

EMPREGO DO EXTRATO DE *BRASSICA OLERACEA* L. COMO INDICADOR ALTERNATIVO DE pH EM TITULAÇÕES ÁCIDO-BASE: UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL INTEGRADORA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Employment of Brassica oleracea L. extract as an alternative indicator of pH in acid-base titration: an integrative experimental activity for the teaching of Chemistry

Vanessa Machado da Silva Santos (vanessasantos_2010@outlook.com)

Tatiana Brescovites Matias (tatibrescovites@hotmail.com)

Sandra Inês Adams Angnes Gomes (sandra.angnes@ifpr.edu.br)

Edneia Durli Giusti (ednea.giusti@ifpr.edu.br)

João Paulo Stadler (joao.stadler@ifpr.edu.br)

Colegiado de Química, Instituto Federal do Paraná (IFPR),

Av. Bento Munhoz da Rocha Neto, s/n, 85555-000, Palmas – PR, Brasil

Recebido em: 10/08/2018

Aceito em: 11/03/2019

Resumo

Este artigo apresenta uma sequência de atividades experimentais sobre o tema volumetria de neutralização desenvolvidas a partir da abordagem experimental integradora com estudantes do Curso de Licenciatura em Química. Nessa metodologia, o estudante atua como protagonista ao pesquisar sobre o tema, propor e executar as atividades experimentais e, por fim, analisar e discutir os dados, enquanto o professor atua como mediador do processo. O objetivo desse artigo é apresentar as etapas desenvolvidas pelos acadêmicos em formação inicial pautadas nos pressupostos da experimentação integradora sobre o emprego de extrato de repolho roxo (*Brassica oleracea* L.) em atividades experimentais. A partir das propostas dos alunos, procedeu-se com a investigação do potencial ácido-base do extrato alcoólico de repolho roxo em diferentes meios de pH por meio de testes preliminares e do esboço de uma curva de titulação. Os resultados confirmam a possibilidade do uso do indicador de repolho roxo como uma alternativa para substituição de indicadores clássicos em testes para reconhecimento de substâncias ácidas e básicas. Em técnicas de titulação entre ácidos e bases, o indicador de repolho roxo não teve bom desempenho, sendo indicado apenas em situações nas quais a precisão dos dados não é de extrema importância frente ao conhecimento de conceitos e técnicas envolvidos. Apenas dos problemas encontrados, consideramos que os objetivos de estudo foram alcançados, uma vez que os acadêmicos conseguiram pesquisar sobre o tema proposto, elaborar e executar práticas experimentais e analisar, discutir e apresentar os dados da investigação integradora, o que foi evidenciado pela aprovação dos alunos nos trabalhos de conclusão de curso. Este artigo indica, ainda, a necessidade de aprimorar as técnicas de avaliação das implicações da experimentação integradora no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Repolho roxo; Indicador de pH natural; Volumetria de neutralização; Ensino da Química.

Abstract

This article presents a sequence of experimental activities on volumetric neutralization developed according to the integrative experimental approach with Undergraduate Chemistry students. In this methodology, the student acts as the protagonist when researching on the subject, proposing and executing experimental activities and, finally, analyzing and discussing the data obtained, while the teacher acts as the mediator of the process. This article aimed to present the steps developed by the students in initial formation based on the integrative experimentation assumptions regarding the use

of extract of purple cabbage (*Brassica oleracea* L.) in experimental activities. From the students' proposals, we investigated the acid-base potential of the purple cabbage alcoholic extract in different pH media by means of preliminary tests and the sketch of a titration curve. The results confirm the possibility of using the purple cabbage indicator as an alternative to substitute classic indicators in tests for the recognition of acidic and basic substances. In titration techniques between acids and bases, the indicator did not perform well, being indicated only in situations in which the data precision is not of extreme importance in comparison to the knowledge of concepts and techniques involved. Despite the problems found, we consider that the study objectives were reached, since the academics were able to research on the proposed theme, to elaborate and to execute experimental practices and to analyze, to discuss and to present the data of the integrative research, which was evidenced by the approval of the students in the course completion work. This article also indicates the need to improve techniques for evaluating the implications of integrative experimentation in the teaching and learning process.

Keywords: Purple cabbage; Natural pH indicator; Neutralization Titration; Chemistry teaching.

INTRODUÇÃO

A formação de professores para a Escola Básica, em geral, e a formação de professores de Química, em particular, são grandes desafios a serem enfrentados no século XXI. Os professores precisam ser capacitados para assumir o papel de orientador da aprendizagem dos alunos no “mar” de informações que os cercam. Tal capacitação tem que ocorrer não apenas na formação inicial do professor, mas continuamente no próprio exercício da profissão docente (Porto, 2014). Mesmo com avanços nos programas de formação continuada desenvolvidos na última década, a questão da formação dos professores tem sido um grande desafio para as políticas governamentais, um desafio que se encontra também nas práticas formativas das instituições que os formam (Gatti, 2016). A formação dos professores precisa ser pensada a partir do contexto de seu trabalho, não podendo concebê-la dissociada ou distanciada da reflexão crítica acerca da realidade da escola. É preciso refletir sobre essa dimensão por meio de propostas curriculares e de atividades que permitam a compreensão dinâmica e das relações que se estabelecem no contexto do trabalho docente (Gatti, 2016).

Neste cenário, acredita-se que, no ensino de Química, a experimentação pode ser uma alternativa didático-pedagógica que permite estabelecer relações entre a teoria e a prática, tanto na formação inicial de docentes, pois sem dúvidas, é um dos principais pilares para a construção e desenvolvimento do conhecimento científico. A participação dos alunos em aulas experimentais permite o entendimento de fenômenos físicos e químicos, despertando uma capacidade crítica e intuitiva para que se apropriem do conhecimento e tenham autonomia de estabelecer relações com seu cotidiano (Oliveira, 2014). Além disso, Oliveira (2014) afirma que as atividades experimentais podem ser associadas as aulas teóricas para a melhoria da aprendizagem no ensino de Química, sendo consideradas pelos estudantes uma forma motivadora e inovadora de ensinar.

Mendes (2018) propõe a metodologia conhecida como experimentação integradora, que se divide em três momentos:

a) o pré-laboratório – com foco na teoria: os estudantes recebem como desafio direcionar seus estudos para revisão de tópicos sobre o tema em estudo. Os alunos devem ser incentivados a fazer leitura de livros-texto e artigos científicos;

b) o laboratório – socialização da pesquisa anteriormente realizada com o professor, esclarecimentos acerca dos aspectos teóricos e experimentais não compreendidos. Um momento de diálogo e de troca de ideias e informações entre os membros do trabalho, para fomentar questões posteriormente aplicáveis no grande grupo. Momento importante para discutir os aspectos das técnicas experimentais e esclarecer dúvidas sobre os objetivos experimentais e;

c) o pós-laboratório – que é a execução do procedimento experimental. Neste momento, os estudantes se dedicam a analisar os resultados coletados durante o procedimento experimental e procuram compreender os fenômenos observados, tendo por base a pesquisa prévia realizada e as discussões com o grupo de trabalho e o professor. Por fim, os alunos sintetizam os resultados e discussões do trabalho, pela produção de um relatório, em que devem explicar os fenômenos ocorridos, em linguagem simbólica química adequada e socializar os resultados obtidos, tornando a experimentação um meio de desenvolvimento instrumental e cognitivo.

Segundo Mendes, a proposta de experimentação integradora busca a convergência dos três níveis de conhecimento químico, o nível fenomenológico (macroscópico), o nível teórico (submicroscópico) e o nível representacional ou simbólico, difundidos por Mortimer (2000), associando a teoria com a prática e a capacidade de interpretar, discutir e argumentar sobre os fenômenos observados no experimento, em linguagem e simbologia adequada.

