



O uso do extrato de *Alternanthera brasiliana* L. como indicador ácido-base no ensino de Química

Use of extract of the *Alternanthera brasiliana* L. as an acid-base indicator in the teaching of chemistry

L. C. Sarmiento^{1*}; D. M. M. Lima¹; E. Z. Ramos²; E. P. B. Freitas³; R. F. Souza⁴

¹Centro de Ciências Sociais e Educação, Universidade do Estado do Pará, 68860-000, Salvaterra-PA, Brasil

²Escuela Preparatoria Regional de San Miguel el Alto, Universidad de Guadalajara, Bachillerato General por Competencias, Atotonilco el Alto, Jalisco, Mexico.

³Programa de Pós-graduação em Química/Grupo de Pesquisa em Química, Ensino de Química e Meio Ambiente, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, 68513-060, Marabá-PA, Brasil

⁴Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia, Universidade do Estado do Pará, 68860-000, Salvaterra-PA, Brasil

*lohannesarmiento@gmail.com

(Recebido em 08 de dezembro de 2022; aceito em 18 de fevereiro de 2023)

A utilização de propostas didáticas no ensino de química, que usem a experimentação, pode auxiliar na compreensão de conteúdos abstratos, como contribuir para motivar e despertar o interesse dos alunos durante as aulas. Diante disso, o presente estudo teve por objetivo investigar a capacidade do extrato das folhas da espécie *Alternanthera brasiliana* como indicador natural para o uso em aula experimental de química. Para tanto, foi necessário quantificar o teor de antocianinas monoméricas totais, além de determinar o comprimento de onda de máxima absorvância do extrato como, também, o valor de pK_{ind} . No teste de coloração, prepararam-se soluções que variam de pH 2 a 12, sendo adicionadas 6 gotas do indicador natural em cada solução, de modo a observar a variação da coloração das soluções em relação ao pH do meio. As colorações apresentadas pelas soluções foram: rosa (pH de 2 a 9) e amarelo (pH 10 a 12). A partir das demais análises realizadas, pode-se concluir que apesar do extrato das folhas não apresentarem altos teores de antocianinas (7,54 mg/100 g), demonstrou potencial para indicar soluções alcalinas acima de pH 9, podendo ser notada uma mudança de coloração visível de rosa para amarelo. Assim, a metodologia utilizada nesta pesquisa pode ser incorporada como prática de laboratório nas aulas de química.

Palavras-chave: experimentação na química, indicadores naturais, ensino e aprendizagem.

The use of didactic proposals in the teaching of chemistry, which make use of experimentation can help in the understanding of abstract contents, such as contributing to motivate and awaken the interest of students during classes. Therefore, the present study aimed to investigate the ability of extract from the leaves of the species *Alternanthera brasiliana* as a natural indicator for use in an experimental chemistry class. Therefore, it was necessary to quantify the total monomeric anthocyanin content, in addition to determining the wavelength of maximum absorbance of the extract as well as the pK_{ind} value. In the staining test, solutions ranging from pH 2 to 12 were prepared, and 6 drops of the natural indicator were added in each solution, in order to observe the variation of the staining of the solutions in relation to the pH of the medium. The colors presented by the solutions were: pink (pH of 2 to 9) and yellow (pH 10 to 12). From the other analyses performed, it can be concluded that although the extract of the leaves does not present high levels of anthocyanins (7.54 mg/100 g), it demonstrated potential to indicate alkaline solutions above pH 9, and a visible color change from rose to yellow can be noted. Thus, the methodology used in this research can be incorporated as laboratory practice in chemistry classes.

Keywords: experimentation in chemistry, natural indicators, teaching and learning.

1. INTRODUÇÃO

Em química, substâncias ácidas e básicas são de grande interesse devido ao seu envolvimento em muitas reações químicas, em procedimentos analíticos dentro do laboratório, na indústria e, ainda, em seres vivos. Para determinação do caráter ácido ou básico de uma solução, bem como indicar o ponto de equivalência em uma titulação, são adicionadas gotas de substâncias conhecidas como indicadores ácido-base ou indicadores de pH. Estes são compostos orgânicos que se caracterizam pela presença propriedades físico-químicas favoráveis a mudança de cor

quando expostos a determinada concentração de íons H^+ ou de íons OH^- . Estes indicadores podem ser classificados como naturais ou sintéticos [1, 2].

Atualmente são usados nos procedimentos experimentais de titulação os indicadores sintéticos como o azul de bromotimol, fenolftaleína, alaranjado de metila, dentre outros. No entanto, essas substâncias sintéticas ocasionam poluição ambiental, pois são descartados nas pias, além de possuir um custo elevado, o que se torna um empecilho para sua utilização em sala de aula, sobretudo nas escolas públicas. Nesse sentido, ressalta-se a necessidade de buscar substâncias ou conjuntos de compostos na forma de extratos que possam ser utilizados como indicadores de baixo custo, serem de fácil acessibilidade e não poluente [3].

