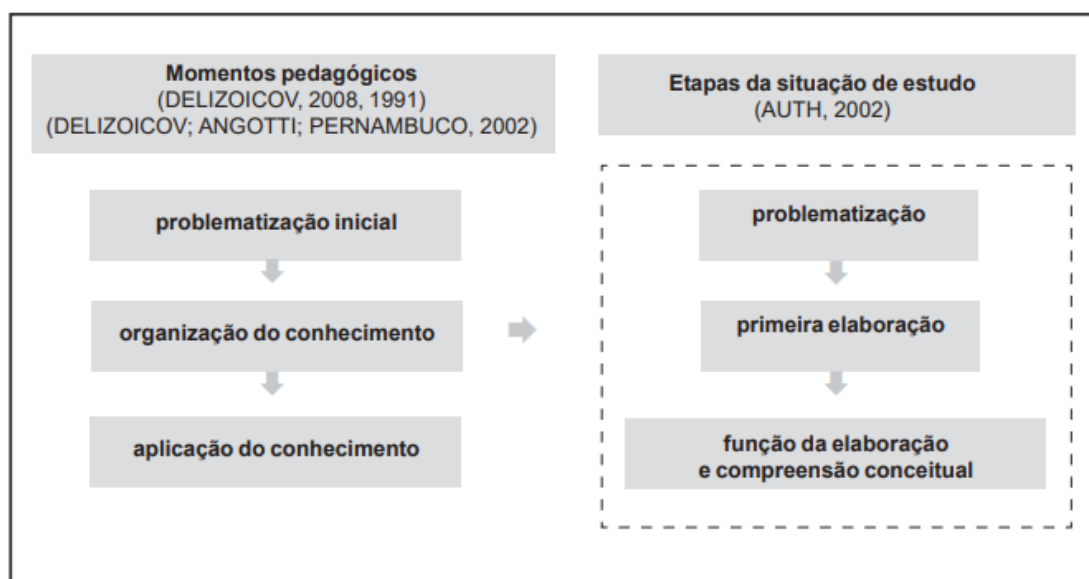
Portanto, a prática educativa deve ser desenvolvida segundo um modelo pedagógico que contribua para a cisão entre o conhecimento do aluno e o conhecimento sistematizado (DELIZOICOV, 1991). Para o autor, essa cisão mencionada anteriormente, não significa abandono de conhecimentos, mas sim a possibilidade de conviver com diferentes explicações para os fenômenos que constituem a vivência do educando. O estudante, ao se apropriar do conhecimento produzido pela Ciência, tem a possibilidade de transitar entre o conhecimento científico e o seu conhecimento prevalente (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 9). Essa migração entre um conhecimento e outro, pode ser exemplificado através dos níveis de conhecimento químico de acordo com a proposição de Mortimer, Machado e Romanelli (2000), que se baseiam em três aspectos distintos: fenomenológico, teórico e representacional.

### (III) Aplicação do conhecimento

O conhecimento é analisado e interpretado à luz das situações iniciais que determinaram seu estudo, relacionando com outras situações que não estejam diretamente ligadas com a discussão inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. O papel do professor nessa etapa consiste em realizar atividades que estimulem os estudantes a aplicarem seus conhecimentos científicos adquiridos na etapa anterior, organização do conhecimento, a fim de aprenderem a articular a conceituação científica com situações vivenciadas por eles no cotidiano (DELIZOICOV, 1991).

Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012) trazem uma proposta em sala de aula, chamada de situação de estudo, apresentando determinadas etapas encontradas nos três momentos pedagógicos. A situação de estudo é composta das seguintes etapas pedagógicas: problematização, primeira elaboração, função da elaboração e compreensão conceitual. Observa-se a complementaridade entre as propostas, pois há a significação conceitual na situação de estudo que potencializa a organização do conhecimento etapa presente nos três momentos pedagógicos (Figura 2).

**Figura 2** – Complementaridade entre os momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo.



**Fonte:** Gehlen (2009, p. 199).



A problematização, segundo Auth (2002), o aluno mostra o primeiro entendimento em relação a algum aspecto do tema que faça parte do seu cotidiano. O professor, por sua vez, discute algumas palavras que mostram outras possibilidades de se compreender a situação problemática. Essas palavras começam a ter algum sentido novo e podem vir a se tornar conceitos no decorrer do estudo. Vale ressaltar, que o processo de significação conceitual tem início nessa etapa. Esse processo da significação conceitual faz com que sua configuração seja conceitual, ou seja, seu objetivo é trazer à tona um problema que está presente na vivência dos estudantes, em que o seu equacionamento necessita de novas palavras representativas de conceitos, sendo este o primeiro passo da significação conceitual (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 7).

A segunda etapa, conforme Auth (2002), de primeira elaboração consiste na realização de atividades que envolvam textos de aprofundamento sobre as circunstâncias trabalhadas na primeira etapa. Os alunos terão o primeiro contato com conhecimentos científicos através da palavra representativa de um conceito, sob orientação do professor durante a realização das atividades. O estudante entra em contato com situações em que estão presentes elementos científicos introduzidos por meio da palavra; isso não significa que ele já tenha o entendimento necessário. Neste momento serão agregados os significados desejáveis e necessários à palavra que representa o conceito sistematizado, que foi introduzida na problematização (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 11).

De acordo com Auth (2002), a terceira etapa é função da elaboração e compreensão conceitual, está relacionada ao nível conceitual atribuído a cada ciclo de estudos, retomando o problema em foco, ocorrendo a sistematização do estudo. Nessa etapa, são trabalhadas com os alunos situações que possibilitam explicações com base em conhecimentos científicos, e em grande parte são utilizados textos científicos. Verifica-se que os alunos começam a identificar as palavras significativas presentes nos conceitos abordados, remetendo as mesmas vivenciadas nas etapas anteriores (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012).

Os momentos pedagógicos e a situação de estudo (Figura 2), ambos desafiam os alunos a expor suas ideias e compreensões a respeito do tema estudado. Além disso, possuem semelhanças na primeira etapa pedagógica, problematização inicial e problematização, em relação ao objeto de estudo que é o estabelecimento de um problema. A atuação do docente no momento de

problematização na situação de estudo, difere da problematização inicial em relação à significação conceitual, sendo essencial a introdução da palavra que remete um determinado conceito científico. Por outro lado, o objetivo da problematização inicial na abordagem temática freireana é a de preparar a introdução do conceito científico no momento seguinte, isto é, na organização do conhecimento (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p.7).

No momento de organização do conhecimento a abordagem de ensino dos conceitos científicos é mais aprofundada do que a abordagem vivenciada no momento de primeira elaboração da situação de estudo. Na organização do conhecimento são realizadas atividades que fornecem condições necessárias para que os alunos compreendam as situações postas na problematização inicial, e também nas situações trabalhadas no momento de aplicação do conhecimento (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012).

Com relação a etapa da função de elaboração e compreensão conceitual da situação de estudo, observam-se semelhanças em relação ao terceiro e último momento pedagógico que é a aplicação do conhecimento. Ambos retomam as questões iniciais, e além disso eles têm como proposta central a generalização da conceituação. Porém, para a situação de estudo, a generalização inicia-se na primeira etapa (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012).

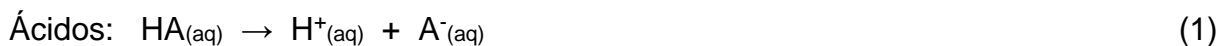
Neste trabalho, foi utilizada a abordagem dos três momentos pedagógicos, conforme Delizoicov (1991), em uma atividade experimental problematizadora sobre ácidos e bases, com o intuito de promover processos de construção conceitual dos alunos sobre o tema estudado. E a definição dos momentos pedagógicos abordou algumas considerações feitas por Gehlen e colaboradores (2012).

### 2.3 ÁCIDOS E BASES

A palavra “ácido” provém da expressão em latim “*acidus*” que significa azedo. A palavra “base” foi utilizada inicialmente pelo francês H. L. Duhamel du Moncea em 1736, porém, anterior a essa data era utilizada a expressão “álcali”, de origem árabe, fazendo menção às substâncias com características opostas às dos ácidos.

Em 1887, o químico sueco Svante Arrhenius propôs a teoria sobre ácidos e bases de Arrhenius, também conhecida como teoria da dissociação iônica ou da dissociação eletrolítica. De acordo com essa teoria, ácido é toda substância que, em

meio aquoso, ioniza-se liberando íons  $H^+$ ; enquanto que a base é toda substância que, em meio aquoso, dissocia-se liberando íons  $OH^-$ . De forma genérica, nas equações 1 e 2 são apresentadas a ionização e a dissociação de ácidos e bases, respectivamente.



Todavia, a teoria de Arrhenius era limitada, pois se referia apenas ao comportamento ácido-base das substâncias em meio aquoso. Mesmo assim, a teoria apresentou sua importância para o desenvolvimento de estudos posteriores sobre ácidos e bases. Arrhenius, consciente dessa limitação, ao receber o prêmio Nobel de química em 1903 pela teoria da dissociação eletrolítica, não enfatizou em seu discurso as definições sobre ácidos e bases propostas por ele mesmo na época (SOUZA; ARICÓ, 2017).

Posteriormente, em 1923, os químicos, Thomas Lowry, na Inglaterra, e Johannes Brønsted, na Dinamarca, buscavam compreender que o processo fundamental, responsável pelas propriedades de ácidos e bases, era a transferência de um próton (um íon hidrogênio) de uma substância para outra. Desta forma, surge a teoria de Brønsted-Lowry, também conhecida como a teoria protônica Brønsted-Lowry, definindo que um ácido é um doador de prótons e uma base é uma aceptora de prótons (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018). Por exemplo, quando o ácido clorídrico (HCl) é dissolvido em água, libera um íon hidrogênio ( $H^+$ ), e a solução resultante contém íons hidrônio ( $H_3O^+$ ) e íons cloreto ( $Cl^-$ ), conforme Equação 3.



Verifica-se que a água aceita os íons hidrogênio para formar os íons hidrônio, agindo como uma base de Brønsted (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018). Em 1923, no mesmo ano que foi criada a teoria protônica de Brønsted-Lowry, surgiu a teoria de Gilbert Newton Lewis, também conhecida como a teoria eletrônica de Lewis. A teoria de Lewis considera que o ácido (A) é toda espécie química capaz de receber um par de elétrons ( $:$ ) e que a base (B) é aquela capaz de doar um par de elétrons ( $:$ ). De maneira geral, a teoria de Lewis é representada na Equação 4.



Em 1938, Lewis retoma o tema ácido-base, detalhando os critérios fenomenológicos (ou macroscópicos) como:

- a reação entre um ácido e uma base, chamada reação de neutralização, é rápida;
- um ácido ou uma base pode deslocar de seus compostos um ácido ou uma base mais fraco(a);
- ácidos e bases podem ser titulados, utilizando indicadores;
- ácidos e bases são capazes de atuar como catalisadores.

Esses critérios, juntamente com a interpretação molecular (microscópica), torna a teoria de Lewis unificadora, mudando o contexto limitado sobre as definições ácido-base (CHAGAS, 1999).