Entretanto, inserir a experimentação no ensino de Química muitas vezes não é tarefa fácil. A estrutura das escolas é um grande problema, pois, em sua grande maioria, não possuem laboratórios, materiais e reagentes adequados para a realização de aulas experimentais (Dias; Guimarães; Merçon, 2003). Uma possível solução é a adaptação de práticas experimentais para a sala de aula, utilizando materiais e reagentes de baixo custo e fácil acesso, que possam incrementar a contextualização do ensino (Couto; Cavalheiro, 1998). Nesse caso, um exemplo comum é o uso de indicadores naturais, como reagente adaptado, devido ao baixo custo de obtenção para identificação de substâncias ácidas e básicas que fazem parte do cotidiano do estudante. O uso de indicadores naturais possibilita a exploração didática desde sua composição natural, metodologias de extração, comportamento em meio reacional e identificação de cor frente a meios com diferentes valores de pH (Terci; Rossi, 2002). Nesse universo, o ensino experimental associado a teoria, com materiais alternativos, como sugerido neste trabalho, em que se propõe o uso do indicador natural de repolho roxo (*Brassica oleracea* L.) para o estudo das titulações ácido-base em cursos de formação inicial de professores e o seu desenvolvimento na Educação Básica, pode contribuir com a conexão do teórico com o real, despertando o desejo de ensinar e também aumentar o interesse dos alunos pelo objeto de estudo e levando-os a ter mais conhecimento sobre a Química, sua natureza e aplicação.

O uso de indicadores naturais para determinação do ponto de equivalência em técnicas volumétricas de neutralização foi utilizado pela primeira vez por Wilian Lewis, em 1767. Porém, somente no século XX, a explicação do motivo da mudança de cor foi feita. Por meio das pesquisas de Wellstatter e Robinson, que apontaram as antocianinas como pigmentos responsáveis pela coloração de frutos e flores e seus extratos que, quando em contato com ácidos ou bases, apresentavam variações de cor rosa, vermelha, violeta e azul (Terci; Rossi, 2002). Muitos trabalhos vistos na literatura (Bernardino et al., 2013, Soares; Cavalheiro; Antunes, 2001, Matos, 1999, Gouveia; Matos, 1999; Março; Poppi, 2008) sugerem o extrato do repolho (*Brassica oleracea* L.) como indicador natural de pH, em função da capacidade das antocianinas presentes em sua composição sofrerem reações de ionização, deslocando o equilíbrio químico e fazendo com que haja um rearranjo estrutural destas moléculas, implicando em alteração de cor do meio reacional, que varia entre o vermelho, violeta, azul-verde e amarelo, conforme mostra a Figura 1 (Terci; Rossi, 2002, Bernardino et al., 2013, Março; Poppi, 2008).

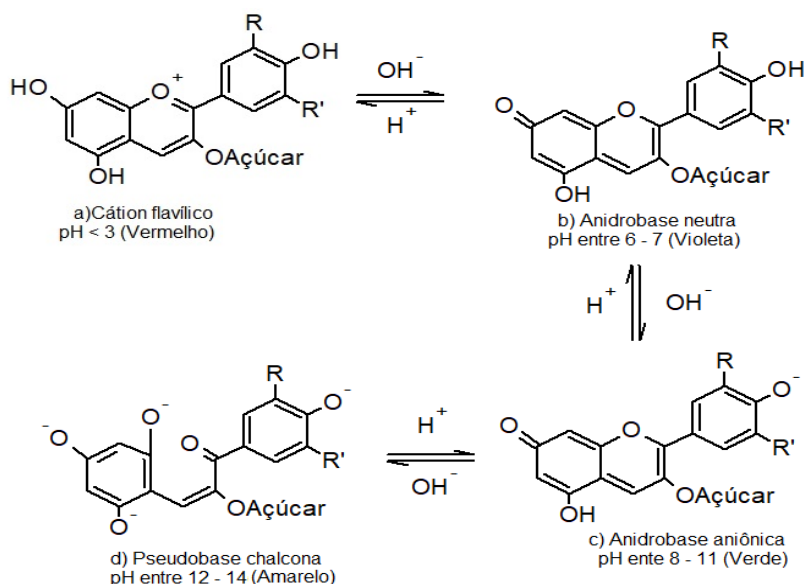


Figura 1. Variação da estrutura cianina de acordo com o pH

Fonte: Marçó; Poppi (2008), com adaptações.

Considerando que os cursos de formação inicial de professores de Química têm grandes desafios e cada vez mais responsabilidades na formação de profissionais qualificados e dispostos a enfrentar as atuais dificuldades no ensino, desde a falta de materiais didáticos de apoio, estrutura física adequada e dificuldades no processo de aprendizagem dos estudantes, este trabalho descreve atividades experimentais integradoras realizadas no ensino de Química. As atividades realizadas envolvem o preparo de diferentes extratos de repolho roxo e seu uso como indicador alternativo de pH em titulações de neutralização. Este estudo visa, como principal objetivo, proporcionar, aos futuros professores, oportunidades de desenvolverem competências e habilidades para aplicarem a metodologia de experimentação integradora no ensino, que estimulem a aprendizagem dos conceitos envolvidos no conteúdo de volumetria de neutralização, um tema relevante da área e que também possa ser adaptado para aplicação na Educação Básica.

PARTE EXPERIMENTAL

Este estudo foi desenvolvido em uma série de trabalhos de conclusão de curso de Licenciatura em Química, dos quais apresentamos parte dos resultados nesse artigo. Para o desenvolvimento dos trabalhos, empregou-se a abordagem experimental integradora proposta pelos autores Mendes (2011), Sandri; Kluconski; Schneider (2016) e Mendes (2018). Para isso, inicialmente os estudantes em formação inicial, futuros professores de Química escolheram um tema para estudo: emprego de indicadores naturais em técnicas volumétricas de neutralização. Na sequência, foram desafiados a: a) planejar previamente as atividades experimentais, por meio de pesquisas teóricas sobre o tema volumetria de neutralização, o uso de indicadores ácido-base para estes fins e possibilidades de substituição dos indicadores sintéticos por naturais. Esta busca foi realizada na literatura clássica e em artigos científicos e teve como objetivo familiarizar os acadêmicos sobre o tema em estudo e proporcionar relações teóricas com a prática experimental, assim como inteirá-los dos termos, símbolos e linguagens próprias do conhecimento químico em questão; b) socialização da pesquisa com os professores mediadores do trabalho para esclarecimentos acerca dos aspectos teóricos ou práticos não compreendidos. De acordo com Mendes (2011, 2018), autora proponente da experimentação integradora, este é o momento que permite ao professor identificar os possíveis conflitos cognitivos e explorar a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) de

estudante, promovendo esclarecimentos sobre o tema em estudo. Este é um momento importante para o diálogo e troca de ideias para organização do processo laboratorial e realização da prática experimental; c) análise dos resultados coletados durante o procedimento experimental, tendo como base as pesquisas realizadas anteriormente e discussões iniciais com o grupo de trabalho. Como produção final solicitou-se aos alunos uma síntese, na qual deviam explicar os fenômenos ocorridos durante a prática, em linguagem e simbologia química apropriada, mostrando sua compreensão e a capacidade de socializar conhecimento.