Em geral, é sugerido o uso de indicadores naturais, pois se destacam devido à coloração oriundas dos tecidos vegetais e pelas diferentes tonalidades adquiridas, uma vez que são inseridos em diversos meios de pH que os qualificam para a substituição dos indicadores sintéticos [4]. As antocianinas e betalainas são corantes naturais e possuem características semelhantes ou idênticas uma à outra (Figura 1), porém nunca foram identificadas juntamente, são responsáveis por promoverem coloração às plantas. As antocianinas apresentam as tonalidades azul, violeta, rosa e todas as tonalidades de vermelho e as betalainas se subdividem em duas subclasses: betacianinas atribuem colorações vermelho e violeta e a betaxantinas atribuem amarelo e laranja [5, 6].

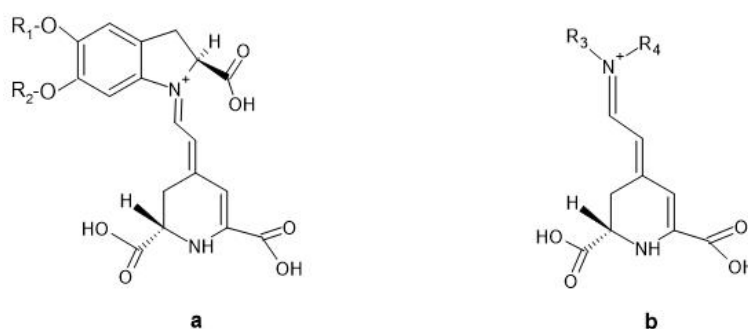


Figura 1: Estrutura das betacianinas (a) e betaxantinas (b). Fonte: Adaptado de Sadowska-Bartosz e Bartosz (2021) [5].

Devido a essas características e, principalmente, a possibilidade de sofrerem mudanças nas suas estruturas moleculares, as betalainas promovem variação de coloração os quais podem ser alterados em meios ácidos ou básicos e também em função de fatores ambientais como calor e oxigênio [7] tornando as betalainas potencialmente aplicáveis para o uso como indicador natural. As betalainas derivam do amônio do ácido betalaminico, que quando condensado com aminas geram as betaxantinas e quando condensado com a ciclo-dioxifenilalanina (ciclo-DOPA) dá origem as betacianinas, esses pigmentos podem ser encontrados somente em 13 famílias da ordem Caryophyllales [8]. Diante dos vastos proveitos de utilizar os indicadores naturais está o fácil acesso, pois se encontra em grande abundância na natureza e pode ser descartado sem agredir o meio ambiente, uma vez que possui pigmentos solúveis em água, facilitando assim o seu despejo e suprimindo os indicadores sintéticos usados nos laboratórios.

O uso de corantes naturais como indicadores de pH vem ganhando destaque no ensino de química, haja vista que são encontrados facilmente na natureza e podem ser utilizados em aulas práticas, mesmo sem a existência de um laboratório na escola [3]. Além disso, os indicadores naturais podem ser explorados desde a etapa da obtenção do extrato até a caracterização visual das diferentes cores em função da mudança de pH do meio, outrossim, pode-se promover a interdisciplinaridade, pois abrange conceitos e procedimentos da química analítica e orgânica correlacionará também a classificação botânica das espécies envolvidas [9]. Portanto, o estudo de vegetais que possuem betalainas na sua composição é indispensável, em razão do mesmo possibilitar a utilização desses como indicadores ácido-base, simples e de baixo custo, permitindo, ainda, melhorias no processo de ensino e aprendizagem de química, assim viabilizando a

abordagem de conceitos básicos relacionados a pH, equilíbrio químico, técnica de volumetria e outros assuntos relacionados a este.

Com intuito de entender a utilização dos indicadores naturais para o ensino de química fez-se uma busca nas plataformas Google Acadêmico e Scielo, utilizando as palavras-chave: “Indicador natural ácido-base para o ensino de Química”, “Indicadores naturais de pH” e “Indicadores naturais ácido-base”, restringindo a busca para pesquisas brasileiras, e no período de 2010 a 2022 (Tabela 1).

A região Nordeste obteve o maior índice de publicação, destacando-se o estado do Piauí com 5 pesquisas (Figura 2).

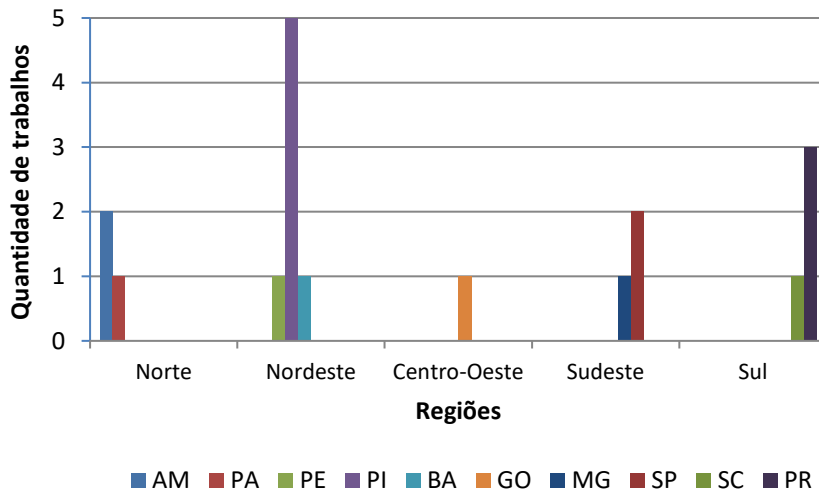


Figura 2: Distribuição dos trabalhos analisados por Estado Brasileiro e Regiões do Brasil.