### 2.3.1 Indicadores ácido-base

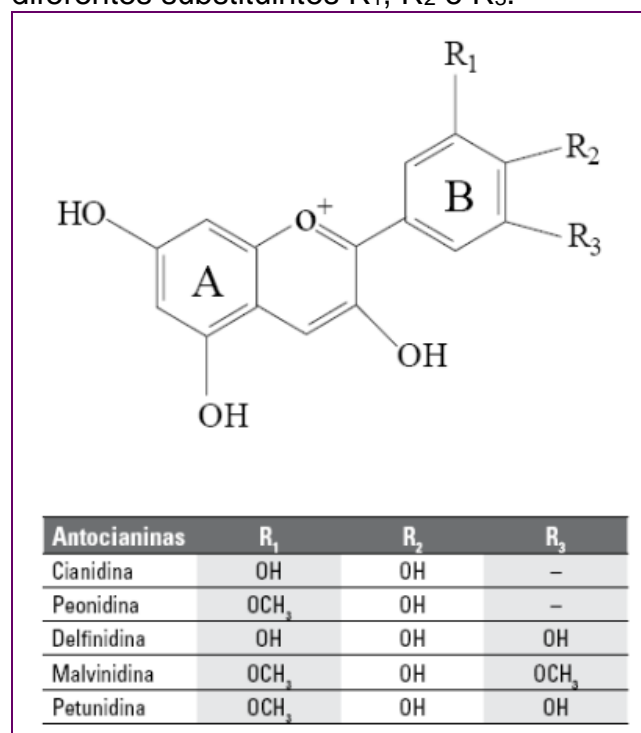
Em meados de 1657, o químico irlandês Robert Boyle observou que os ácidos promoviam a mudança de coloração de uma tintura vegetal azul em vermelha, sendo essa descoberta o ponto de partida para o estudo de indicadores ácido-base. Os indicadores são corantes dotados de propriedades halocrômicas, ou seja, possuem a capacidade de mudar de coloração em função do potencial hidrogeniônico (pH) do meio. Apenas no século XIX a técnica de identificação de pH foi cientificamente reconhecida após a formulação da teoria do químico Svante Arrhenius (TERCI; ROSSI, 2002).

No século XX, Willstätter e Robinson verificaram que a presença de antocianinas, pigmentos naturais, eram responsáveis pela coloração de várias flores e que seus extratos mudavam de cor com a alteração de acidez e basicidade do meio. Atualmente, têm-se ciência que as antocianinas conferem as colorações azul, violeta, vermelho e rosa de diversas flores e frutas (TERCI; ROSSI, 2002). Dentre eles, pode-se mencionar a beterraba, a jabuticaba, a uva, as amoras, as folhas vermelhas em geral, dentre outras (FOGAÇA, 2017).

A palavra antocianina é de origem grega (anthos, uma flor, e kyanos, azul escuro). Esse pigmento é solúvel em meio aquoso e em meio alcoólico, sua extração pode ser obtida por dois métodos: o método de decocção e infusão (ABE et al., 2007). Segundo López et al. (2000), a estrutura básica das antocianinas

apresenta uma estrutura policíclica de 15 carbonos. Os diferentes substituintes R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub>, caracterizam os diferentes tipos de antocianinas (Figura 3) (UCHÔA et al., 2016).

**Figura 3** – Estruturas das antocianinas e os diferentes substituintes R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub>.



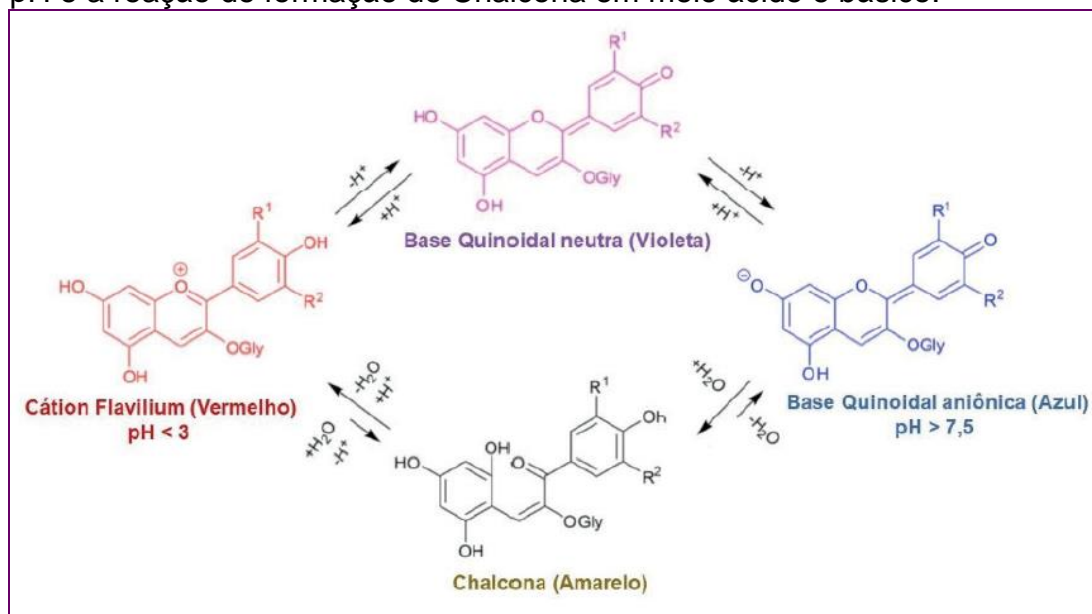
Fonte: López et al., 2000.

As antocianinas são indicadores ácido-base natural que possuem a capacidade de mudar de coloração em função do potencial hidrogeniônico (pH) do meio. Nessa mudança de coloração, as cores que prevalecem são: vermelho, violeta, azul, verde e amarelo. Em solução aquosa, as antocianinas se encontram comumente na forma de uma mistura de diferentes estruturas químicas em equilíbrio (LOPES et al., 2007, p. 292).

Em pH menor que 7 há uma predominância do íon flavilium que possui coloração vermelha, em pH próximo a 7 ocorre a formação da base quinoidal neutra que possui coloração violeta e em pH maior que 7,5 ocorre uma predominância da base aniônica quinoidal que é azul. Neste equilíbrio complexo também ocorre a ruptura de anel central levando a formação de Chalcona que possui coloração amarela. A combinação destas espécies químicas conduz as cores observadas nas soluções. (CARVALHO; AGOSTINHO; CARVALHO, 2019, p. 48)

Na Figura 4, são apresentadas as quatro formas de equilíbrio das antocianinas em solução.

**Figura 4** - Estruturas químicas das antocianinas nas diferentes faixas de pH e a reação de formação de Chalcona em meio ácido e básico.



**Fonte:** Carvalho; Agostinho; Carvalho (2019, p. 51).

Segundo López et al. (2000), a coloração das antocianinas é diretamente influenciada pela substituição dos grupos hidroxila e metoxila na molécula. Incrementos no número de grupos hidroxila tendem a tornar a coloração azulada. Na direção contrária, incrementos no número de grupos metoxilas aumentam a intensidade do vermelho. A presença de um ou mais grupos acila na molécula de antocianina inibe a hidrólise do cátion flavílium, de coloração vermelha, para formar a base carbitol, que é incolor, havendo a formação preferencial da base quinoidal, que é azul, resultando em pigmentos menos sensíveis às mudanças de pH. Desta forma, eles mantêm a coloração em meio levemente acidificado a neutro (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997).

A utilização dos extratos naturais indicadores de pH pode ser explorada didaticamente, desde a etapa de obtenção até a caracterização visual das diferentes formas coloridas que aparecem em função das mudanças de pH do meio. Podendo ser elaboradas atividades experimentais para o ensino de Química no nível médio, visando a abordagem de temas envolvendo processos de separação de misturas e conceitos relacionados a equilíbrio químico e indicadores de pH (TERCI; ROSSI,

2002, p. 685). Para a realização da experimentação problematizadora do estudo foi escolhido o indicador natural do extrato de repolho roxo.

### **2.3.2 Ácidos e bases no ensino da química**

Ácidos e bases são conceitos fundamentais para o ensino da química, fazem parte do conteúdo programático do currículo de Química no ensino médio. A compreensão sobre os ácidos e bases é fundamental e indispensável para a elaboração de conceitos em Química, tendo em vista que em nosso próprio organismo diversas reações que ocorrem manifestam características de reações de ácidos e bases. Além disso, ácidos e bases estão presentes em materiais do nosso cotidiano, tais como: alimentos, medicamentos, produtos de higiene pessoal e produtos de limpeza, entre outros (BRUNING; SÁ, 2013).

Os termos “ácidos” e “bases” são comumente utilizados no dia a dia das pessoas para a caracterização de um produto ou alimento. Porém, possuem conceitos simplistas a respeito do assunto que estão geralmente associados a características como: sabor ácido ou adstringente dos alimentos, corrosividade, e periculosidade à saúde. Essas concepções permeiam na sociedade, refletindo no âmbito escolar. De acordo com Pozo (1998), essas concepções são formadas espontaneamente através da interação dos alunos com o meio ambiente e com as outras pessoas. Segundo o autor, esses conhecimentos podem trazer benefícios à organização e à ministração dos conteúdos, em diversas situações de ensino. Partindo desse pressuposto, é esperado que o aluno adquira um conhecimento mais embasado em conceitos científicos ao longo do processo de ensino-aprendizagem em sua área acadêmica.

A abordagem das definições de ácido e base de forma cumulativa e sequencial podem dificultar o entendimento dos estudantes a respeito desses conceitos (VOS; PILOT, 2001; PAIK, 2015). Furió-Más, Calatayud e Bárcenas (2007) argumentam que os estudantes normalmente confundem a substância ácida com a partícula ou molécula, embaralhando os níveis macro e submicro, e também que compreendem a teoria de Brønsted-Lowry como uma versão ampliada da teoria de Arrhenius. Problemas conceituais envolvendo reações entre ácidos e bases também foram identificados na literatura, pois muitos estudantes consideram que o produto

dessas reações são sempre soluções neutras, independentemente da natureza e da quantidade de ácidos e bases que reagem entre si (PAIK, 2015).

Diante do exposto, a abordagem da experimentação problematizadora sobre ácidos e bases em sala de aula vem a agregar na construção do processo de ensino-aprendizagem, partindo das concepções alternativas dos alunos sobre a temática até a compreensão do conceito científico envolvido.



### 3 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho é do tipo qualitativa, pois é uma perspectiva que se adequa aos objetivos do estudo de analisar uma proposta de experimentação problematizadora sobre ácidos e bases na sala de aula, com o intuito de promover processos de construção conceitual pelos estudantes. Segundo Lüdke e André (1986, p.18), o estudo qualitativo se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada.

Foi proposta uma atividade experimental problematizadora sobre ácidos e bases em uma turma com 23 (vinte) alunos de 3º ano do ensino médio de uma Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) pertencente à rede estadual de ensino do estado de Pernambuco, situada no município de Recife. A atividade foi realizada em 3 (três) momentos pedagógicos, conforme Delizoicov (1991), sendo necessárias para o presente trabalho sete aulas com duração de 50 (cinquenta) minutos, cada. Foram aplicados questionários aos discentes em cada momento pedagógico com o intuito de acompanhá-los no processo de construção conceitual sobre ácidos e bases, atendendo o conteúdo programático da disciplina de química de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018).