Na sequência, são apresentados os procedimentos experimentais deste trabalho desenvolvidos nos três níveis propostos: a) pré-laboratório; b) laboratório; c) pós-laboratório, especificamente com o objetivo de apresentar perspectivas diferenciadas para realização de aulas laboratoriais. Os materiais utilizados nos procedimentos foram: água destilada; repolho roxo; etanol 46,2% comercial; ácido clorídrico (HCl) P. A. 36,5%, marca Anidras; hidróxido de sódio (NaOH) P. A. 99%, marca Alfhatec; carbonato de sódio (Na₂CO₃) P.A, com alto grau de pureza, marca Synth; biftalato de potássio (C₈H₅KO₄) P.A. com alto grau de pureza, marca Anidrol; ácido acético (H₃CCOOH) 99,7%, marca Synth; fenolftaleína 1%, pH-metro marca pHS-3B pHtek, soluções tampão pH 4,0; 7,0 e 10 da marca Buffer. Para a realização dos procedimentos experimentais, empregou-se vidrarias convencionais de laboratório, marca Uniglass: frascos Erlenmeyer (250 mL); bureta (50 mL) adaptada em suporte universal, balões volumétricos (100 mL, 250 mL e 1000 mL); pipetas graduadas (1 mL, 2 mL e 5 mL); béqueres (100 mL e 1000 mL) e pipeta volumétrica (25 mL).

Métodos de obtenção do extrato de repolho roxo

Para o preparo do indicador de repolho roxo seguiu-se três métodos de extração:

- 1- extrato aquoso com aquecimento por 15 minutos a 90 °C (25 g de repolho roxo e 100 mL de água destilada);
- 2- extrato por esmagamento para obtenção da polpa, utilizando etanol 46,2% como solvente extrator (25 g de repolho roxo e 100 mL de etanol 46,2%);
- 3- extrato obtido por aquecimento do repolho roxo em etanol 92% por 15 minutos a 90 °C e imersão por 24 horas (25 g de repolho roxo e 100 mL de etanol 92%), (Marques et al., 2011, Dias; Guimarães; Merçon, 2003).

Preparo das soluções estoque de pH 1 e pH 14

Com o objetivo de conhecer o comportamento do indicador utilizado em diferentes valores de pH, foram preparadas soluções com pH variando de 1 a 14 (valores aproximados). Inicialmente, preparou-se soluções estoque de ácido clorídrico (0,1 mol L⁻¹; pH 1) utilizando o reagente P.A. e uma solução estoque de hidróxido de sódio (1 mol L⁻¹; pH 14) com reagente P.A. Como solução neutra foi utilizada água destilada (pH próximo à 7). Para determinação do volume de HCl e a massa de NaOH necessários no preparo das soluções, empregou-se as fórmulas mostradas no Quadro 1, conforme literatura (Atkins; Jones, 2012; Russel, 1994, Baccan et al., 2001).

Quadro 1. Fórmulas utilizadas para o preparo de soluções pH 1 a 14

| | |
|--|-----------|
| $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ | Equação 1 |
| $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$ | Equação 2 |
| $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ | Equação 3 |
| $[\] = m/\text{MM} \cdot V$ | Equação 4 |
| $d = m/v$ | Equação 5 |
| $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ | Equação 6 |

Para obtenção de uma solução de HCl pH 1, foi necessário preparar uma solução com concentração de íons hidrônio igual a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (Equação 1). Considerando um volume de solução de 250 mL, a partir da Equação 4, determinou-se que a massa de HCl necessária seria de 0,91 g. Como trata-se de um líquido, por meio da Equação 5, obteve-se o volume necessário de 0,76 mL para preparar a solução desejada. Por fim, considerando a pureza do HCl de 36,5%, determinou-se o volume de 2,08 mL de HCl para 250 mL de solução a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$.

Posteriormente, para o preparo da solução estoque de pH 14, foi necessária uma solução de pOH 0 (Equação 3), ou seja, com uma concentração 1 mol L^{-1} de íons hidroxila. Na sequência, utilizando a Equação 4, a pureza do hidróxido de sódio de 99% e o volume de solução de 250 mL, determinou-se uma massa de 10 g de hidróxido de sódio para preparar a solução desejada. É importante considerar que esses valores são teóricos e, considerando os erros de preparo de soluções, recomenda-se a padronização das mesmas para determinar a concentração real. Contudo, nessa etapa de trabalho, decidiu-se por não realizar a padronização tendo em vista a investigação do caráter preliminar do indicador de repolho roxo e a economia de reagentes.

Após o preparo das soluções estoque (pH 1 e 14, valores aproximados), procedeu-se com diluições para obtenção das soluções entre pH 2 a 13, também aproximados. A solução de pH 2 foi obtida pela transferência de 25 mL de HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ para um balão volumétrico de 250 mL (Equação 6), completando-se o volume com água destilada até o menisco, resultando em uma solução de HCl $1.10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$. Essa solução de HCl $1.10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ foi utilizada para obtenção da solução de HCl $1.10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ a partir do mesmo procedimento de diluição. Analogamente, foram preparadas as soluções com valores de pH 4, 5 e 6 (Quadro 2).

Para a obtenção da solução de pH 13, diluiu-se a solução de NaOH 1 mol L^{-1} (pH 14) pela transferência de 25 mL da solução para um balão volumétrico de 250 mL, completando-se o volume com água destilada até o menisco, com obtenção de uma solução de NaOH $1.10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$. A solução de NaOH $1.10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ foi utilizada para a obtenção da solução de NaOH $1.10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ (pH 12) pelo mesmo procedimento de diluição. Analogamente, foram preparadas as soluções com valores de pH 11, 10, 9 e 8, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2. Diluição das soluções estoque pH 1 e 14 para obtenção das soluções entre pH 1 e 14

| Solução Aquosa | C ₁ (mol L ⁻¹) | C ₂ (mol L ⁻¹) | [OH ⁻] (mol L ⁻¹) | [H ⁺] (mol L ⁻¹) | V ₁ (mL) | V ₂ (mL) | pOH | pH |
|-----------------------------------|--|--|--|---|------------------------|------------------------|-----|----|
| HCl | - | - | 1.10^{-13} | 1.10^{-1} | - | - | 13 | 1 |
| HCl | 0,1 | 0,01 | 1.10^{-12} | 1.10^{-2} | 25 | 250 | 12 | 2 |
| HCl | 0,01 | 0,001 | 1.10^{-11} | 1.10^{-3} | 25 | 250 | 11 | 3 |
| HCl | 0,001 | 0,0001 | 1.10^{-10} | 1.10^{-4} | 25 | 250 | 10 | 4 |
| HCl | 0,0001 | 0,00001 | 1.10^{-9} | 1.10^{-5} | 25 | 250 | 9 | 5 |
| HCl | 0,00001 | 0,000001 | 1.10^{-8} | 1.10^{-6} | 25 | 250 | 8 | 6 |
| H ₂ O _(d) * | - | - | 1.10^{-7} | 1.10^{-7} | - | - | 7 | 7 |
| NaOH | 0,00001 | 0,000001 | 1.10^{-6} | 1.10^{-8} | 25 | 250 | 6 | 8 |
| NaOH | 0,0001 | 0,00001 | 1.10^{-5} | 1.10^{-9} | 25 | 250 | 5 | 9 |
| NaOH | 0,001 | 0,0001 | 1.10^{-4} | 1.10^{-10} | 25 | 250 | 4 | 10 |
| NaOH | 0,01 | 0,001 | 1.10^{-3} | 1.10^{-11} | 25 | 250 | 3 | 11 |
| NaOH | 0,1 | 0,001 | 1.10^{-2} | 1.10^{-12} | 25 | 250 | 2 | 12 |
| NaOH | 1 | 0,1 | 1.10^{-1} | 1.10^{-13} | 25 | 250 | 1 | 13 |
| NaOH | - | - | 0 | 1.10^{-14} | - | - | 0 | 14 |

(d)* = água destilada

É importante salientar que, como as soluções estoque não foram padronizadas, os cálculos do Quadro 2 são teóricos e os valores de pH e pOH, encontrados pelas Equações 1, 2 e 3 (Quadro 1) são aproximados, mas adequados para o teste preliminar de coloração realizados com o indicador.