No gráfico abaixo consta a quantidade e os anos das publicações, vale ressaltar que foram considerados os trabalhos científicos (Figura 3), os anos que não obtiveram índice de publicação indicam pesquisas em relação a monografias e também pesquisas publicadas em outros países, os quais não foram selecionados para este levantamento. Os anos com mais publicações no Brasil foram 2021, com cinco trabalhos, seguido do ano de 2020 com duas publicações.

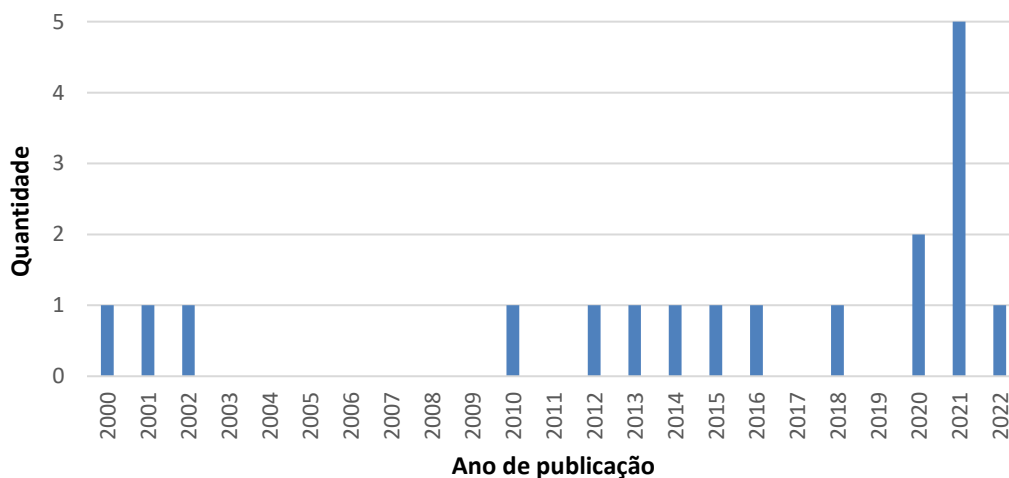


Figura 3: Quantidade de trabalhos publicados relacionados aos indicadores naturais ao longo dos anos.

Tabela 1: Uso de indicadores naturais no ensino de Química, no período de 2010 - 2022.

Nome científico	Nome Popular	Parte do vegetal	Coloração em meio ácido	Coloração em meio básico	Aplicou-se em sala de aula? Qual assunto?	Referência
<i>Curcuma longa</i>	Açafrão	Açafrão em pó	Amarelo	Vermelho	Sim. Ácidos, bases, equilíbrio iônico da água e outros conteúdos	De Oliveira et al. (2021) [10]
<i>Pterodon abruptus</i>	Cangalheiro	Cascas	Amarelo	Vermelho	Não	Mota e Cleophas (2014) [3]
<i>Thevetia peruviana</i>	Chapel-de-Napoleão	Flores	Incolor	Verde e amarelo	Não	Carvalho Filho et al. (2021) [11]
<i>Brassica oleracea</i>	Repolho roxo	Folha	-	-	Sim. Ácido-base	Yamaguch e Castro (2020) [12]
<i>Bauhinia variegata</i>	Pata de vaca	Flores	Rosa escuro	Verde e amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão preto	Grãos	Vermelho	Verde	Não	Nunes et al. (2022) [14]
<i>Beta vulgaris</i>	Beterraba	Raiz	Vermelho	Amarelo	Sim. Ácido base e outros conteúdos	Lucas et al. (2013) [15]
<i>Thunbergia erecta</i>	Tumbérgia-azul-arbustiva	Flores	Vermelho	Verde amarelado	Não	Carvalho Filho et al. (2021) [16]
<i>Morus nigra</i>	Amora	Fruto	Rosa	Roxo, azul e amarelo	Não	Terci e Rossi (2002) [6]
<i>Myrciaria cauliflora</i>	Jabuticaba	Casca	Vermelho	Verde e amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Myrciaria cauliflora</i>	Jabuticaba	Fruto	Vermelho	Laranja, roxo e amarelo	Não	Terci e Rossi (2002) [6]
<i>Lilium</i> sp.	Lírio alaranjado	Flores	Vermelho e incolor	Verde e amarelo	Não	Silva et al. (2020) [17]
<i>Lilium</i> sp.	Lírio amarelo queimado	Flores	Incolor	Amarelo, verde e azul	Não	Silva et al. (2020) [17]
<i>Lilium</i> sp.	Lírio amarelo	Flores	Incolor	Amarelo	Não	Silva et al. (2020) [17]
<i>Agapanthus</i> sp.	Agapanto violeta	Flores	Rosa	Verde e Amarelo	Não	Silva et al. (2020) [17]
<i>Agapanthus</i> sp.	Agapanto branco	Flores	Incolor	Amarelo	Não	Silva et al. (2020) [17]
<i>Hydrangea</i> sp.	Hortensia azul	Flores	Incolor	Amarelo	Não	Silva et al. (2020) [17]
<i>Solanum nigrum</i> L.	Maria Preta	Fruto	Vermelho e Rosa	Azul, Verde e Amarelo	Não	Ramos et al. (2000) [18]
<i>Beta vulgaris</i> L.	Beterraba	Raiz	Vermelho	Amarelo	Não	Cuchinski et al. (2010) [19]; Uchôa et al. (2016) [20]