A experimentação problematizadora realizada em sala de aula remete aos conceitos sobre ácidos e bases, utilizando o indicador natural de repolho roxo para a verificação da acidez e basicidade dos materiais utilizados no cotidiano dos alunos. Todas as aulas foram gravadas em áudios e vídeos, e registradas com fotografias, contribuindo assim para a análise de dados do presente estudo. Para a análise dos dados foi utilizada a abordagem qualitativa.

A sequência didática da experimentação problematizadora seguirá as etapas das atividades desenvolvidas em sala de aula, conforme apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Sequência didática da experimentação problematizadora.

<b>MOMENTO PEDAGÓGICO 1 (MP 1) – Problematização inicial</b>	
<b>AULA</b>	<b>ATIVIDADE</b>
1	(I) Aplicação do Questionário 1 (individual) – ácidos e bases.
2 e 3	(II) Divisão dos grupos e distribuição dos materiais e

	reagentes; (III) Explicação do procedimento experimental; (IV) Realização do experimento e problematização.
<b>MOMENTO PEDAGÓGICO 2 (MP 2) – Organização do conhecimento</b>	
4 e 5	(V) Painel da escala de pH - indicador de repolho roxo; (VI) Aula expositiva – ácidos e bases; (VII) Aplicação do Questionário 2 (individual) – ácidos e bases.
<b>MOMENTO PEDAGÓGICO 3 (MP 3) – Aplicação do conhecimento</b>	
6 e 7	(VIII) Divisão dos grupos e entrega do Texto 1 – A chuva ácida; (IX) Aula expositiva sobre a chuva ácida; (X) Aplicação do Questionário 3 (em grupo) – chuva ácida.

### 3.1 MOMENTO PEDAGÓGICO 1 (MP 1) – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

O momento pedagógico 1 (MP 1) referente à problematização inicial foi realizado durante 3 aulas (Tabela 1), com duração de 50 minutos cada. Na Aula 1 houve a primeira etapa didática, (I) Aplicação do Questionário 1 sobre ácidos e bases para os alunos responderem individualmente. Em seguida, as aulas 2 e 3, tiveram 3 etapas didáticas, sendo elas: (II) Divisão dos grupos e distribuição dos materiais e reagentes; (III) Explicação do procedimento experimental; (IV) Realização do experimento e problematização.

#### **Aula 1**

(I) Aplicação do Questionário 1 (individual) – ácidos e bases

Inicialmente, foi distribuído o Questionário 1 (Figura 5) apresentando questionamentos sobre o assunto de ácidos e bases para os alunos responderem individualmente. Esse questionário permitiu a avaliação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto abordado.

**Figura 5** – Questionário 1 sobre ácidos e bases.

<p style="text-align: center;"><b>QUÍMICA: ÁCIDOS E BASES</b></p> <p style="text-align: center;">(Questionário 1)</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Cite exemplos de ácidos com aplicação no seu cotidiano.</li><li>2) Cite exemplos de bases com aplicação no seu cotidiano.</li><li>3) Como você definiria ácidos e bases?</li><li>4) O que você entende sobre neutralidade?</li><li>5) Qual a definição de pH?</li><li>6) O que você entende sobre indicadores ácido-base?</li><li>7) Dê exemplos de indicadores.</li><li>8) Como é efetuada a medição do pH das soluções?</li></ol>
--

### Aulas 2 e 3

#### (II) Divisão dos grupos e distribuição dos materiais e reagentes

Foram formados 4 grupos, sendo 2 grupos compostos por 4 alunos cada; 1 grupo com 5 alunos e 1 grupo com 8 alunos. Foram entregues para cada grupo os seguintes materiais e soluções, respectivamente: copos descartáveis, colheres descartáveis, espremedor de limão, água, extrato de repolho roxo, água sanitária, sabão em pó, bicarbonato de sódio, açúcar, detergente, vinagre, suco de limão, desinfetante e hidróxido de amônio (Figura 6).

**Figura 6** – Reagentes utilizados no experimento.





#### (IV) Realização do experimento e problematização

Realização da experimentação problematizadora sobre ácidos e bases utilizando o indicador de repolho roxo. Cada equipe fez o experimento e anotou suas respectivas observações na Ficha 1 (Figura 8). Em paralelo, os alunos foram questionados sobre cada fenômeno observado, estimulando-os à reflexão e ao diálogo, promovendo a curiosidade e o olhar crítico dos estudantes.

Foi solicitado para cada grupo, a formação de uma escala de cores de suas amostras, conforme a escala padrão de cores projetada em slide na sala de aula. Além disso, foi solicitado a anotação das numerações correspondentes às cores de suas amostras, de acordo com o padrão. Mais uma vez, os discentes são confrontados com questionamentos e com os dados obtidos, levando-os mais uma vez à reflexão. Encerra o MP 1 com a entrega da Ficha 1 contendo as observações de cada grupo.

### 3.2 MOMENTO PEDAGÓGICO 2 (MP 2) – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

O momento pedagógico 2 (MP 2) referente à organização do conhecimento foi realizado durante 2 aulas (Tabela 1), com duração de 50 minutos cada. As Aulas 4 e 5, tiveram 3 etapas didáticas, sendo elas: (V) Painel da escala de pH - indicador de repolho roxo; (VI) Aula expositiva – ácidos e bases e (VII) Aplicação do Questionário 2 (individual) - ácidos e bases.

#### **Aulas 4 e 5**

##### (V) Painel da escala de pH – indicador de repolho roxo

Foi elaborado um painel com a escala de pH do indicador de repolho roxo e foi afixado no quadro da sala de aula. Foram entregues placas com o nome dos reagentes trabalhados no experimento para que os alunos as colassem abaixo do painel, nas regiões correspondentes de pH, classificando-os quanto a acidez, basicidade e neutralidade.

(VI) Aula expositiva – ácidos e bases

Foi realizada uma aula expositiva através de slides, apresentando os conceitos químicos envolvidos, organizando o conteúdo em três níveis de conhecimento, de acordo com a proposição de Mortimer, Machado e Romanelli (2000), que são baseados em três aspectos distintos: fenomenológico, teórico e representacional. Os conteúdos químicos abordados sobre ácidos e bases foram os seguintes: indicadores ácido-base; conceito de pH; escala de pH; antocianinas e o indicador de repolho roxo; fórmula molecular dos ácidos e das bases; ionização e dissociação; teoria ácido-base de Arrhenius, hidrogênios ionizáveis, grau de ionização de um ácido, cálculos do pH (potencial hidrogeniônico) e do pOH (potencial hidroxiliônico) e a relação entre eles.

Ao decorrer da aula expositiva, foram resgatados os fenômenos observados e os questionamentos levantados durante a experimentação. Foram esclarecidos os conceitos científicos envolvidos, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos, promovendo-os a uma construção sólida do conteúdo.

(VII) Aplicação do Questionário 2 (individual) - ácidos e bases

Finalizando a aula, os alunos responderam individualmente o Questionário 2 sobre o experimento realizado com o indicador de repolho roxo, conforme mostrado na Figura 9.

**Figura 9** - Questionário 2 sobre o experimento com indicador ácido-base de repolho roxo.

<p style="text-align: center;"><b>QUESTIONÁRIO 2</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INDICADOR ÁCIDO-BASE COM REPOLHO ROXO</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Qual a função do indicador? Cite exemplos de indicadores.</li><li>2) Quais as cores observadas nas amostras após a adição do indicador?</li><li>3) O que significa pH? Explique com suas palavras como é dividida a escala de pH.</li><li>4) Defina um ácido e uma base a partir da teoria de Arrhenius.</li></ol>
--

### 3.3 MOMENTO PEDAGÓGICO 3 (MP 3) – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

O momento pedagógico 3 (MP 3) referente à aplicação do conhecimento foi realizado durante 2 aulas (Tabela 1), com duração de 50 minutos cada. As Aulas 6 e 7, tiveram 3 etapas didáticas, sendo elas: (VIII) Divisão dos grupos e entrega do Texto 1 – A chuva ácida; (IX) Aula expositiva sobre a chuva ácida; (X) Aplicação do Questionário 3 (em grupo) – chuva ácida.

#### Aulas 6 e 7

##### (VIII) Divisão dos grupos e entrega do Texto 1 – A chuva ácida

Inicialmente, foram formados 5 grupos, sendo 1 grupo com 3 alunos, 3 grupos com 4 alunos cada e 1 grupo com 5 alunos. Em seguida, cada grupo recebeu uma cópia do Texto 1 “A Chuva Ácida” (GEPEQ, 2012, apud PRADO, 2014), e fizeram a leitura coletiva.

##### Texto 1: “**A Chuva Ácida**”

*“A expressão chuva ácida foi empregada pela primeira vez em 1952 por um cientista inglês, R. Argus Smith, em sua monografia O Ar e a Chuva: O Início da Climatologia Química, a Chuva Ácida. Ela se refere à chuva mais ácida que a “chuva natural” a qual, é ligeiramente ácida: Essa acidez “natural” se deve à presença do dióxido de carbono, no ar atmosférico, que interage com a água, tornando-a ácida.*

*Embora a chuva ácida, formada por materiais que as chaminés das indústrias e os escapamentos dos veículos motorizados despejam na atmosfera, tenha sido observada, provavelmente, em meados de 1800, em decorrência da Revolução Industrial, somente a partir da década de 1950 ela foi reconhecida pelos ecologistas, como uma forma de poluição das mais preocupantes. Trata-se talvez do mais sério problema ecológico do século” comenta o patologista Leon Dochinger (1984) do Serviço de Florestas dos Estados Unidos.*

*A precipitação ácida relaciona-se com as grandes quantidades de contaminantes – os óxidos de enxofre, (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>) e os óxidos de nitrogênio (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO, NO<sub>2</sub>) – resultantes da combustão de materiais combustíveis de origem fóssil como o carvão e o petróleo, que vêm sendo lançados na atmosfera e onde são transformados nos ácidos sulfúrico, (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e nítrico (HNO<sub>3</sub>), quando interagem com a própria água da chuva e precipitados no ambiente. A queima desses combustíveis também produz o monóxido e dióxido de carbono (CO e CO<sub>2</sub>) que, analogamente, são tóxicos e nocivos aos seres vivos e ao meio ambiente.*

A principal fonte antrópica de  $\text{SO}_2$  é a combustão de carvão. Em muitos países, o carvão (que geralmente contém de 1 a 9% de enxofre) – é usado, principalmente, nas usinas termelétricas para geração de eletricidade. Além das termelétricas são também fontes antrópicas de  $\text{SO}_2$  as siderúrgicas, pois, muitas vezes, são processados minérios que contém enxofre, como a pirita (sulfeto de ferro,  $\text{FeS}$ ) e a blenda (sulfeto de zinco,  $\text{ZnS}$ ), ocorrendo no processo de obtenção do metal, a formação de  $\text{SO}_2$ .

Uma fonte de poluição, muito pouco lembrada, são os navios. Eles foram citados por Ricardo Bonalume Neto, na Folha de São Paulo de 25/05/09 no artigo “Satélite Europeu Flagra Rotas da Poluição por Navios”. Como é mencionada na notícia, a partir de imagens de radar feitas por satélite, ao longo de sete anos, dois pesquisadores franceses construíram uma imagem da densidade de rotas dos navios. Segundo o artigo: A concentração de navios correspondeu perfeitamente aos pontos críticos de poluição sobre o continente por óxidos de nitrogênio, em geral também associados a áreas de intensa industrialização. Esses compostos lançados no ar, quando combinados com água, podem produzir chuva ácida.