Para avaliar o comportamento dos extratos de repolho roxo preparados pelos diferentes métodos de extração, utilizou-se 3 estantes com 14 tubos de ensaio. Em cada tubo de ensaio se adicionou 5 mL de solução pH 1 a 14 e 1 mL do indicador natural. As soluções estoque e as soluções entre pH 1 a 14 restantes, foram armazenadas em frascos apropriados para utilização em aulas de química analítica.

Preparo e Padronização de Soluções

Após os testes preliminares realizados para verificar o comportamento do indicador de repolho roxo em diferentes meios de pH, preparou-se soluções de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e de ácido acético $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, com o objetivo de empregá-las na titulação de ácido forte por base forte e ácido fraco com base forte e verificar o comportamento do indicador de repolho roxo durante o processo de titulação. Para isso, foi necessário conhecer a real concentração dessas soluções, assim, o ácido clorídrico foi padronizado com padrão primário de carbonato de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$; o hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ foi padronizado com o padrão primário de biftalato de potássio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e a solução de ácido acético $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ foi padronizada com solução padrão secundário de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. Todas as padronizações foram realizadas em triplicata, seguindo metodologias propostas por Morita (Morita; Assumpção, 2007).

Titulação de Ácido Forte por Base Forte

Para a titulação ácido forte com base forte, transferiu-se 25 mL de solução de HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ para um Erlenmeyer de 250 mL. Adicionou-se 1 mL do extrato alcoólico do indicador de repolho roxo à solução e, sob agitação com auxílio de uma barra magnética e uso de pH-metro para acompanhamento do pH. O pH-metro foi calibrado utilizando soluções tampão de pH 4,0, 7,0 e 10. Em seguida, titulou-se a solução ácida com NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. A adição do titulante (NaOH) foi realizada lentamente, de 3 em 3 gotas e, próximo ao ponto de equivalência, passou a se adicionar NaOH de gota a gota. Anotou-se a cor do indicador e pH inicial do sistema e ao final de cada adição de base. Ao fim da reação, para comparações com dados da literatura (Baccan et al., 2001) determinou-se o erro de titulação devido ao uso do indicador e construiu-se as curvas de titulação, que foram plotadas com programa CurTiPot, disponível, gratuitamente, na plataforma online da USP, disponível em <http://www.iq.usp.br/gutz>.

Titulação de Ácido Fraco por Base Forte

Para a titulação do CH_3COOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, utilizou-se 1 mL do indicador alcoólico de repolho roxo e NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ como titulante. Empregou-se o mesmo procedimento metodológico para titulação ácido forte por base forte supracitada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação da mudança de cor do extrato de repolho roxo em diferentes meios de pH

Os extratos aquosos obtidos por aquecimento a $90 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 2a), por esmagamento para obtenção da polpa com álcool 46,2% como solvente extrator (Figura 2b) e o extrato alcoólico por imersão em etanol 92% por 24 horas (Figura 2c), mostraram um comportamento ácido-base muito semelhante frente aos meios de pH 1 a 14. Os três extratos apresentaram alteração de coloração entre as faixas de pH 1-3 de vermelho para róseo, pH 3-4 de róseo para violeta, pH 4-8 de violeta para azul-

claro, pH 8-11 de azul-claro para verde-escuro e pH 11-12 de verde-escuro para amarelo. Entretanto, o extrato obtido por imersão em etanol 92%, apresentado na Figura 2c, mostrou faixas de viragem com mudanças de coloração mais nítidas. Provavelmente, ocorre uma maior extração de das antocianinas, espécies com estruturas químicas complexas e anfipática (Figura 1), ou seja, com polaridade mais semelhante ao etanol.

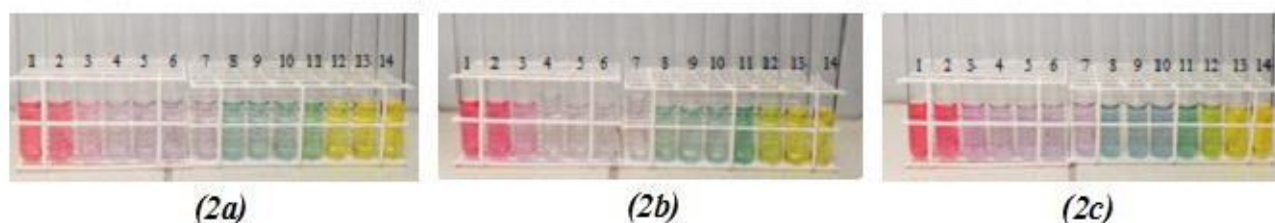


Figura 2. Cor do extrato de repolho roxo em solução com diferentes pH

Fonte: Dados experimentais do trabalho.

No Quadro 3, relaciona-se as alterações de cor do extrato de repolho roxo, visualizadas nos testes da Figura 2, com as suas faixas de viragem de pH. As cores observadas são explicadas pelas reações de equilíbrio entre as antocianinas presentes em sua composição com seus respectivos íons formados, quando em contato com diferentes meios de pH, vistas anteriormente na Figura 1. Dessa forma, nota-se que em soluções entre pH 6 e 7 a cor predominante das antocianinas é violeta, Figura 1b. Em meio fortemente ácido, pH menor que 3, a anidrobases desloca o equilíbrio químico da reação para a esquerda, formando o cátion flavílico, com mudança da coloração violeta para vermelho intenso, Figura 1a. Em pH 8 a anidrobases neutra é ionizada e passa para a forma aniônica, com variação de tonalidade entre azul e verde, Figura 1c. Logo, entre pH 11 e 12, meio fortemente alcalino, há modificação da cor do indicador para amarelo em função do deslocamento de equilíbrio para formação da pseudobases chalcona, Figura 1d (Terci; Rossi, 2002, Bernardino et al. 2013, Março; Poppi, 2008).

Quadro 3. Faixas de viragem de pH e coloração do indicador de repolho roxo

| Concentração das soluções (mol L ⁻¹) | Faixa de viragem, pH | Cor |
|---|----------------------|---------------------------|
| HCl 1.10 ⁻² e HCl 1.10 ⁻³ | 1 – 3 | Vermelho – Róseo |
| HCl 1.10 ⁻³ e HCl 1.10 ⁻⁴ | 3 – 4 | Róseo – Violeta |
| HCl 1.10 ⁻⁴ e NaOH 1.10 ⁻⁶ | 4 – 8 | Violeta – Azul claro |
| NaOH 1.10 ⁻⁶ e NaOH 1.10 ⁻³ | 8 – 11 | Azul claro – Verde escuro |
| NaOH 1.10 ⁻³ e NaOH 1.10 ⁻² | 11 – 12 | Verde escuro – Amarelo |

Fonte: Dados experimentais do trabalho.

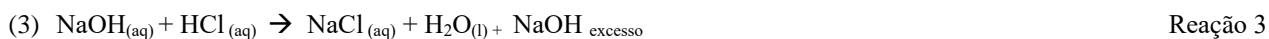
Do ponto de vista qualitativo, consideramos interessantes as amplas faixas de viragem do extrato de repolho roxo em diferentes meios de pH. Em função deste comportamento e amparados na teoria de Guimarães, Alves e Filho (2012), os quais recomendam o uso de indicadores que possuam mudança de cor em regiões ligeiramente ácidas, pH maior que 5 e pH menor que 7 para titulações de base fraca por ácido forte, indicadores com intervalo de pH maior que 7 e menor que 9 para titulações de ácido fraco por base forte e indicadores com faixas de viragem entre pH 4 e 7 para titulação de ácidos e bases fortes, procedeu-se com a titulação de ácido forte por base forte e ácido fraco com base forte, para avaliar a possibilidade de emprego do extrato alcoólico de repolho neste tipo de titulação, conforme veremos a seguir, a fim de verificar a possibilidade do uso de indicador de repolho roxo em práticas de volumetria de neutralização.