Nome científico	Nome Popular	Parte do vegetal	Coloração em meio ácido	Coloração em meio básico	Aplicou-se em sala de aula? Qual assunto?	Referência
<i>Allamanda cathartica</i> L.	Alamanda-amarela	Flor	Vermelho	Amarelo e verde	Não	Uchôa et al. (2016) [20]
<i>Codiaeum variegatum</i> L.	Louro variegado	Folha	Vermelho	Amarelo e verde	Não	Uchôa et al. (2016) [20]
<i>Brassica oleracea</i>	Repolho roxo	Raiz	Vermelho	Amarelo	Não	Uchôa et al. (2016) [20]; Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Petunia x hybrida</i> Hort. ex. Vilm.	Petúnia	Flor	Rosa	Verde e Amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Syzygium cuminii</i> Skeels	Jambolão	Casca	Rosa intenso	Verde e amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Delonix regia</i> Rafin.	Flamboyant	Flor	Laranja	Amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Bidens gardneri</i> Baker	Picão	Flor	Amarelo	Laranja	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Tibouchina granulosa</i> Cogn	Quaresmeira	Flor	Rosa intenso	Verde e Amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standl.	Ipê roxo	Flor	Roxo	Verde e Amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Solanum lycocarpum</i>	Lobeira	Flores	Lilás	Verde e Amarelo	Não	Guimarães et al. (2012) [13]
<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	Feijão dos arrozais	Flor	Vermelho	Verde e Amarelo	Não	Nunes et al. (2021) [21]
<i>Tibouchina granulosa</i>	Quaresmeira	Flor	Vermelho	Verde e Amarelo	Sim. Ácido base e outros conteúdos	Soares et al. (2001) [22]
<i>Bahuinia variegata</i>	Unha de Vaca	Flor	Rosa e Marrom	Verde	Sim. Ácido base e outros conteúdos	Soares et al. (2001) [22]
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Feijão-preto	Grãos	Vermelho e rosa	Verde e Amarelo	Sim. Ácido base e outros conteúdos	Soares et al. (2001) [22]
<i>Euphorbia leucocephala</i> Lotsy	Véu de noiva	Flor	Rosa	Verde	Não	Carvalho Filho et al. (2021) [23]
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacau	Sementes	Vermelho	Verde e Amarelo	Não	Amorin et al. (2015) [24]
<i>Renealmia exaltata</i> L. f.	Pacová-de-macaco	Frutos	Laranja	Ambar e Branco	Não	Vasques et al. (2018) [25]

Neste levantamento, não se obteve resultados de trabalhos publicados relacionados com a planta *A. brasiliiana* como uso de indicador natural, porém há um trabalho apresentado em evento acadêmico, em 2018 no 58º Congresso Brasileiro de Química, o mesmo utilizou metodologia por meio da extração de antocianinas por cocção, onde se obteve resultado de coloração semelhante a pesquisa realizada neste atual artigo.

As aulas experimentais motivam os estudantes e diminuem a passividade diante do processo de aprendizagem, pois são atividades nas quais estes devem refletir sobre a relação entre um conteúdo apresentado em teoria e a prática através da experimentação [26]. Uma atividade prática utilizando indicadores ácido-base naturais é viável, pois os alunos podem trazer diversas flores, folhas e outros materiais para fazer os testes em sala de aula, aproximando esta ao cotidiano deles.

Tal como é defendido pela PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), é essencial a interação entre a comunidade e a escola, principalmente, na aprendizagem das Ciências Naturais bem como na contextualização de assuntos complexos [27], como os sistemas ácido-base, titulação e todos os outros temas ligados a esses, tornando-se assim necessária uma inovação no processo de ensino no que diz respeito aos assuntos mencionados acima, tal como está fundamentado pela BNCC. O ensino de ciências deve ser construído através da apresentação de contextos articulando juntamente com as competências no que concerne aos assuntos a serem pautados e habilidades a serem desenvolvidas, bem como analisar, realizar previsões em situações cotidianas e processos de produtos que utilizem o uso racional de recursos naturais de modo que os alunos possam se apropriar desses conhecimentos [27].

No Brasil, a planta *A. brasiliiana* L. é comumente conhecida como penicilina, pertencente à família Amaranthaceae e da ordem Caryophyllales, a mesma pode ser encontrada com amplamente em diversas regiões como o Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil [28]. Diante disso, o presente estudo teve por objetivo investigar a capacidade do extrato das folhas desta planta como um novo indicador natural de pH, visando oportunizar ao docente uma alternativa didática para abordagem dos conceitos químicos onde o indicador de ácido e base se faz necessário.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta da planta *A. brasiliiana* foi realizada somente em um ponto do município de Soure, em um jardim comum, a qual pode ser encontrada com facilidade nesta cidade, a qual está localizada no Estado do Pará, na Ilha de Marajó. As amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Ciências Naturais da Universidade do Estado do Pará, no Campus XIX/Salvaterra – PA. O material coletado foi devidamente etiquetado com os dados necessários à sua identificação botânica, seguindo orientações de Barbosa et al. (2008) [29].