A água acidificada pode retirar certos nutrientes, como cálcio, magnésio e potássio das folhas das árvores e do solo, destituindo-as desses nutrientes vitais e causando sua morte. As chuvas ácidas transformam superfícies de mármore ( $\text{CaCO}_3$ ) em gesso ( $\text{CaSO}_4$ ), macio e sujeito à erosão. Fotografias das Cariátides, as ninfas sobre as quais se apoiam os tempos de Erekteion, na Acrópole (construído com mármore, carbono de cálcio), mostram que o período de 1955 a 1965, chuva ácida destruiu os narizes das Cariátides e outros detalhes de suas figuras.

O mesmo fenômeno é observado no Taj Mahal, na Índia, e no Coliseu, em Roma. A medida do índice de acidez é expressa em termos de pH, numa escala que vai de 0 a 14. Valores de pH, menores que 7 evidenciam o caráter ácido; valores maiores que 7 evidenciam o caráter básico (alcalino). Nessa escala, que é logarítmica, quanto menor o valor, de pH, maior o índice de acidez. Assim,  $\text{pH} = 1,0$  é dez vezes mais ácido que o  $\text{pH} = 2,0$ , cem vezes mais ácido que o  $\text{pH} = 3,0$  e mil vezes mais ácido que o  $\text{pH} = 4$  e assim por diante. O pH da água destilada, quando pura, é 7,0.

A água da chuva, não poluída, como já mencionado, devido ao  $\text{CO}_2$  atmosférico nela dissolvido, é ligeiramente ácida, apresentando pH em torno de 5,6. Caindo sobre a pele humana ela não causa queimaduras. No entanto, em certas localidades têm-se registrado índices de extrema acidez, em que  $\text{pH} = 2,0$ ; tão ácido como o suco de limão cujo  $\text{pH} = 2,1$ . No Brasil, chuvas ácidas com pH abaixo de 5,0 já foram registradas em diferentes regiões. Por exemplo, cidades como Piracicaba (SP), São Paulo, Cubatão (SP), Rio de Janeiro, vem sentindo o impacto da poluição atmosférica e da chuva ácida. A chuva ácida nem sempre cai onde foi gerada – transportada pelo vento, pode precipitar a grandes distâncias das fontes poluidoras. Isso explica o fato de as ilhas Bermudas, a 960 Km da atlântica dos Estados Unidos, ou as montanhas amazônicas do Sul da Venezuela, enfrentarem hoje chuvas tão ácidas como as que caem sobre os países altamente industrializados. Assim, as emissões ácidas, se tornaram hoje um tema polêmico.

A Suécia, por exemplo, afirma que 80% do  $\text{SO}_2$  que recebe vem de outros países; os Estados Unidos apontam como altamente preocupantes as emissões devidas às termelétricas à base da



*queima de carvão localizadas no México, bem próximo ao sul de San Antonio, no Texas. Não é tarefa fácil reduzir as emissões de SO<sub>2</sub> e conseqüentemente os efeitos da chuva ácida.*

*Em muitos países já é obrigatório o uso do óleo diesel com baixo teor de enxofre. No Brasil, a quantidade de enxofre nesses combustíveis ainda é alta, embora em Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo já tenham sua frota de ônibus urbanos movida a diesel S-50, que contém um teor de enxofre 10 vezes menor do que o diesel utilizado em regiões metropolitanas, mas ainda não alcançando os padrões de vários dos países europeus. O elevado custo dos equipamentos para combater a chuva ácida também se constituiu numa barreira para a redução das emissões dos gases poluentes.*

*Atualmente, alguns países, como a China, vêm desenvolvendo tecnologias mais limpas de uso do carvão, envolvendo um tratamento inicial do mesmo, visando maior eficiência energética de suas usinas elétricas movidas a carvão e redução da poluição. Mesmo assim, atualmente, apenas a metade de usinas chinesas utiliza equipamentos para a remoção de gases como o SO<sub>2</sub>, causadores da chuva ácida.”*

(GEPEQ, 2012, apud PRADO, 2014)

#### (IX) Aula expositiva sobre a chuva ácida

Foi realizada uma aula expositiva sobre a chuva ácida, utilizando a projeção de slides e o quadro da sala de aula. Os conteúdos abordados sobre a chuva ácida foram os seguintes: diferença entre a chuva e a chuva ácida, os principais vilões para a formação da chuva ácida (combustíveis fósseis), escala de pH, os compostos químicos presentes nos gases poluentes (NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>), reações químicas envolvidas, os principais produtos gerados por essas reações químicas que são ácidos fortes (ácido sulfúrico e ácido nítrico), e as principais conseqüências da chuva ácida.

#### (X) Aplicação do Questionário 3 (em grupo) – chuva ácida

Após a aula expositiva, foi solicitado que os alunos respondessem o Questionário 3 (em grupo) – chuva ácida. O Questionário 3 apresenta três questões abertas (Figura 10).

**Figura 10** - Questionário 3 (em grupo) sobre a chuva ácida.

<p style="text-align: center;"><b>QUÍMICA: ÁCIDOS E BASES (Atividade 3)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CHUVA ÁCIDA</b></p> <p>1º) O que você entende sobre chuva ácida.</p> <p>2º) Quais os principais poluentes e os componentes químicos presentes neles que ocasionam a formação de chuva ácida?</p> <p>3º) Quais efeitos desastrosos que a chuva ácida pode provocar no meio ambiente?</p>
---

Vale ressaltar que todas as atividades realizadas em sala de aula foram utilizadas para a análise dos dados da pesquisa no trabalho de conclusão de curso (TCC) em questão. Esses dados foram registrados durante os 3 momentos pedagógicos:

- 1º Momento - Respostas ao Questionário 1 (individual) sobre ácidos e bases; e à Ficha 1 preenchida no experimento problematizador utilizando o indicador de repolho roxo;
- 2º Momento - respostas ao Questionário 2 (individual) sobre ácidos e bases;
- 3º Momento - respostas ao Questionário 3 (em grupo) sobre o texto “A chuva ácida”.

Parte das discussões vivenciadas em cada MP foram gravadas em áudios e vídeos, contribuindo para a análise de dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo 4, são apresentados os resultados e discussão, obtidos nos 3 (três) momentos pedagógicos (DELIZOICOV, 1991). O tópico 4.1 abordará sobre os resultados e discussão referente ao momento pedagógico 1 (MP 1) que trata sobre a problematização inicial. Em seguida, o tópico 4.2 com o momento pedagógico 2 (MP 2) sobre a organização do conhecimento. Por fim, o tópico 4.3 com o momento pedagógico 3 que abrange a aplicação do conhecimento. Dentro de cada tópico, os dados foram apresentados por aula realizada, seguindo a sequência didática proposta (Tabela 1).

A turma é composta por 23 alunos, porém foram analisadas as respostas dos Questionários 1 e 2 (Figuras 5 e 9) apenas de 17 alunos que participaram efetivamente de todos os momentos pedagógicos. Os outros 6 alunos não conseguiram participar efetivamente, pois estavam ausentes, por motivos particulares, em algum desses momentos vivenciados em sala de aula. Contudo, posterior ao encerramento do estudo em questão, os mesmos entregaram todas as atividades propostas.

### 4.1 MOMENTO PEDAGÓGICO 1 (MP 1) – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Nesse momento pedagógico, seguindo a sequência didática da Tabela 1, foram realizadas as seguintes ações:

- **MP 1 - Aula 1:** (I) Aplicação do questionário (individual) 1 – ácidos e bases;
- **MP 1 - Aulas 2 e 3:** (II) Divisão dos grupos e distribuição dos materiais e reagentes; (III) explicação do procedimento experimental e (IV) realização do experimento e problematização. O objetivo do MP 1 foi de realizar juntamente com os alunos uma experimentação, utilizando indicador de repolho roxo, problematizando os fenômenos observados por eles. Desta forma, os estudantes são estimulados à discussão e à reflexão sobre ácidos e bases a partir da correlação entre a atividade desenvolvida em sala de aula e as situações vivenciadas por eles no cotidiano.

Mori e Cunha (2019, p. 176) compreendem como “problematização” todo o processo de discussão que é gerado quando um problema é proposto em atividade pedagógica e que leve o estudante à construção do conhecimento por meio da

reflexão, do diálogo e da participação ativa. Portanto, Azevedo (2004, p. 25) acredita que uma maneira de se trabalhar a aprendizagem baseada em problemas é por meio da experimentação, pois a experimentação baseada em problemas é uma forma de levar o aluno a pensar sobre o que está sendo proposto para formular suas próprias respostas, ou seja, ele deixa de ser apenas um observador das aulas expositivas para interagir no processo de ensino-aprendizagem, argumentando, pensando, agindo, questionando, em resumo ele faz parte da elaboração do seu próprio conhecimento, assim desenvolve habilidades referentes ao processo de construção de conhecimento.

Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) mencionam que o planejamento de experimentos fortalece a relação entre a motivação e a aprendizagem, tornando os alunos mais envolvidos nas atividades propostas, contribuindo no processo de construção conceitual. Problematização atrelada à realização de experimentos torna a aula mais articulada e atrativa, estimulando a curiosidade e o senso crítico do aluno, resultando uma aprendizagem mais significativa. Problematização atrelada à realização de experimentos torna a aula mais articulada e atrativa, estimulando a curiosidade e o senso crítico do aluno, resultando uma aprendizagem mais significativa.

Vale ressaltar que, a função do professor durante o momento da problematização inicial é de suma importância para diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre uma determinada situação, além disso, organizar a discussão, com o intuito de buscar questionamento das interpretações apresentadas por eles (DELIZOICOV, 1991).

### **MP 1 - Aula 1**

#### (I) Aplicação do Questionário 1 (individual) – ácidos e bases

O Questionário 1 (Figura 5) é composto por 8 questões abertas sobre o conteúdo de química, ácidos e bases. São perguntas claras e diretas, que abordam conhecimentos chave do tema em estudo. Esse questionário permitiu a avaliação dos conhecimentos prévios de estudantes do 3º ano do ensino médio. São apresentadas na Tabela 2 uma amostragem das respostas dos alunos obtidas para

cada questão. Vale ressaltar que, cada resposta apresentada na Tabela 2 representa um agrupamento de alunos que tiveram respostas similares. Também existem respostas pertencentes a um único aluno.