Resultados da padronização do HCl 0,1 mol L⁻¹ e do NaOH 0,1 mol L⁻¹

A soluções de HCl 0,1 mol L⁻¹ e de NaOH 0,1 mol L⁻¹ foram inicialmente padronizados para verificação das reais concentrações. O fator de correção (Fc) do HCl 0,1 mol L⁻¹ foi 1,01. Sendo assim a concentração real de solução de HCl é de 0,101 mol L⁻¹ e seu pH 0,99. A solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ apresentou Fc 1,02. Portanto sua concentração é de 0,102 e seu pH 13,00.

Titulação do HCl 0,102 mol L⁻¹ com NaOH 0,101 mol L⁻¹

Nesta titulação utilizou-se como indicador o extrato de repolho roxo obtido extração alcoólica (Figura 2c) e a fenolftaleína 1%, para fins comparativos. O Quadro 4 apresenta os resultados obtidos na titulação de 25 mL de HCl 0,102 mol L⁻¹ com NaOH 0,101 mol L⁻¹ como titulante nos quatro principais pontos do meio reacional, no início isto é, antes de se adicionar qualquer quantidade de titulante, antes do ponto de equivalência (1), no ponto de equivalência (2) e após o ponto de equivalência (2), conforme mostram as reações abaixo.



Antes de iniciar a titulação mediu-se o pH da solução de HCl que foi igual a 1,15 (Quadro 4), o qual apresentou um erro de 0,16 unidades, considerando que a solução de HCl padronizada possuía um pH 0,99. Mesmo com o erro considerável, consideramos o estudo viável, tendo em vista que o principal objetivo de toda a prática era estimular os alunos no planejamento e execução de atividades experimentais voltadas ao ensino de Ciências. Além disso, reagentes vencidos e a falta de equipamentos destinados exclusivamente às pesquisas causa desgastes rápidos aos materiais disponíveis nos laboratórios do Instituto, aumentando a possibilidade de erros aleatórios (Skoog et al., 2010).

Outra questão relacionada ao erro observado, refere-se ao fato de os pontos mudança de coloração do indicador de repolho roxo ocorrerem em volumes muito próximos, entre 25,2 e 25,3 mL, incorrendo em dificuldades na determinação do volume real gasto, pela falta de precisão da bureta utilizada. De fato, percebe-se na técnica de titulação com o indicador de repolho roxo e também com a fenolftaleína, que o ponto de equivalência (pH 7) ocorre em um valor que não poderia ser medido pelo equipamento. Além disso, para titulações de ácidos e bases fortes Guimarães, Alves e Filho (2012) recomendam o uso de indicadores que possuam mudança de cor em regiões com faixas de viragem entre pH 4 e 7.

Como vimos, apesar das amplas faixas de viragem (comportamento de indicadores mistos), que dão indicativos de proximidade ao ponto de equivalência da reação, o indicador de repolho roxo tem faixa de viragem entre pH 4 e 8 e a fenolftaleína fica entre 8,2 e 10, o que pode indicar os erros maiores, uma vez que estes indicadores não estão exatamente entre a faixa ideal de viragem de pH apresentado por Guimarães, Alves e Filho (2012).

Quadro 4. Resultados referentes a titulação ácido forte por base forte com indicador de repolho roxo.

| Volume de NaOH (mL) | pH teórico | pH experimental | Cor do indicador de repolho roxo |
|---------------------|------------|-----------------|----------------------------------|
| 0 | 0,99 | 1,15 | Vermelho |
| 25,2 | 4,02 | 6,84 | Incolor |
| 25,3 | 9,85 | 8,48 | Azul claro (esverdeado) |
| 29,1 | 11,86 | 11,61 | Amarelo |

Fonte: Dados experimentais do trabalho.

Teoricamente, após iniciar a titulação, estimava-se um gasto de aproximadamente 25,25 mL de titulante ($\text{NaOH } 0,101 \text{ mol L}^{-1}$) e para neutralizar 25 mL de $\text{HCl } 0,102 \text{ mol L}^{-1}$ e atingir o ponto de equivalência da reação em pH 7, por se tratar de uma titulação entre ácido e base fortes. Entretanto, experimentalmente, um pouco antes do ponto de equivalência, ao adicionar 25,2 mL de titulante, pH 6,84, observou-se alteração de cor violácea do indicador de repolho roxo para incolor, indicando estar próximo a equivalência e ao adicionar 25,2 mL de NaOH com pH 8,48, indicado ultrapassagem do ponto de equivalência, demonstrando que volume de equivalência está entre 25,2 e 25,3 mL (Quadro 4).

As imagens da Figura 3 (3a, 3b, 3c e 3d) mostram as alterações de cor do indicador de repolho roxo frente aos diferentes meios reacionais (pH 0,99 pH 6,48, pH 8,48 e pH 11,61, respectivamente), observados durante a titulação do HCl com NaOH .

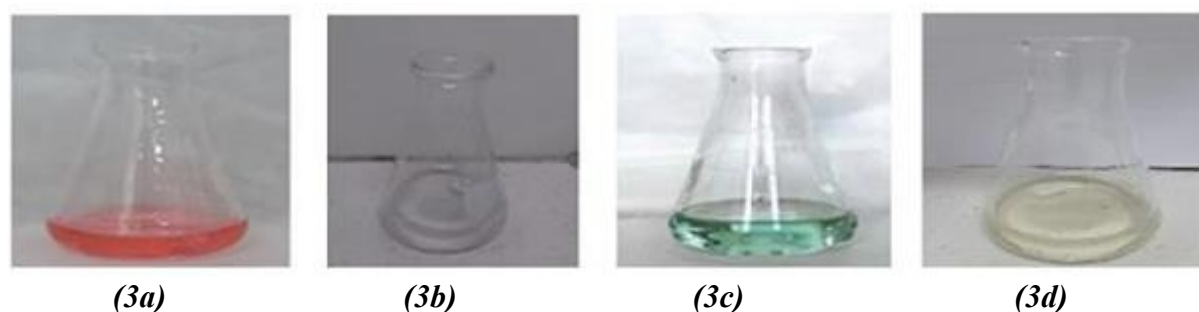


Figura 3. Cores do extrato de repolho roxo em diferentes meios de pH observadas na titulação do ácido forte por base forte. Fonte: Dados experimentais do trabalho.

Na imagem da Figura 3a nota-se a cor vermelha do indicador de extrato de repolho em meio reacional fortemente ácido (pH 1,15), que ocorre devido a anidrobases ionizar na presença de íons H^+ formando excesso do cátion flavílico (AH^+), passando de coloração violeta (Figura 4b, logo abaixo) para vermelho (Figura 4a). Durante a titulação, com a elevação do pH próximo a 6 as antocianinas perdem a sua coloração até ficarem incolores, devido a predominância de carbinol (Figura 4e). Importante enfatizar que somente foi possível evidenciar a alteração de coloração incolor pelo controle de pH do meio reacional. A ionização da anidrobases em pH alcalino (pH 8,48) produz anidrobases aniônicas com coloração que varia sua tonalidade entre azul e verde (Figura 4c), passando ao amarelo em pH próximo a 12, pela predominância de pseudobases chalcona (Figura 4d).