2.1 Obtenção dos extratos

Após a coleta, as folhas (Figura 4) foram lavadas apenas com água destilada para a retirada de partículas sólidas que poderiam estar aderidas no material. Posteriormente, foram submetidas a secagem em estufa à temperatura de 40 °C ($\pm 0,5$) por um período de três dias e triturados em um microprocessador Wallita®, a fim de favorecer a solubilização com o solvente no processo de maceração para obtenção dos extratos.

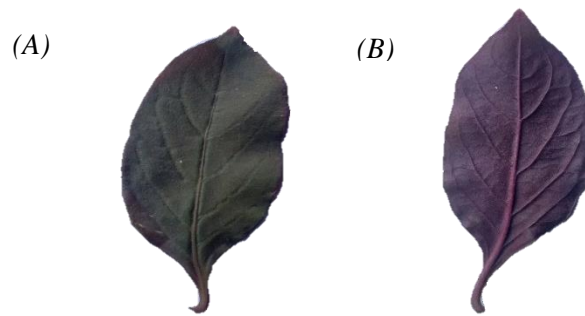


Figura 4: Frente (A) e Verso (B) da folha de penicilina (*Alternanthera brasiliana* (L.) Kuntze).

Foi macerado 1 g do material seco para 25 mL de solução extratora preparada com EtOH 95% e HCl 1,5 N (85:15), em seguida permaneceu em repouso ao abrigo da luz por 24 horas. Após este período realizou-se a filtração a vácuo, obtendo-se o extrato concentrado.

2.3 Padronização do método de pH diferencial para determinação antocianinas

Para a quantificação das antocianinas monoméricas totais foi utilizado o método pH diferencial [30]. Foram adicionadas 0,5 mL de solução das amostras e 1 mL de solução tampão (pH 1 e 4,5). Os quais foram feitos em triplicata e denominados como A, B e C. Após 1 h a absorvância foi medida em espectrofotômetro de absorção UV-Vis a 520 e 700 nm em soluções tampões em pH 1,0 e 4,5. A absorvância foi calculada a partir da equação:

$$A = (\text{Abs. 520 nm} - \text{Abs. 700 nm}) \text{ pH 1} - (\text{Abs. 520 nm} - \text{Abs. 700 nm}) \text{ pH 4,5}$$

Em seguida, foi calculada a concentração de antocianinas monoméricas utilizando a equação:

$$AM = \frac{A \times PM \times FD \times 10^3}{\epsilon \times L}$$

Sendo: AM – antocianinas monoméricas totais; A – diferença de absorvância; PM – peso molecular da cianidina-3-glicosídeo = 449,2 g/mol; FD – fator de diluição; ϵ – absorvância molar = 26900; L – caminho óptico = 1 cm.

Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de cianidina-3-glicosídeo por 100 g do material vegetal. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

2.4 Determinação do comprimento de onda de máxima absorvância pelo espectro por técnicas de espectrofotometria UV-Vis

Para esta análise adaptaram-se as recomendações de Guimarães et al. (2016) [31]. Em onze béqueres foram adicionadas 15 mL de água destilada isenta de CO₂ por aquecimento, os quais tiveram os valores de pH ajustados com o auxílio de um pHmetro com soluções de NaOH 1,0 mol.L⁻¹ e HCl a 0,1 mol.L⁻¹, para obter soluções nos valores de pH de 2 a 12. Seguidamente, foram adicionadas 6 gotas da solução indicadora de pH em cada béquer, além disso, foram utilizados brancos para cada valor de pH, para ajuste do zero da absorvância. A leitura dos espectros de varredura de cada solução foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis, utilizando cubetas de quartzo com caminho óptico de 1 cm nos comprimentos de onda de 200 a 750 nm, no intervalo de 1 em 1 nm.

2.5 Aplicação do extrato natural como indicador na reação ácido-base

Esta análise seguiu as recomendações de Costa et al. (2015) [32], com uma pipeta volumétrica, foi transferido 20 mL de solução de HCl 0,1 mol.L⁻¹ para um béquer de 250 mL. Em seguida, foi adicionado 6 gotas da solução indicadora e o sistema foi agitado com auxílio de agitador magnético. Logo após, o ácido foi titulado com solução padronizada de NaOH 0,1 mol.L⁻¹ e durante a adição do titulante anotou-se a cor e o pH do sistema.

A solução de NaOH 0,1 mol.L⁻¹ foi padronizada usando-se o biftalato de potássio como padrão primário, o qual foi previamente seco em estufa a 110 °C por 2 horas. As titulações foram efetuadas usando-se aproximadamente 0,3 g do padrão primário acrescido de 20 mL de água destilada e 3 gotas da solução fenolftaleína, sendo realizado as titulações em triplicata.

2.6 Determinação do valor de pK_{ind} por técnicas de espectrofotometria UV-Vis

Para esta análise adaptou-se o método de Guimarães et al. (2012) [13]. A solução foi preparada em um balão de 250 mL, sendo adicionados 20 mL de solução tampão (pH 4 ou 7 ou 8 ou 10), conforme a faixa de mudança do pH do extrato, o qual pode ser obtido por meio de titulação, com a alíquota de 20 mL da solução do extrato. Em seguida, o volume do balão volumétrico foi aferido com água destilada.