**Tabela 2** – Amostragem de respostas dos alunos referente ao Questionário 1.

<b>1ª) Cite exemplos de ácidos com aplicação no seu cotidiano.</b>
<i>(Vinagre, limão, refrigerante, água com gás, ácido clorídrico)</i>
<b>2ª) Cite exemplos de base com aplicação no seu cotidiano.</b>
<i>(Soda cáustica, amoníaco, produtos de limpeza, produtos de cabelo)</i>
<b>3ª) Como você definiria ácidos e bases?</b>
<p><u>Definições de ácidos</u></p> <p><i>“Alimentos azedos.”</i></p> <p><i>“Os ácidos tem um gosto azedo. Eles podem ser orgânicos ou inorgânicos.”</i></p> <p><i>“Ácidos são compostos capazes de transferir íons numa reação química.”</i></p> <p><i>“Na tabela de pH o que se encontra abaixo de 6 é considerado ácido</i></p> <p><i>“Ácido tem em algumas substâncias como vinagre.”</i></p> <p><i>“Ácidos são substâncias que em solução aquosa sofrem ionização, liberando <math>H^+</math>.”</i></p> <p><u>Definições de bases</u></p> <p><i>“Base é um meio aquoso.”</i></p> <p><i>“As bases têm um gosto amargo e têm pH baixo.”</i></p> <p><i>“As bases têm pH de 7 a 14.”</i></p> <p><i>“As bases têm pH maior que 7.”</i></p> <p><i>“As bases recebem íons.”</i></p> <p><i>“As bases podem se dissolver em substância aquosa, liberando <math>OH^-</math>.”</i></p> <p><i>“As bases são substâncias que sofrem dissociação iônica, liberando como único tipo de ânion, os íons <math>OH^-</math>.”</i></p>
<b>4ª) O que você entende sobre neutralidade?</b>
<p><i>“Nem base, nem ácido. Algo neutro.”</i></p> <p><i>“São substâncias neutras que possuem valores de pH acima de 7.”</i></p> <p><i>“São substâncias neutras com pH de 0 a 7.”</i></p> <p><i>“É quando a substância tem pH equilibrado.”</i></p> <p><i>“Durante a medição do pH, a neutralidade se encontra no nível de 6 e 7.”</i></p>

<b>5ª) Qual a definição de pH?</b>
<p><i>“pH é usado para saber o nível de acidez de uma substância.”</i></p> <p><i>“É uma forma de analisar se a substância é um ácido ou uma base.”</i></p> <p><i>“O que define o uso do produto, se o pH do produto for alto, o uso dele não é permitido.”</i></p> <p><i>“É o que define a qualidade da água ou de um produto.”</i></p> <p><i>“Potencial hidrogeniônico de uma solução.”</i></p>
<b>6ª) O que você entende sobre indicadores ácido-base?</b>
<p><i>“Ele indica se é um ácido ou uma base, ou se são os dois.”</i></p> <p><i>“Ele indica se é uma substância ácida ou básica.”</i></p> <p><i>“Ele vai ajudar a escolher os produtos certos.”</i></p> <p><i>“Ele não é ácido nem base. Ele só indica.”</i></p>
<b>7ª) Dê exemplos de indicadores.</b>
<p><i>“Fenolina, fenoftalina, alaranjado de metila, paladar, papel tornassol, fenolftaleína.”</i></p>
<b>8ª) Como é efetuada a medição do pH das soluções?</b>
<p><i>“Por um aparelho que mostra os níveis de pH.”</i></p> <p><i>“Através de uma tabela.”</i></p> <p><i>“Um aparelho chamado pHgrametro.”</i></p> <p><i>“Pelos indicadores ácido-base ou pHmetros.”</i></p> <p><i>“Insere um papel no líquido e ver a cor.”</i></p>

Percebe-se que as respostas dos alunos (Tabela 2) são simplistas, contudo, apresentam concepções advindas tanto do contexto social, quanto do contexto escolar, ou seja, nas experiências escolares ou na leitura dos livros, aulas, dentre outras fontes de conhecimento. Segundo Figueira (2010), essas concepções prévias acompanham o aluno no âmbito escolar, que trazem consigo uma conotação simples, na tentativa de explicar os fenômenos ou preceitos científicos. Porém, na visão de Pozo (1998) esses conhecimentos podem trazer benefícios à organização e à ministração dos conteúdos, em diversas situações de ensino. Pozo e Crespo (1998), ratificam que esses conhecimentos, também chamados de concepções informais não são meras informações que o indivíduo aprende no seu dia-a-dia.

Essas ideias apresentam valores culturais e sociais, representando a realidade com base nas experiências mais diretas vivenciadas pelo indivíduo.

O aluno dificilmente abandona suas concepções informais, mesmo depois de ter estudado e aplicado um conceito científico em algum momento da sua vida escolar. Podemos atribuir essa resistência ao fato de que ele parece não perceber a aplicabilidade de conceitos científicos em situações do dia a dia, enquanto que algumas de suas concepções informais são úteis em determinados contextos. No entanto, essas concepções se apresentam limitadas quando este está diante de situações em um contexto científico. (SILVA; AMARAL, 2015, p. 71)

Verifica-se, em termos gerais, que os alunos possuem dificuldades no entendimento sobre o conceito de substância (Tabela 2). Araújo, Silva e Tunes (1994) aplicaram um questionário para 374 alunos do ensino médio de uma escola de São Paulo com o intuito de investigar a correlação do conceito de substância com os outros conceitos químicos. Os autores identificaram que os alunos usam a palavra substância como sinônimo de coisa, material ou elemento. Furió-Más, Calatayud e Bárcenas (2007) argumentam que os estudantes normalmente confundem a substância ácida com a partícula ou molécula, embaralhando os níveis macro e submicro.

Fazendo uma análise mais detalhada, com relação às 2 primeiras questões (Tabela 2), os alunos não tiveram dificuldades em citar exemplos de ácidos e bases, uma vez que, os produtos ou alimentos listados fazem parte de seus cotidianos. Vale mencionar que esses produtos que os alunos citaram, alguns fizeram parte intencionalmente da experimentação, fortalecendo o processo de significância dos reagentes trabalhados. A 3ª questão questiona os alunos sobre como eles definem ácidos e bases, e as respostas são relacionadas ao sabor ácido ou amargo, associando à memória degustativa dos alimentos.

*“Alimentos azedos.”*

*“As bases têm um gosto amargo e têm pH baixo.”*

Também definiram ácido e base através da escala de pH, porém demonstraram pouca segurança em relação aos valores da escala que indicam as regiões para os meios ácido, neutro e básico. Tiveram a mesma dificuldade para expressarem o entendimento sobre neutralidade, relacionando-o à escala de pH. Explicaram que os ácidos transferem íons e as bases recebem íons, onde

desconsideram o mecanismo de reação, e não especificam os íons envolvidos. Relacionam ácido à uma solução, como por exemplo, o vinagre. Observou-se uma resposta consistente, apenas de um aluno, com a teoria de Arrhenius sobre ácidos e bases, sendo:

*“Ácidos são substâncias que em solução aquosa sofrem ionização, liberando  $H^+$ .”*

*“As bases são substâncias que sofrem dissociação iônica, liberando como único tipo de ânion, os íons  $OH^-$ .”*

De acordo com Oliveira (2008), os alunos não mencionam ideias sobre partícula, isto é, ressaltam o modelo contínuo, não particulado. A 4ª questão (O que você entende sobre neutralidade?) os alunos tentam responder a neutralidade das substâncias a partir de uma concepção mais empirista, associando à medida do pH do meio. Além disso, mostram que ainda não possuem conhecimentos necessários sobre as divisões da escala de pH, fato este constatado nas seguintes respostas:

*“São substâncias neutras que possuem valores de pH acima de 7.”*

*“São substâncias neutras com pH de 0 a 7.”*

*“É quando a substância tem pH equilibrado.”*

*“Durante a medição do pH, a neutralidade se encontra no nível de 6 e 7.”*

Ainda em relação à questão 4, os alunos tentaram explicar a neutralidade, por exclusão de palavras, ou seja, se a substância não é ácida e nem básica, então, presume-se que ela seja neutra. Pode-se verificar esse tipo de explicação na resposta a seguir:

*“Nem base, nem ácido. Algo neutro.”*

Na 5ª questão (Qual a definição de pH?) grande parte dos discentes, no sentido mais amplo, definiram como uma forma de determinar a acidez e basicidade de uma substância. O interessante é que houveram respostas usando o pH como um parâmetro de qualidade do produto. Isso sugere que eles podem estar associar o pH a uma característica inerente à substância, analisando se ela é aceitável ou não. Outra parte dos alunos responderam que o pH é o potencial hidrogeniônico.

Na 6ª questão (O que você entende sobre indicadores ácido-base?), grande parte dos alunos responderam que o indicador tem a função de indicar se uma



substância é ácida ou básica. Em seguida, na 7ª questão deram exemplos de indicadores, porém tiveram dificuldades em utilizar a linguagem química adequada de alguns indicadores citados. E por fim, na 8ª questão (Como é efetuada a medição do pH das soluções?) mencionaram o aparelho de medição de pH, o pHmetro, além dos indicadores ácido-base, naturais e sintéticos. Verifica-se que esses conhecimentos prévios dos estudantes prevalecem o nível de conhecimento fenomenológico ou macroscópico, o que está de acordo a proposição de Mortimer, Machado e Romanelli (2000).

### **MP 1 - Aulas 2 e 3**

(II) Divisão dos grupos e distribuição dos materiais e reagentes; (III) explicação do procedimento experimental e (IV) realização do experimento e problematização.

Seguindo a sequência didática, após a formação dos grupos, entrega dos materiais e reagentes e explicação do procedimento experimental; inicia-se o experimento propriamente dito. Os alunos, durante todo o experimento demonstraram interesse e curiosidade sobre a mudança de coloração das amostras quando adicionado o extrato de repolho roxo. Cada grupo montou uma escala de coloração das amostras (Figura 11).

**Figura 11** – Os grupos realizando o experimento.



Na entrega dos materiais e dos reagentes, eles questionaram o que seria o suco roxo dentro do recipiente plástico. O professor respondeu que era um extrato de repolho roxo que seria utilizado durante o experimento, e que eles deveriam observar o que iria acontecer no momento que o mesmo fosse misturado com os reagentes entregues para eles. Antes do experimento, o professor perguntou para os alunos se esses reagentes (água sanitária, sabão em pó, bicarbonato de sódio, açúcar, detergente, vinagre, suco de limão, desinfetante e hidróxido de amônio) eram utilizados por eles no dia-a-dia. A seguir são apresentadas algumas afirmações dos estudantes:

*“O hidróxido de amônio, acho que deve ter alguma relação com aquele cheiro forte que tem na tinta de cabelo.”*

*“Vinagre para usar na salada.”*

O professor complementou o momento mostrando mais exemplos sobre o uso desses reagentes no cotidiano. Em seguida, apresentou um slide mostrando os tipos de indicadores ácido-base (Figura 12), esclarecendo, desta forma, que o extrato de repolho roxo se tratava de um tipo de indicador natural ácido-base. Os estudantes aprenderam que podem preparar seus próprios indicadores naturais, utilizando materiais acessíveis e de baixo custo. Também aprenderam que podem ser utilizados outros tipos de extratos para a obtenção do indicador natural, como: beterraba, jabuticaba, uva, flores de Hortênsia e de Hibisco.

**Figura 12** - slide sobre indicadores ácido-base.



Posteriormente, iniciou-se o experimento e o professor perguntou o que eles estavam observando, e os mesmos responderam que estava acontecendo a mudança de coloração quando o indicador de repolho roxo era adicionado às amostras. Os alunos citaram as cores observadas:

*“Rosa, roxo, azul, verde e amarelo.”*

*“Marrom, vermelho, rosa, roxo, azul, verde e amarelo.”*

*“Do vermelho ao amarelo.”*

*“Roxo, levemente amarelo, verde escuro, azul esverdeado, azul escuro, rosa claro, rosa escuro.”*

O professor questionou os alunos o que estava ocasionando a mudança de coloração. Em resposta, os alunos conseguiram associar o fenômeno ao pH do meio, ou seja, essa associação surgiu, em razão dos alunos terem conhecimento dos reagentes, pois são comumente utilizados no cotidiano deles. As respostas obtidas nas questões 1 e 2 (Tabela 2) do Questionário 1 (Figura 5) sobre citação de exemplos de ácidos e bases, reforçam esse posicionamento dos alunos. Por outro lado, eles não têm a ciência dos principais responsáveis pela mudança de coloração, os pigmentos naturais chamados de antocianinas presentes no repolho roxo. As antocianinas são capazes de mudar sua estrutura química e, conseqüentemente, a coloração de acordo com o meio ácido ou básico em que se encontram.