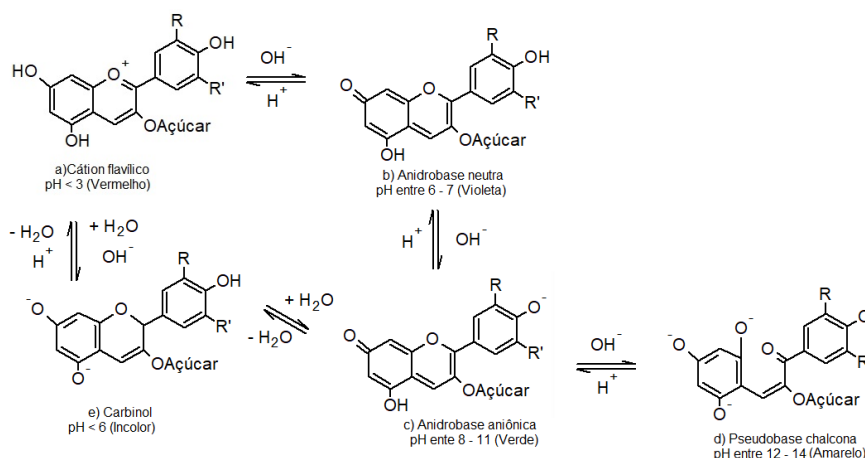


Figura 4. Apresentação genérica do deslocamento do equilíbrio de uma antocianina em meio ácido e básico
Fonte: Terci; Rossi (2002), com adaptações.

Durante o trabalho os estudantes também exploraram a possibilidade de esboçar curvas de titulação utilizando o programa CurtTop, evidenciando os quatro principais pontos da titulação: no início da reação, antes do ponto de equivalência, no ponto de equivalência e após o ponto de equivalência. Neste contexto, a partir da relação do volume de NaOH 0,102 mol L⁻¹ gasto na titulação dos 25 mL de HCl 0,101 mol L⁻¹ e o pH do meio reacional, construíram as curvas de titulação experimental utilizando o extrato de repolho roxo como indicador (Figura 5a) para comparações com dados da literatura (Fig. 5b, Baccan et al., 2001).

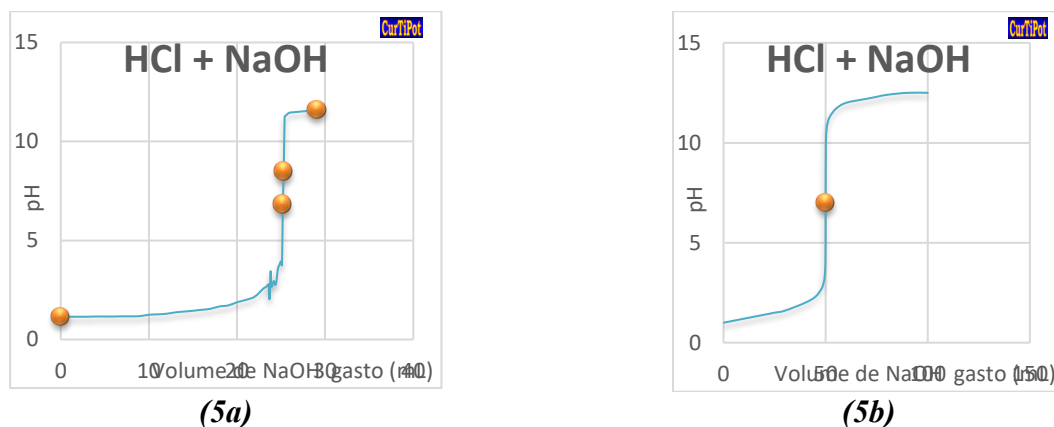


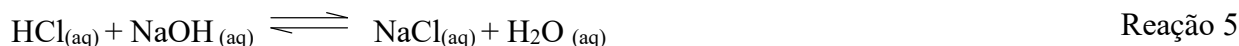
Figura 5. Curvas de titulação do HCl 0,101 mol L⁻¹ por NaOH 0,102 mol L⁻¹: (5a) uso de repolho roxo como indicador e (5b) curva de titulação teórica proposta por Baccan, et al., (2001)

Fonte: Dados experimentais do trabalho (5a); Baccan, et al., (2001), (5b).

As curvas de titulação apresentadas nas Figuras 5a 5b são semelhantes. Na curva de titulação experimental com repolho roxo (Figura 5a) observa-se inicialmente um pH experimental de 1,15 devido à presença exclusiva de ácido clorídrico ionizado, Reação 4.



A medida que a base forte (NaOH 0,101 mol L⁻¹) é adicionada ao ácido forte (HCl mol L⁻¹) ocorre um aumento lento de pH, devido ao efeito tamponante do meio reacional, visto no gráfico da Figura 5a, ocasionado pela presença do excesso de ácido clorídrico ionizado, concomitante a formação de cloreto de sódio (NaCl), conforme mostra a Reação 5.



Na adição de 25,2 mL de NaOH 0,101 mol L⁻¹ o pH do meio sobe para 6,84 com alteração da cor vermelha do indicador (Figura 3a, acima) para incolor (Figura 3b), momento em que admite-se estar próximo ao ponto de equivalência, que é atingido ao adicionar 25,3 mL da base com pH 8,48 e mudança de coloração do indicador de incolor (Figura 3b) para azul-claro (Figura 3c). Neste ponto da reação, têm-se a formação de cloreto de sódio, constituído por cátion de base forte (Na⁺) e um ânion de ácido forte (Cl⁻).

Ao avaliar o extrato de repolho roxo e a fenolftaleína (viragem 8,2 -10) como indicadores para titulação de um ácido forte por uma base forte, percebe-se que não é possível detectar alteração da cor destes indicadores em pH 7, quando se dá a neutralização total do ácido e da base, implicando em um erro de titulação. O erro de titulação verificado pela escolha do extrato alcoólico de repolho

roxo como indicador foi de 3,2% considerando que se atingiu o ponto de equivalência em pH 8,48, com um volume gasto de titulante igual a 25,3 mL. Uma das causas do erro é o fato da viragem do indicador ser gradual e se dar em um certo intervalo de pH, diferente do pH do ponto de equivalência, que neste caso seria pH 7, por envolver a neutralização entre ácido e base fortes. Quanto mais a curva de titulação se afastar da perpendicularidade ao redor do ponto de equivalência, mais gradual será a mudança da cor do indicador. Nestes casos, mesmo que se use o indicador adequado, aparece um erro indeterminado devido à dificuldade em se decidir quando exatamente ocorre a viragem (Baccan et al., 2001).

Após o ponto de equivalência, com adição de 29,1 mL de NaOH, pH igual 11,61, o meio reacional tampona lentamente, observável do gráfico das Figuras 5a. Ponto em que se têm a formação de cloreto de sódio (NaCl) e excesso de base (NaOH) e a tonalidade verde do indicador de repolho roxo (Figura 3c) passa para amarelo (Figura 3d).

Titulação de CH_3COOH $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ por NaOH $0,098 \text{ mol L}^{-1}$

O fator de correção (Fc) do ácido acético (CH_3COOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ foi 0,97, sendo a concentração real da solução de $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ com pH final igual a 1. O hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ apresentou Fc 0,98 e concentração real de $0,098 \text{ mol L}^{-1}$, cujo pH final igual a 13.

O Quadro 6 mostra alguns resultados obtidos durante a titulação de 25 mL CH_3COOH $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ por NaOH $0,098 \text{ mol L}^{-1}$, no início, ou seja, antes de se adicionar qualquer quantidade de titulante, antes do ponto de equivalência, no ponto de equivalência e após o ponto de equivalência.

Quadro 6. Dados obtidos na titulação ácido fraco por base forte com indicador de repolho roxo

| Volume de NaOH (mL) | pH teórico | pH experimental | Cor do indicador |
|---------------------|------------|-----------------|------------------|
| 0,0 | 1,47 | 2,70 | Vermelho |
| 12,6 | 4,77 | 4,60 | Incolor |
| 22,0 | 5,67 | 7,74 | Azul claro |
| 27,2 | 11,66 | 12,28 | Amarelo |

Fonte: Dados experimentais do trabalho.