Após o preparo desta solução, foi possível realizar o seguinte procedimento: 5 béqueres de 50 mL foram numerados de 1 a 5 e para cada um foram transferidos 40 mL da solução descrita anteriormente. Em seguida, o pH em cada béquer foi ajustado de modo que, do béquer 1 para o béquer 5, o pH foi acrescido 1,0 unidade. Para o ajuste de pH foram usadas soluções aquosas de 1,0; 0,1 e 0,01 mol.L⁻¹ de NaOH ou HCl. Logo após o ajuste de pH, a solução de cada béquer foi submetida ao espectrofotômetro UV-Vis para a medida de absorbância. Posteriormente a isso, a solução do béquer 1 e do béquer 5 foram reajustados, para que o pH do béquer 1 correspondesse ao mínimo de absorbância da forma ácida do indicador, e a solução do béquer 5 ficasse com o pH que correspondesse ao máximo de absorbância da forma básica do indicador.

Equação usada para a determinação:

$$pK_{ind} = pH + \log \left(\frac{A - A_{in}}{A_{Hin} - A} \right).$$

A é a absorbância no pH em questão; A_{Hin} é a absorbância do indicador no pH mais ácido; A_{in} é a absorbância do pH mais básico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Quantificação das antocianinas monoméricas totais

Os valores obtidos para a quantificação das antocianinas monoméricas totais em extratos (A, B e C) nas duas concentrações 15 e 20 mg/mL estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2: Teor médio obtido das antocianinas monoméricas totais dos extratos analisados.

Extratos	Concentração de 15 mg/mL	Concentração de 20 mg/mL
	AMT (mg/100 g)	AMT (mg/100 g)
A	2,32 ± 0,25 ^b	6,18 ± 1,45 ^a
B	5,49 ± 0,14 ^a	7,54 ± 0,34 ^a
C	4,50 ± 0,85 ^a	5,5 ± 0,41 ^a

ATM: Antocianinas Monoméricas Totais; Os resultados expressos em miligramas equivalentes de padrão (Cianidina-3-glicosídeo) por 100 g do vegetal; Médias que não compartilham uma letra na mesma coluna são significativamente diferentes de acordo com o Teste de Tukey a 5% de significância.

Conforme os dados dispostos na Tabela 1, pode ser notar que o extrato **B** da concentração de 20 mg/mL foi o maior valor obtido dentre os extratos analisados, sendo alcançado um teor máximo de 7,54 mg/100 g.

Apesar de os extratos das folhas não terem apresentado altos teores de antocianinas, possuem ainda que em pequenas quantidades essas substâncias na sua composição, sendo característico de plantas que produzem betalaínas.

Portanto, é válido considerá-la a ser testada e analisada frente a alterações de valores de pH, a fim de observar se há mudanças significativas na sua coloração ou no seu comportamento espectral em função a variação de pH e assim poder avaliar seu potencial como indicador natural.

3.2 Comprimento de onda de máxima absorbância pelo espectro de varredura

O extrato das folhas em solução de pH 2 apresentou uma alta absorção no comprimento de onda de 330 nm. Ao aumentar o valor para pH 3, 4 e 5, observa-se que as absorções se mantêm neste comprimento de onda, porém com uma redução na intensidade deste sinal. Conforme a mudança no pH do meio reacional, nota-se que em pH 6 apesar de também possuir a mesma absorção das soluções anteriores em 330 nm, este também apresenta um leve aumento de absorção a partir de 360 nm.

As soluções variando de pH 7 a 9 demonstram duas absorções, uma com aumento repentino em 305 nm e outra com aumento significativo em 380 nm. Já em pH 10 a 12 ocorre aumento na absorção se deslocando para 385 nm e uma baixa absorção em 330 nm. Na variação entre os pH 9 e 10 nota-se o início da inversão de absorção no comprimento de onda 330 nm, indicando uma possível mudança da sua coloração nesta faixa de pH de meio alcalino.

Outros dois sinais que se destacam são os pH 2 e 12, pois possuem valores de absorção mais altos, além de apresentarem vários picos no sinal em 330 nm e 385 nm, respectivamente. Possivelmente, essas soluções demonstram uma degradação do material nestas faixas de pH (2 e 12), conforme a Figura 5.

Esses resultados se aproximam a outro estudo relacionado as betalaínas os quais apresentam resultados com picos de onda entre 300-330 nm característico das betacianinas devido a acilação com ácidos hidroxicinâmicos [5].