No momento em que cada grupo formou sua escala padrão de pH, foi verificado a inversão de algumas posições das amostras, porém foi apresentada a escala padrão de pH do indicador de repolho roxo (Figura 13), onde conseguiram reorganizar as amostras, enfileirando-as de acordo com a ordem de cores conforme a escala padrão.

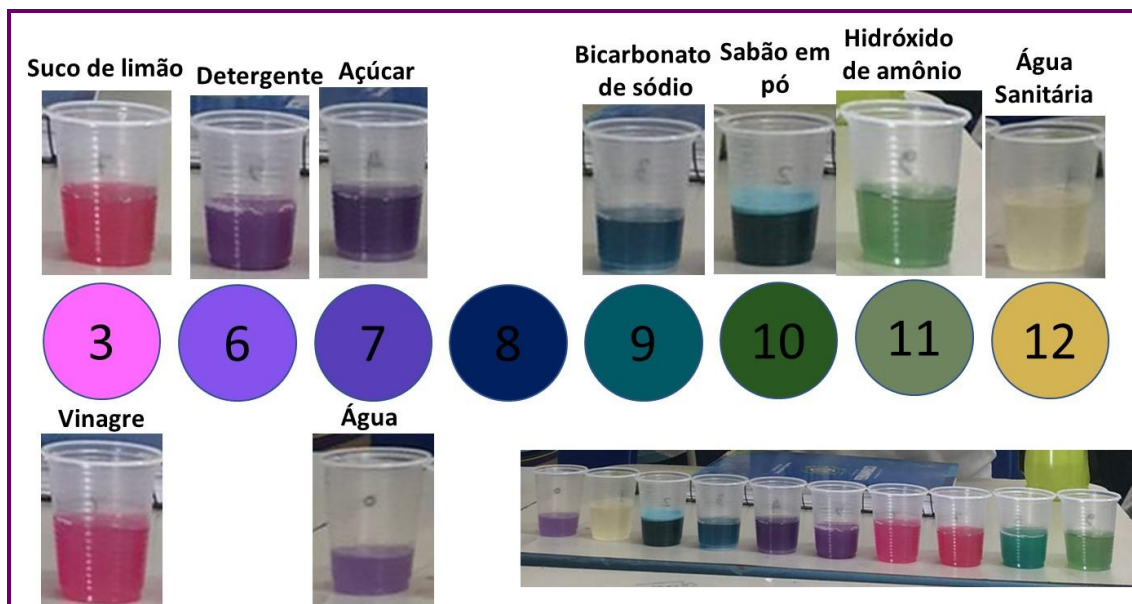
**Figura 13** – Escala padrão de cores do indicador de repolho roxo.



Fonte: adaptado de *Explorations of everyday chemical compounds* (2017).

Os estudantes anotaram na Ficha 1 (Figura 8) o pH das amostras, de acordo com a escala padrão (Figura 13). Na Figura 14, são apresentados os resultados de pH das amostras e a escala de cores obtidos pelos alunos.

**Figura 14** – Escala de pH das amostras dos alunos.



Tarnowski (2017) avaliou o pH de diversos produtos do dia-a-dia utilizando o indicador de repolho roxo, e comparou com valores de pH normatizados pelas legislações vigentes ou apresentados pelo fabricante. A Tabela 3, com adaptações, mostra os resultados de pH obtidos pela autora em comparação com os resultados obtidos pelos alunos do presente estudo.

**Tabela 3** – Comparação dos resultados de pH obtidos entre Tarnowski e os alunos.

Amostra	Faixa de pH observada	Literatura ou fabricante	Classificação	pH dos alunos
Vinagre	3	2,69 - 2,83	Ácido	3
Suco de limão	3	2,4	Ácido	3
Sabonete	5 - 6	4,5 - 5,5	Ácido	
Shampoo	6 - 7	5,5 - 7,5	Ácido	
Condicionador	6 - 7	5,5 - 7,5	Ácido	
Detergente	7	7	Neutro	6
Açúcar	7	7	Neutro	7
Sal de cozinha	7	7	Neutro	
Leite	7	6,6 - 7,5	Neutro	
Água de torneira	7	6,5 - 9	Neutro	7
Femento químico	7 - 8	-	Básico	
Bicarbonato de sódio	7 - 8	8,5	Básico	9
Pastilha antiácida	7 - 8	-	Básico	
Sabão em pó	9	10,3	Básico	10
Leite de magnésia	9	10	Básico	
Água sanitária	13	13	Básico	12

Fonte: adaptado de Tarnowski (2017).

Observa-se, em geral, convergências dos resultados de pH obtidos pelos alunos no experimento, quando comparados com os resultados apresentados na Tabela 3. De acordo com Tarnowski (2017), resultados mais precisos de pH são obtidos realizando medições de soluções no aparelho chamado peagâmetro. A autora menciona que utilizando o método visual, os resultados estão susceptíveis a erros, também pelo fato de algumas amostras apresentarem coloração. De qualquer forma, Tarnowski (2017), comenta que o método é viável para a determinação do caráter ácido-base e também para a determinação da faixa de pH.

Ao final da aula, os grupos entregaram a Ficha 1 (Figura 8) com suas respectivas anotações. Verificou-se durante todo o MP 1 o empenho e a participação dos estudantes. Notou-se uma evolução conceitual por parte dos alunos sobre os tipos e funcionalidades de indicadores ácido-base; a inferência da mudança de coloração em relação ao caráter ácido e básico das soluções; as diferentes cores obtidas no experimento e a formação de uma escala de pH padrão; e o início de uma nova concepção sobre ácidos e bases, que vai além das características sensoriais dos produtos. Por outro lado, o momento pedagógico 1 poderia ter sido mais problematizado, e conseqüentemente, ter promovido mais debates em sala de aula. Houve a necessidade de antecipação da apresentação da escala padrão de

cores, para a finalização do experimento, pois estava próximo do horário de encerramento da aula.

#### 4.2 MOMENTO PEDAGÓGICO 2 (MP 2) – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Nesse momento pedagógico, seguindo a sequência didática da Tabela 1, foram realizadas as seguintes ações:

- **MP 2 - Aulas 4 e 5:** (V) Painel da escala de pH – indicador de repolho roxo; (VI) Aula expositiva – ácidos e bases; (VII) Aplicação do Questionário 2 (individual) - ácidos e bases.

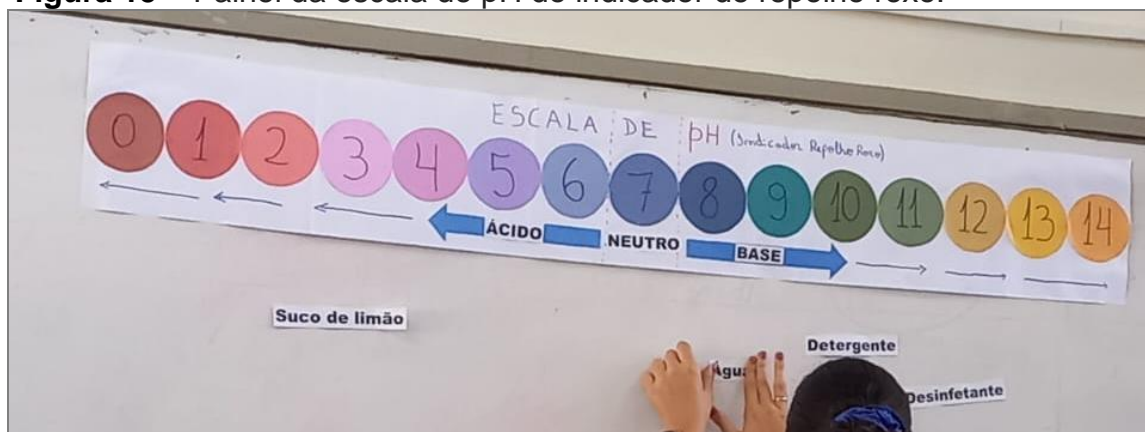
O objetivo do MP 2 é de apresentar os conhecimentos necessários para a compreensão do tema estudado e da problematização inicial sob orientação do professor. O conteúdo é desenvolvido com o objetivo de possibilitar ao estudante a compreensão da existência de outras visões e explicações para certos fenômenos da ciência que são problematizados, comparando esses conhecimentos com aqueles que ele já tinha, utilizando-os na interpretação e compreensão de fenômenos e situações científicas (DELIZOICOV, 1991). No encerramento do momento pedagógico 2 da organização do conhecimento é importante obter como objetivo final o desenvolvimento do conhecimento científico dos alunos.

##### **MP 2 - Aulas 4 e 5**

(V) Painel da escala de pH – indicador de repolho roxo

Foi elaborado um painel com a escala de pH do indicador de repolho roxo (Figura 15) e foi afixado no quadro da sala de aula. Foram entregues placas com o nome dos reagentes trabalhados no experimento para que os alunos as colassem abaixo do painel, nas regiões correspondentes de pH, classificando-os quanto a acidez, basicidade e neutralidade.

**Figura 15** – Painel da escala de pH do indicador de repolho roxo.



Todavia, antes da realização dessa dinâmica foi esclarecido que a escala de pH varia de 0 a 14. Quando o pH é menor que 7, o meio é ácido; quando igual a 7, o meio é neutro; e acima de 7, o meio da solução é considerado básico ou alcalino. Os alunos participaram ativamente desse momento, deslocando-se até o quadro da sala de aula, para classificação dos produtos, quanto ao caráter ácido, básico ou neutro. Houveram alguns equívocos durante a classificação dos produtos, como por exemplo, classificaram água na região da escala de levemente básico (Figura 15). Porém os alunos demonstraram mais segurança para a realização dessa classificação. Durante todo o momento da dinâmica, o professor associou os reagentes aos utilizados no experimento da aula anterior. O professor realizou alguns questionamentos como: “Quais cores observaram no experimento?”, “Qual o reagente mais ácido e qual o mais básico?”, “Quais valores de pH dos reagentes obtiveram no experimento?”.

#### (VI) Aula expositiva – ácidos e bases

Nesse momento, inicia-se a etapa de organização do conhecimento. Foi realizada uma aula expositiva através de slides (Figura 16), abordando os seguintes conteúdos químicos: indicadores ácido-base; conceito de pH; escala de pH; antocianinas e o indicador de repolho roxo; fórmula molecular dos ácidos e das bases; ionização e dissociação; teoria ácido-base de Arrhenius; hidrogênios ionizáveis; grau de ionização de um ácido; cálculos do pH (potencial hidrogeniônico) e do pOH (potencial hidroxiliônico) e a relação entre eles.

Figura 16 – Alguns slides utilizados na aula expositiva.