A Figura 6 (6a, 6b, 6c e 6d), mostra as alterações do indicador de repolho roxo nos meios reacionais em pH 2,70, pH 4,60, pH 7,74, pH 12,28, respectivamente, averiguadas na titulação do CH_3COOH $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ por NaOH $0,098 \text{ mol L}^{-1}$.



Figura 6. Cor do extrato de repolho roxo em diferentes meios de pH observado pela titulação do ácido fraco por base forte

Fonte: Dados experimentais do trabalho.

A partir dos resultados experimentais, dentre os quais alguns foram apontados no Quadro 6, pôde-se construir a curva de titulação experimental do CH_3COOH $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ versus NaOH $0,098 \text{ mol L}^{-1}$ (Figura 7a), para comparações com Baccan et al., (2001), na Figura 7b.

O pH 2,70, medido experimentalmente na solução de ácido acético (Figura 7a), apresenta um erro de 1,7 unidades quando comparado a solução de ácido acético $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ (pH 1) inicialmente preparada e padronizada. Contudo, o pH 2,70 está muito próximo do pH 3, observado na volumetria de neutralização do ácido acético $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ por hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ proposta por Baccan et al., (2001), Figura 7b. Provavelmente, uma das causas dessa diferença, está relacionada ao baixo grau de ionização do ácido acético (0,013%) e baixa constante de ionização em meio aquoso (K_a $1,75 \cdot 10^{-5}$). Da mesma forma, reforçamos que a escolha do indicador de pH é essencial para não incorrer em erros de titulação muito elevados, no caso de titulação de ácido fraco com base forte, a viragem deve estar entre 7 e 9 (Guimarães; Alves; Filho, 2012).

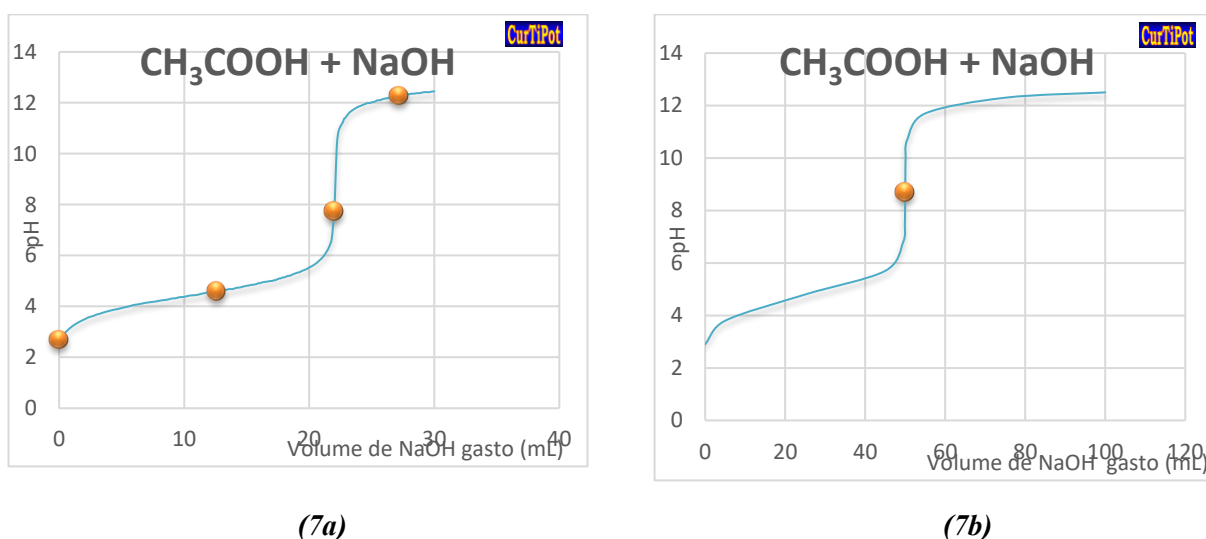
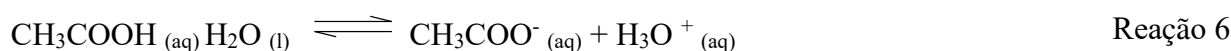
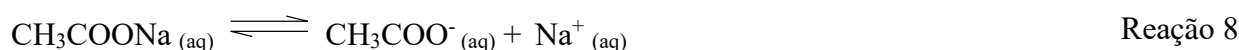


Figura 7. Curvas de titulação do CH_3COOH $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ por NaOH $0,097 \text{ mol L}^{-1}$ com extrato de repolho roxo como indicador (7a); curva teórica proposta por Baccan, et al., (2001), (7b)
Fonte: Dados experimentais do trabalho, (7a); Baccan, et al., (2001), (7b).

No início da titulação a coloração vermelha do extrato alcoólico do repolho roxo (Figura 6a), ocorre devido exclusivamente a ionização do ácido acético em meio aquoso com pH 2,70, Reação 6.

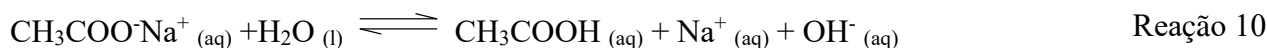
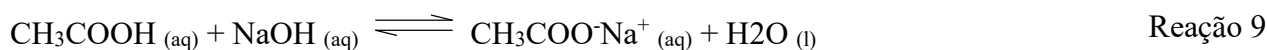


Antes do ponto de equivalência, à medida que 12,6 mL de base forte é adicionada o pH eleva para 4,6, com alteração da cor vermelho do indicador (Figura 6a) para incolor (Figura 6b). Nesta etapa da titulação, observa-se uma elevação lenta do pH na curva de titulação (Figura 7a) devido ao efeito tamponante do meio reacional. O efeito tampão resulta pela mistura de ácido acético (ácido fraco) que restou sem reagir e encontra-se ionizado no meio reativo e acetato de sódio (sal de ácido fraco) formado na reação do ácido acético com o hidróxido de sódio, Reações 7 e 8.



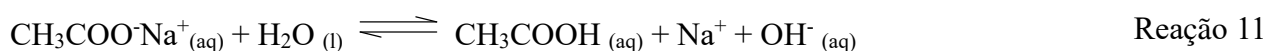
Ao adicionar 22,00 mL de base, o meio reacional assume coloração azul-claro (Figura 6c) com pH 7,74, momento em que se observa o ponto de equivalência da reação, visto no gráfico da Figura 7a. Nesta etapa, considera-se possuir no meio reacional uma mistura de ácido acético, acetato

de sódio (sal de ácido fraco) que sofre hidrólise, produzindo hidróxido de sódio com pH alcalino, reações 9 e 10.



O erro de titulação da reação no ponto de equivalência em função da escolha do indicador foi 12%, que pode estar relacionado a alteração brusca do pH no meio fortemente básico, observado na curva de titulação da Figura 7a. Ao comparar a curva de titulação experimental com a curva de titulação teórica (Baccan et al., 2001), Figuras 7a e 7b, respectivamente, nota-se que os valores do pH de equivalência ficam acima de 7, por se tratar de uma titulometria entre ácido fraco por base forte.

Na sequência da titulação, a solução foi tornando-se fortemente alcalina, deixando a coloração do meio amarela (Figura 6d), em pH 12,28, com pequenas variações no pH (Figura 7a), devido a ação tamponante do meio reacional, impedindo alterações bruscas de pH na presença de pequenos excessos de NaOH, Reações 11 e 12.