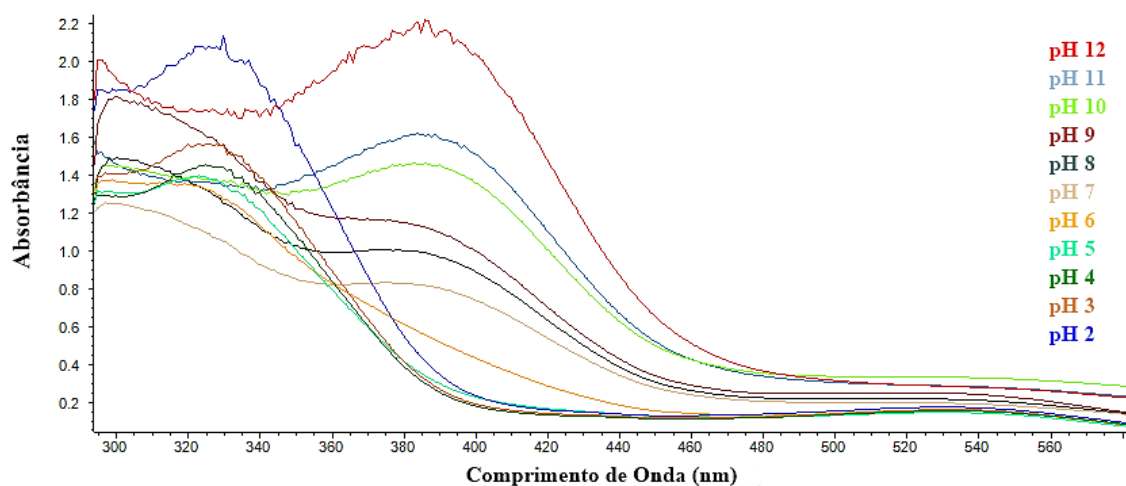


Figura 5: Espectro de varredura do extrato das folhas da planta penicilina (*Alternanthera brasiliana* (L.) Kuntze).

3.3 Aplicação do extrato natural como indicador

Os resultados obtidos para a volumetria de neutralização e titulação potenciométrica utilizando o extrato das folhas demonstram que amostra investigada muda nitidamente a sua coloração em função da variação do pH, característica essa fundamental para um indicador.

As colorações apresentadas pelas soluções foram: rosa (pH de 2 – 9) e amarelo (pH 10 – 12).

Em soluções altamente ácidas ou alcalinas as betalainas apresentam mudanças estruturais, como a coloração amarela, podendo ser visualizada em pH maior que 10 [33].

Portanto, o extrato das folhas da planta demonstrou potencial para indicar soluções alcalinas acima de pH 9, podendo ser notada uma mudança de coloração visível de rosa para amarelo a partir dessa faixa (Figura 6).



Figura 6: Colorações apresentadas pelo extrato em soluções de pH 2 a pH 12.

3.2 Determinação do valor de pK_{ind} do extrato obtido

Para a análise de determinação do pK_{ind} foi necessário verificar o ponto onde ocorre a mudança de coloração do extrato utilizado, no caso foi o pH 9, somente assim pode-se utilizar uma pequena escala para submeter a leitura no espectrofotômetro. A Tabela 3 apresenta a absorbância dos diferentes valores de pH, os quais foram utilizados para calcular o pK_{ind} do extrato.

Tabela 3: Dados utilizados na determinação do pK_{ind} para o extrato do indicador.

Absorbância	pH	$\log \left(\frac{A - A_{in}}{A_{In} - A} \right)$	pK_{ind}
1,867	9	3,06	9,21
2,709	10	17,77	8,75
2,502	11	7,08	10,14
2,747	12	25,73	10,58
2,827 _a	2	-	-
4,806 _b	9	-	-

a = mínimo de absorbância na forma ácida;

b = máximo de absorbância na forma básica

pK_{ind} médio = 9,6

O pK_{ind} médio foi obtido com o cálculo da média de todos o pK_{ind} dos diferentes pH.

O pK_{ind} do extrato foi determinado em 9,6 onde se aproxima ao pK_{ind} da fenolftaleína e timolftaleína cujo pK_{ind} respectivamente são 9,3 e 9,9.

Quanto a transição de cor do indicador natural é semelhante à zona de viragem do indicador sintético fenolftaleína, podendo ser um possível substituinte deste para questões como titulação.

3.3 Aplicação do extrato

Com o propósito de dar mais uma alternativa ao professor de química nas suas aulas preparou-se, além do extrato alcoólico (Figura 7A), um extrato aquoso, pesou-se 6 g das folhas e adicionou-se 80 mL de água quente, onde permaneceu durante 15 min até manifestar a cor rosa (Figura 7 B). Após esse procedimento o material foi filtrado e armazenado na geladeira ao abrigo da luz.

Cerca de 6 gotas desses extratos foram adicionados nas soluções e testadas em tubo de ensaio que constituía 4 mL de cada material.

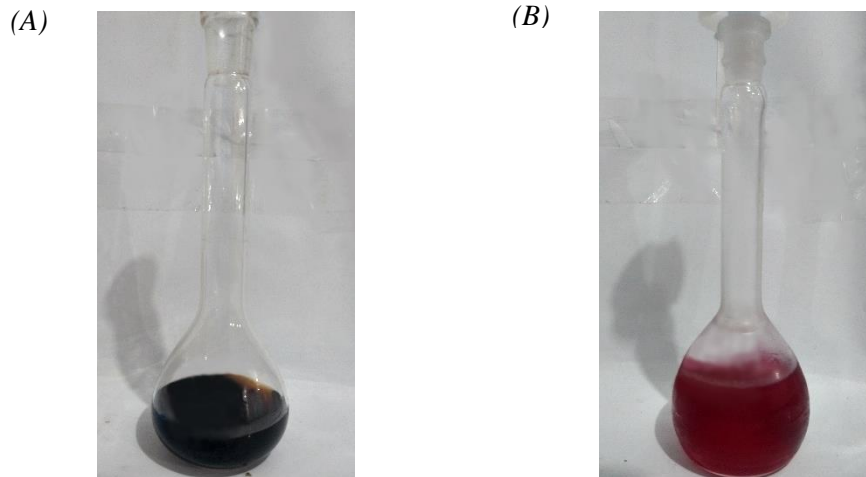


Figura 7: Extrato alcoólico (A) e (B) Extrato obtido através da cocção das folhas de penicilina.