The figure consists of several educational slides:

- INDICADOR ÁCIDO-BASE:**
  - Indicadores naturais:** Shows various natural pigments like red cabbage, blueberries, and flowers.
  - Indicadores Sintéticos:** Shows synthetic indicators like phenolphthalein and methyl orange, along with a color chart and test tubes.
- Teoria ácido-base de Arrhenius:**
  - BASES:** Defines bases as substances that dissociate in solution to produce a negatively charged ion (OH<sup>-</sup>).
    - Exemplos:  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ,  $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$ ,  $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$ .
    - Reaction:  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ , with labels for amônia and amônio.
- ANTOCIANINAS:** Shows chemical structures of anthocyanins and their natural pigments, with associated pH ranges (e.g., pH 1-3, pH 7-10).
- FÓRMULA MOLECULAR DOS ÁCIDOS:**
  - General formula:  $\text{H}_x\text{A}$ , where  $x$  is the number of hydrogen atoms and  $A$  is the anion (Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).
  - Examples of acids: HCl, HBr, H<sub>2</sub>S, HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCN.
  - Structure of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> is shown.
- POR QUE?:** A blue box with a question mark icon.

A aula foi organizada de maneira que abordasse os três aspectos propostos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000), são eles: fenomenológico, teórico e representacional.

O aspecto fenomenológico trata dos fenômenos de interesse da química, são concretos ou visíveis ou não são visíveis, porém detectáveis. Esse aspecto foi bastante trabalhado durante a realização do experimento, com a ocorrência do fenômeno da mudança de coloração das amostras. Na aula expositiva, além da abordagem fenomenológica, fez-se a interação com os outros aspectos de conhecimento químico, teórico e representacional. Na parte teórica, por exemplo, foi apresentada a teoria de Arrhenius, ionização e dissociação dos ácidos e das bases. O aspecto representacional, de natureza simbólica, também foi trabalhado na aula expositiva. Seguem exemplos de aspectos representacionais: fórmula molecular dos ácidos e das bases, as reações químicas em equilíbrio iônico das antocianinas, as fórmulas matemáticas do pH, pOH e do grau de ionização de um ácido.

Ao decorrer da aula expositiva, ocorreu simultaneamente a problematização, reflexão, esclarecimento de hipóteses levantadas pelos alunos na experimentação. Em suma, esse mecanismo mediado pelo professor, estimula o aluno a busca por conhecimentos mais embasados cientificamente, promovendo o processo de construção conceitual.



## (VII) Aplicação do Questionário 2 (individual) - ácidos e bases.

Finalizando a aula, os alunos responderam individualmente o Questionário 2 (Figura 9) sobre o experimento realizado com o indicador de repolho roxo. O Questionário 2 apresenta quatro questões abertas. A última questão exige o conhecimento do aluno a respeito da teoria de Arrhenius, assunto este abordado na sequência didática anterior, na aula expositiva.

São apresentadas na Tabela 4 uma amostragem das respostas dos alunos obtidas para cada questão. Vale ressaltar que, cada resposta apresentada na Tabela 4 representa um agrupamento de alunos que tiveram respostas similares. Também existem respostas pertencentes a um único aluno.

**Tabela 4** – Amostragem de respostas dos alunos referente ao Questionário 2.

<p><b>1ª) Qual a função do indicador? Cite exemplos de indicadores.</b></p> <p>Função:</p> <p><i>“Para indicar o pH da solução.”</i></p> <p><i>“Indicar se a substância é ácida ou básica.”</i></p> <p><i>“Quando colocado o indicador, podemos saber se é uma solução ácida, básica ou neutra.”</i></p> <p>Exemplos:</p> <p><i>” Repolho roxo, beterraba, fita indicadora de pH, fenolftaleína.”</i></p>
<p><b>2ª) Quais as cores observadas nas amostras após a adição do indicador?</b></p> <p><i>“Rosa, roxo, azul, verde e amarelo.”</i></p> <p><i>“Marrom, vermelho, rosa, roxo, azul, verde e amarelo.”</i></p> <p><i>“Do vermelho ao amarelo.”</i></p> <p><i>“Roxo, levemente amarelo, verde escuro, azul esverdeado, azul escuro, rosa claro, rosa escuro.”</i></p>
<p><b>3ª) O que significa pH? Explique com suas palavras como é dividida a escala de pH.</b></p> <p><i>“Potencial hidrogênico. 0 a 6 é ácido, 7 é neutro, 8 a 14 é base.”</i></p> <p><i>“Potencial hidrogeniônico. Ácido, base ou neutro.”</i></p>
<p><b>4ª) Defina um ácido e uma base a partir da teoria de Arrhenius</b></p>

*“Ácidos em solução aquosa liberam  $H^+$  e bases liberam  $OH^-$ .”*

*“Ácido é vinagre e base é água sanitária.”*

*“Ácido em solução aquosa libera íons já as bases liberam hidraquiala.”*

*“Ácidos em solução aquosa libera  $H^+$  e base libera  $OH^-$ .”*

*“Base  $\rightarrow$  amônia. Ácido  $\rightarrow HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ ”*

*“Bases são as substâncias que dissociam e em solução produzem um íon com carga negativa, o ânion hidróxido ( $OH^-$ ). Ácidos são os que ionizam em solução e produzem um íon com carga positiva, o cátion hidrogênio ( $H^+$ ).”*

De acordo com as respostas dos alunos mostradas na Tabela 4, observa-se o entendimento deles sobre a escala de pH, as cores que estão envolvidas no experimento, as regiões da escala para soluções ácidas, básicas e neutras. A compreensão sobre a teoria de Arrhenius dos estudantes está em desenvolvimento. Porém, houve um avanço com relação ao conhecimento representacional, pois utilizaram meios racionais e nomenclaturas químicas para explicarem a teoria de Arrhenius. Em contrapartida, alguns alunos ainda utilizaram os produtos do cotidiano para explicarem o caráter ácido e básico.

#### 4.3 MOMENTO PEDAGÓGICO 3 (MP 3) – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Nesse momento pedagógico, seguindo a sequência didática da Tabela 1, foram realizadas as seguintes ações:

- **MP 3 - Aulas 6 e 7:** (VIII) Divisão dos grupos e entrega do Texto 1 – A chuva ácida; (IX) Aula expositiva sobre a chuva ácida; (X) Aplicação do Questionário 3 (em grupo) – chuva ácida.

O objetivo do MP 3 é a aplicação do conhecimento sobre o assunto abordado, utilizando uma situação que não esteja diretamente relacionada com a discussão inicial, porém é explicada pelo mesmo conhecimento proposto no estudo, ácidos e bases. O papel do professor nessa etapa consiste em realizar atividades que estimulem os estudantes a aplicarem seus conhecimentos científicos adquiridos na etapa anterior, organização do conhecimento, a fim de aprenderem a articular a conceituação científica com situações vivenciadas por eles no cotidiano (DELIZOICOV, 1991).

### MP 3 - Aulas 6 e 7

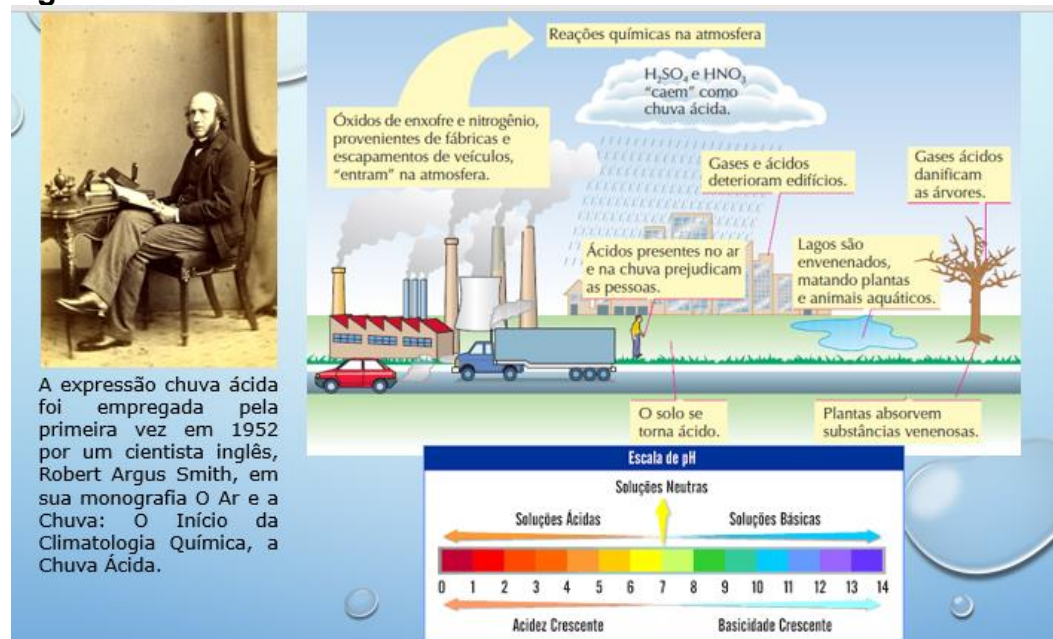
(VIII) Divisão dos grupos e entrega do Texto 1 – A chuva ácida;

Inicialmente, foram formados 5 grupos, sendo 1 grupo com 3 alunos, 3 grupos com 4 alunos cada e 1 grupo com 5 alunos. Em seguida, cada grupo recebeu uma cópia do texto “A Chuva Ácida” (GEPEQ, 2012, apud PRADO, 2014), e fizeram a leitura coletiva.

(IX) Aula expositiva sobre a chuva ácida

Simultaneamente à leitura coletiva, foi realizada a aula expositiva sobre a chuva ácida, havendo algumas interrupções da leitura para a explicação do assunto na projeção de slides (Figura 17) e no quadro da sala de aula.

**Figura 17** – Um dos slides utilizado na aula sobre chuva ácida.



Os conteúdos abordados sobre a chuva ácida foram os seguintes: diferença entre a chuva e a chuva ácida, os principais vilões para a formação da chuva ácida (combustíveis fósseis), escala de pH, os compostos químicos presentes nos gases poluentes (NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>), reações químicas envolvidas, os principais produtos gerados por essas reações químicas que são ácidos fortes (ácido sulfúrico e ácido nítrico), e as principais consequências da chuva ácida.

Foram abordados os principais aspectos relacionados à produção de chuva ácida, assim como, foram discutidas as questões que façam menção às aulas anteriores sobre ácidos e bases. Mostraram participativos, dialogando sobre o conteúdo abordado durante a aula expositiva. Até questionamentos bem elaborados surgiram por parte dos alunos sobre a possibilidade de chuva ácida em local que apresenta contaminação por compostos radioativos, como o acidente nuclear ocorrido em Chernobyl em 1986, na Ucrânia. O professor escreveu no quadro as principais reações envolvidas para a formação de chuva ácida, desenvolvendo o conhecimento químico no nível teórico e representacional.

(X) Aplicação do Questionário 3 (em grupo) – chuva ácida

Finalizando a aula, cada grupo respondeu o Questionário 3 (Figura 10) sobre o Texto 1 de chuva ácida. O Questionário 3 apresenta três questões abertas. São apresentadas na Tabela 4 as respostas dos cinco grupos obtidas para cada questão.