A partir da apresentação dos resultados vistos até aqui, foi possível observar que o extrato de repolho roxo pode ser empregado no estudo de volumetria de neutralização de ácido forte por base forte e ácido fraco por base forte, sempre considerando os possíveis erros embutidos na extração do indicador e nas faixas de viragem levemente diferentes das propostas por Guimarães, Alves e Filho (2010). De modo geral defendemos que, na falta de um indicador mais adequado (fenolftaleína ou alaranjado de metila, por exemplo) o extrato de repolho pode ser empregado no estudo de técnicas de extração e relação com a solubilidade, o preparo de soluções e seus cálculos, padronização de soluções, cálculos envolvendo conceitos de pH, a técnica de titulação, as reações de neutralização e relações teóricas e práticas com o pH e o esboço de uma curva de titulação e a importância da escolha do indicador e a motivação para a realização de trabalhos integradores, amparados na problematização e na investigação.

Reforçamos que apesar dos erros observados, o trabalho atendeu aos objetivos esperados em termos do estudo integrativo do processo de titulação pelos alunos. É importante salientar que as etapas do trabalho foram propostas por eles na execução das atividades e que, durante elas, os professores atuaram apenas como mediadores, em especial em momentos requisitados. Acreditamos que a investigação integradora se mostrou uma metodologia de imersão dos acadêmicos na pesquisa científica durante os trabalhos de conclusão de curso e que o sucesso da prática se confirmou na aprovação dos mesmos pela banca de avaliação.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, constatou-se a possibilidade de uso do extrato repolho roxo, como indicador de pH alternativo em titulações entre ácido forte por base forte e ácido fraco por base forte devido aos seus quatro pontos de viragem e colorações características. Contudo, os erros apresentados no uso do indicador de repolho roxo indicam que o mesmo não deve ser utilizado em medidas que requerem precisão, nas quais os indicadores comerciais conhecidos, como fenolftaleína e alaranjado de metila devem ser preferidos, que tem suas faixas de mudanças de pH largamente conhecidas e concordantes com os valores trazidos na literatura.

Importante ressaltar que antes de iniciar uma titulação é necessário dar atenção a escolha do indicador avaliando previamente sua faixa de viragem: indicadores que possuam mudança de cor em regiões ligeiramente ácidas, pH maior que 5 e pH menor que 7 são indicados para titulações de base fraca por ácido forte; indicadores com intervalo de pH maior que 7 e menor que 9 para titulações de ácido fraco por base forte e indicadores com faixas de viragem entre pH 4 e 7 para titulação de ácidos e bases fortes (Guimarães; Alves; Filho, 2012).

Por outro lado, tendo em vista o objetivo principal desse trabalho foi mostrar as etapas de uma proposta integradora com ênfase na solução de um problema por meio da investigação, defendemos que as atividades realizadas nos trabalhos de conclusão de curso demonstram que os futuros professores desenvolveram os pontos elencados na experimentação integradora ao pesquisar sobre o tema a ser estudado, propor e realizar atividades experimentais condizentes com a pesquisa e analisar os dados obtidos para construir conclusões.

As práticas descritas neste estudo podem contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, dando uma visão mais ampla sobre o tema volumetria de neutralização, num processo de construção e apropriação do conhecimento. Do mesmo modo, orientar a transposição didática do conteúdo para a Educação Básica, possibilitando, aos futuros professores, alternativas para sua aplicação no ensino médio. Além disso, considera-se indispensável evidenciar a importância da participação ativa dos estudantes em todo o processo que envolveu ações experimentais, desde o planejamento e execução à discussão e apresentação dos resultados, pois entende-se que atividades práticas incentivam a participação, aproximam professor e aluno, provocam diálogo e reflexões, estimulam a pesquisa aplicada e agregam valor científico ao conteúdo.

Esse trabalho permite pensar em possibilidades de continuidade no estudo das implicações da experimentação integradora no processo de ensino e aprendizagem. Em especial, em procedimentos que permitam avaliar os aspectos concernentes às capacidades de pesquisa, elaboração e execução das atividades experimentais e, sobretudo, capacidades como o desenvolvimento da argumentação e a relação afetiva do estudante com o professor e com o objeto de estudo.

REFERÊNCIAS

- Atkins P., Jones, L. (2012). *Princípios da química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman.
- Baccan, N., Andrade, J, C., Godinho, O, E, S., Barone, J, S. (2001). *Química analítica quantitativa elementar*. 3ª ed, São Paulo: Blucher.
- Bernardino, A. M. R., Pereira, A. S., Araripe, D. R., Souza, N. A., Azevedo, R. V. D. (2013). *Antocianinas – Papel indicador de pH e estudo da estabilidade da Solução de Repolho Roxo*. Núcleo de Pesquisa em Ensino de Química – Pós-Graduação em Ensino de Ciências - Modalidade Química - I.Q. - Universidade Federal Fluminense. CAPES/FAPERJ.

- Couto, A. B., Ramos, L. A., Cavalheiro, E. T. G. (1998). Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. *Química Nova*, 21(2), 221-227.
- Dias, M. V., Guimarães, P. I. C., Merçon, F. (2003). Corantes naturais: Extração e Emprego como indicadores de pH. *Química Nova na Escola*, 17, 27-31.
- Fogaça, J. *Indicador ácido-base com repolho roxo. Manual da Química*. Acesso em 18 mar., 2017. <manualdaquimica.uol.com.br/experimentos-quimica/indicador-acido-base-com-repolhoroxo.html.
- Gatti, B. A. (2016). Formação de Professores: Condições e Problemas Atuais. *Revista Internacional de Formação de Professores (RIFP)*.1, p.161-171.
- Gouveia-Matos, J. A. M. (1999). Mudança nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, 10, 6-10.
- Guimarães, W., Alves, M, I, R., Filho, R, A. (2012). Antocianinas em extratos vegetais: Aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas. *Química Nova*, 35(8), 1673-1679.
- Março, P. H., Poppi, R, J. (2008). Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. *Química Nova*, 31(5), 1218-1223.
- Marques, J. A., Biazoto, K., Biasi, L. H., Domingui, L. (2011). *Estudo do Comportamento de Antocianinas como Indicadores Naturais*. I Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação. Criciúma, Atas... Instituto Federal de Santa Catarina, p. 42-44.
- Mendes, C. M. (2011). Desenvolvimento e compilação de experimentos para a disciplina de Química Geral Experimental II, com vistas a um ensino experimental investigativo. II Congresso Paranaense de Educação Química. Toledo, Anais... Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- Mendes, M. (2018). *Experimentos de química geral na perspectiva da química verde*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Morita, T., Assumpção, R, M, V. (2007). *Manual de soluções, reagentes e solventes; padronização, preparação, purificação com indicadores de segurança e de descarte de produtos químicos*. São Paulo: Blucher.
- Mortimer, E. F; Machado, A. H; Romanelli, L. I. (2000). Proposta Curriculares de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. *Química Nova*. 23(2), p.273-283.
- Oliveira, N. S. (2014). *Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE*. Paraná.
- Porto, P. A., Queiroz, S. L., Santos, W. L. (2014). Desafios para a formação de professores de química. *Química Nova na Escola*. 36(4), p 251.
- Russel, J. B. (1994). *Química geral*. 2ª Ed, São Paulo: Pearson Makron Books.
- Sandri, M. C. M., Kluconski, S., Schneider, L. T. (2016). *A experimentação no Ensino Superior sob a Abordagem Integradora e com vistas a atender os princípios da Química Verde*. 18 Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis. Anais..., Universidade Federal de Santa Catarina.
- Skoog, D, A., West, D. M., Holler, F. J., Crouch, S, R. (2010). *Fundamentos da Química analítica*. São Paulo, Cengage Learning.

Soares, M. H. F. B., Cavalheiro, E. T. G., Antunes, P. A. (2001). Aplicação de extratos brutos de flores de quaresmeira e azaleia e da casca de feijão preto em volumetria ácido-base. Um experimento para cursos de análise quantitativa. *Química Nova*, 24(3), p 408-411.

Terci, D. B. L., Rossi, A. V. (2002). Indicadores naturais de pH: Usar papel ou Solução?. *Química Nova*, 25, p. 684-688.