**Tabela 5** – Respostas dos grupos em relação ao Questionário 3.

<b>1ª) O que você entende sobre chuva ácida?</b>
<i>“É uma consequência da poluição atmosférica.”</i>
<i>“Que é muito prejudicial à saúde e ao meio ambiente pelo teor da sua acidez.”</i>
<i>“Fenômeno causado pela poluição na atmosfera.”</i>
<i>“Chuva que possui baixo nível de pH.”</i>
<i>“Dióxido de carbono presente no ar atmosférico que interage com a água, tornando-a ácida.”</i>
<b>2ª) Quais são os principais poluentes e os componentes químicos presentes neles que ocasionam a formação de chuva ácida?</b>
<i>“Ácido sulfúrico e ácido nítrico derivados da reação dos óxidos de enxofre e nitrogênio com a água.”</i>
<i>“Óxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>), óxidos de nitrogênio, ácido sulfúrico e nítrico.”</i>
<i>“Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e de nitrogênio (NO<sub>2</sub>).”</i>
<i>“Ácido nítrico, sulfuroso, nitroso, ácido sulfúrico, água oxigênio.”</i>
<i>“Óxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>) e o óxido de nitrogênio (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO, NO<sub>2</sub>)”</i>

**3ª) Quais os efeitos desastrosos que a chuva pode provocar no meio ambiente?**

*“Corrosão de equipamentos e a degradação das plantas, solos e lagos.”*

*“Solo infértil e contaminação de rios e animais.”*

*“Corrosão de equipamentos, degradação das plantas.”*

*“Poluição da fauna, prejudica a saúde e deixa o solo infértil.”*

*“Solo infértil, prejudica a saúde.”*

Na questão 1 (Tabela 5), 2 grupos responderam sobre chuva ácida associando a sua formação como resultado da poluição atmosférica. Os outros 3 grupos mencionaram a acidez da chuva. Porém 1 grupo respondeu a partir das consequências que a chuva ácida ocasiona, o outro grupo explica através da reação química do dióxido de carbono com água, formando as chuvas ácidas. Esse último grupo usou a linguagem representacional do conhecimento de química, apesar dessa reação não representar o motivo que forma o caráter ácido da chuva ácida.

Na questão 2 (Tabela 5), os grupos também mencionaram corretamente os compostos químicos de gases poluentes que ocasionam a formação da chuva ácida. Contudo, essa linguagem química mais refinada provavelmente teve o reforço através da consulta ao texto fornecido para cada grupo. Na questão 3 (Tabela 5), os alunos exemplificaram assertivamente, as consequências que a chuva ocasiona no meio ambiente.

No MP 3, foi observado que os alunos conseguiram utilizar conhecimentos adquiridos nos momentos pedagógicos anteriores, como por exemplo, classificar o caráter ácido da chuva, identificando a região na escala de pH das soluções ácidas, demonstrando aplicação do conhecimento sobre o assunto abordado. Verifica-se o aprimoramento da construção conceitual dos alunos sobre ácidos e bases, contribuindo no processo de ensino-aprendizagem de Química.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se durante todo o MP 1 o empenho e a participação dos estudantes. Notou-se uma evolução conceitual por parte dos alunos sobre os tipos e funcionalidades de indicadores ácido-base; a inferência da mudança de coloração em relação ao caráter ácido e básico das soluções; as diferentes cores obtidas no experimento e a formação de uma escala de pH padrão; e o início de uma nova concepção sobre ácidos e bases, que vai além das características sensoriais dos produtos.

Por outro lado, o MP 1 poderia ter sido mais problematizado, e conseqüentemente, ter promovido mais debates em sala de aula. Houve a necessidade de antecipação da apresentação da escala padrão de cores, para a finalização do experimento, pois estava próximo do horário de encerramento da aula.

De acordo com as respostas dos alunos sobre o Questionário 2 durante o MP 2, mostradas na Tabela 4, observa-se o entendimento deles sobre a escala de pH, as cores que estão envolvidas no experimento, as regiões da escala para soluções ácidas, básicas e neutras. A compreensão sobre a teoria de Arrhenius dos estudantes está em desenvolvimento. Porém, houve um avanço com relação ao conhecimento representacional, pois utilizaram meios reacionais e nomenclaturas químicas para explicarem a teoria de Arrhenius. Em contrapartida, alguns alunos ainda utilizaram os produtos do cotidiano para explicarem o caráter ácido e básico.

No MP 3, foi observado que os alunos conseguiram utilizar conhecimentos adquiridos nos momentos pedagógicos anteriores, como por exemplo, classificar o caráter ácido da chuva, identificando a região na escala de pH das soluções ácidas, demonstrando aplicação do conhecimento sobre o assunto abordado.

Os níveis de conhecimento químico foram trabalhados ao longo do estudo, aproximando as concepções prévias do conhecimento científico.

Verifica-se o aprimoramento da construção conceitual dos alunos sobre ácidos e bases, contribuindo no processo de ensino-aprendizagem de Química.

## REFERÊNCIAS

- ABE, L. T.; MOTA, R. V. da; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. **Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L.** Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007.
- ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática da ciência.** Campinas: Papirus, 1995.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. - **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**, 7<sup>o</sup> Edição, Bookman, 2018.
- AUTH, M. A. **Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora.** Tese de doutorado. Florianópolis: UFSC, 2002.
- AZEVEDO, M. C. p. Stella. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa a prática.** São Paulo: pioneira Thomson Learning, p.25, 2004.
- BACON, F. **Novum organum. Aforismo XIX.** São Paulo: Editora Abril, 1988. (Coleção Os Pensadores) Orig. de 1620.
- BRASIL, Base Nacional Comum Curricular. 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_sit e.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf). Acesso em: 20 de Set. de 2022.
- BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.
- BRUNING, V.; SÁ, Z. B. M. **Uma Abordagem sobre Ácidos e Bases no Cotidiano: Trabalhando com Atividades Experimentais Investigativas na Educação Básica.** 2013.
- CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; Vilches, A. e VALDÉS, P. **Papel de la actividad experimental en la educación científica.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.
- CARVALHO, D. R.; AGOSTINHO, C. F.; CARVALHO, Y. P. S. **Produção de papel indicador ácido-base a partir do extrato de repolho roxo.** Atividades de ensino e de pesquisa em Química 2. Organizadora Carmem Lúcia Voight. Atena editora, p. 48-59, 2019.
- CHALMERS, A.F. **O que é Ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e problematizações.** In: Pietrocola, M. (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: UFSC, p. 125-150, 2005.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV NETO, Demétrio. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991. Acesso em: 17 set. 2022.

Explorations of everyday chemical compounds. 2017. **Making a pH indicator from red cabbage: the method and chemistry**. Disponível em: <https://www.compoundchem.com/2017/05/18/red-cabbage/>. Acesso em: 3 out. 2022.

FIGUEIRA, A. C. M. **Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre Ácidos e Bases**. Dissertação de mestrado. Santa Maria: UFSM, 2010.

FOGAÇA, J. R. V. **Indicador ácido-base com repolho roxo**. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/experimentos-quimica/indicador-acido-base-com-repolho-roxo.htm>. Acesso em: 3 out. 2022.

FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG D. R. Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, nº 30, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 63. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2017b.

FURIÓ-MÁS, C.; CALATAYUD, M.-L.; BÁRCENAS, S.L. Surveying students' conceptual and procedural knowledge of acid-base behavior of substances. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 10, p. 1717-1724, 2007.

GEHLEN, S. T. **A função do problema no processo ensino-aprendizagem de Ciências: Contribuições de Freire e Vygotsky**. Tese doutorado. Florianópolis: UFSC, 2009.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos Pedagógicos e as Etapas da Situação de Estudo: Complementaridades e Contribuições para a Educação em Ciências. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

GIL-PEREZ, D; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de Las Prácticas de Laboratorio con Investigación: Um Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**, 14(2), p.155-163, 1996.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. **Resolução de Problemas e Atividades Experimentais no Ensino de Química**. Colégio Vicentino Santa Cecília, Rua Felipe de Oliveira, 448 - Porto Alegre, RS, Brasil. Departamento de Ensino e Currículo, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Paulo Gama, 110, Prédio 12 201. Porto Alegre, RS, 2008.

JOHNSTONE, A. H. (1982). **Macro and micro-chemistry**. The School Science Review, 1982, 64-377.



LOPES, T. J.; XAVIER M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B.; **Antocianinas: Uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade**, R. Bras. Agrociência, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, jul-set, 2007.

LÓPEZ O.P.; JIMÉNEZ A.R.; VARGAS F.D. et al. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability, **Critical Reviews Food Science Nutrition**, v.40, n.3, p.173-289, 2000.

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MORI, L.; CUNHA, M. B. Problematização: possibilidades para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 2, p. 176-185, 2020.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v.23, p. 273-283, 2000.

NUNES, A. S.; ADORNI, D.S. **O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos...** In: ENCONTRO DIALÓGICO TRANSDISCIPLINAR, 2010, Vitória da Conquista. Anais... Vitoria da Conquista, BA: ENDITRANS, 2010.

OLIVEIRA, A. M. **Concepções Alternativas de Estudantes do Ensino Médio sobre Ácidos e Bases: um estudo de caso**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

PAIK, S. H. Understand the relationship among Arrhenius, Brønsted-Lowry and Lewis theories. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 9, p. 1484-1489, 2015.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. 3ª. ed. São Paulo: Artes Medicas, 1998.

POZO, J.I.M.; CRESPO, M.A.G. **Aprender y enseñar ciência: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico**. Madrid: Morata, 1998.

PRADO, A. P. P; SILVEIRA, M. P. **Química dos Ácidos e Bases por meio de uma proposta problematizadora**. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE. Vol. 1, 2014.

SANTOS, B. F.; MORTIMER, E. F. Ondas semânticas e a dimensão epistêmica do discurso na sala de aula de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 62-80, 2019.

SILVA, J. R. R. T. da; AMARAL, E. M. R. do. Concepções sobre Substância: Relações entre Contextos de Origem e Possíveis Atribuições de Sentidos. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 1, p. 70-79, 2016.

SILVA, K. K.; FARIAS FILHO, T. F.; ALVES, L. A. Ensino de química: o que pensam os estudantes da escola pública? **Revista Valore**, Volta Redonda, 5, e-5033, 2020.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. CETEC/MEC capacitações. ISBN 978- 85-99697-27-6. São Paulo, 2013.

SOUZA, F. M.; ARICÓ, E. M. Mapa cronológico da evolução das definições ácido-base: um potencial material de apoio didático para contextualização. **Educación Química**. V. 28. p. 2-10, 2017.

SUART, R.C.; MARCONDES, M.E.R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos de ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, 2008.

TARNOWSKI, K. S. **Indicador ácido base de repolho roxo**. Química em prática, 2017.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores Naturais de pH: Usar papel ou solução? **Química Nova**, vol. 25, n.4, 684-688, 2002.

TREVISAN, Tatiana Santini e MARTINS, Pura Lúcia Oliver. A prática pedagógica do professor de química: possibilidades e limites. **UNirevista**. Vol. 1, nº 2 : abril, 2006.

UCHÔA, V.T.; FILHO, R.S.M.C.; LIMA, A.M.M.; ASSIS, J.B. **Utilização de plantas ornamentais como novos indicadores naturais ácido-base no ensino de química**. Universidade Estadual do Piauí, v.2, 2016.

VOS, W.; PILOT, A. Acids and bases in layers: the stratal structure of an ancient topic. **Journal of Chemical Education**, v. 78, n. 4, p. 494-499, 2001.