Com os extratos preparados pode-se analisar a eficácia deste como indicador ácido-base utilizando soluções tanto do dia a dia tal qual no âmbito laboratorial, como: ácido clorídrico, vinagre, ácido acético, bicarbonato de sódio, sabão em pó, água sanitária e hidróxido de sódio, todos com as suas variações respectivas de pH: 1, 2, 3, 8, 10, 13 e 14 (Figura 8).

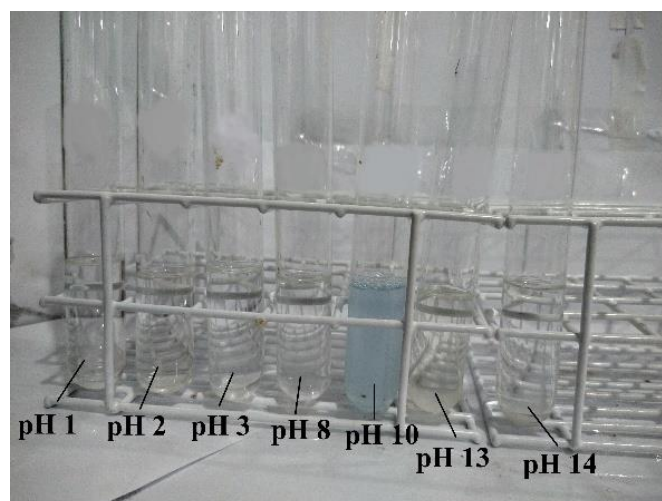


Figura 8: Coloração das soluções antes do teste.

Percebeu-se que ao comparar com a imagem abaixo houve modificação significativa de coloração, onde foi possível analisar também a diferenciação de acidez e basicidade, em que os diferentes meios apresentaram coloração rósea intensa no pH 1, rosa-claro no pH 2, 3, 8, em pH

10 a coloração obtida foi verde-escuro e em pH 13 e 14 a coloração deu-se em dois tons de verde suaves, indicando que houve mudança de coloração do extrato alcoólico na região visível nos meios ácido e básico.

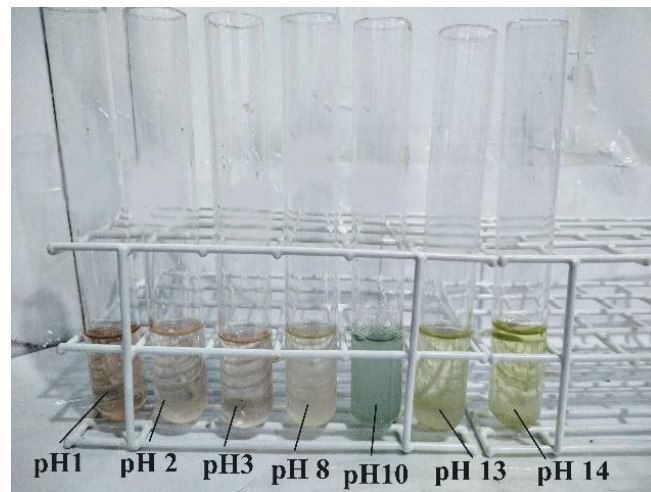


Figura 9: Coloração do extrato alcoólico em diferentes meios.

Os extratos de indicadores naturais apresentam coloração próxima ao vermelho quando posto em soluções ácidas e próxima ao verde em contato com as básicas [6].

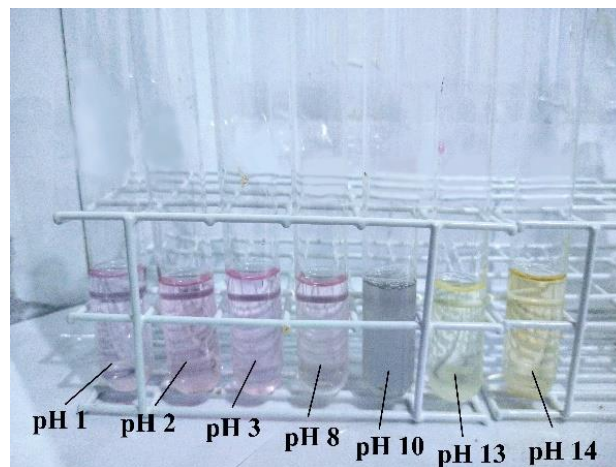


Figura 10: Coloração do extrato por cocção em diferentes meios.

Observou-se na imagem acima que os extratos submetidos em soluções de pH 1, 2, 3 e 8 obteve a coloração rosa suave, pH 10 coloração acinzentada e em pH 13 e 14 a cor adquirida foi amarela. Houve também a diferença visível dos meios ácidos e básicos de acordo com as combinações de cores que as betalaínas se caracterizam nessas soluções.

O emprego desses extratos pode ser realizado em sala de aula, pois são de fácil obtenção, viáveis e mostraram resultados satisfatórios tanto para soluções do dia a dia como também para soluções de laboratório.

O que permite identificar o caráter do meio ácido ou básico, são as mudanças estruturais das betalaínas que ocorrem em virtude da variação do pH e são responsáveis pelo aparecimento das espécies com colorações diferentes, incluindo o amarelo em meio alcalino [34]. As principais transformações estão ilustradas na Figura 11.

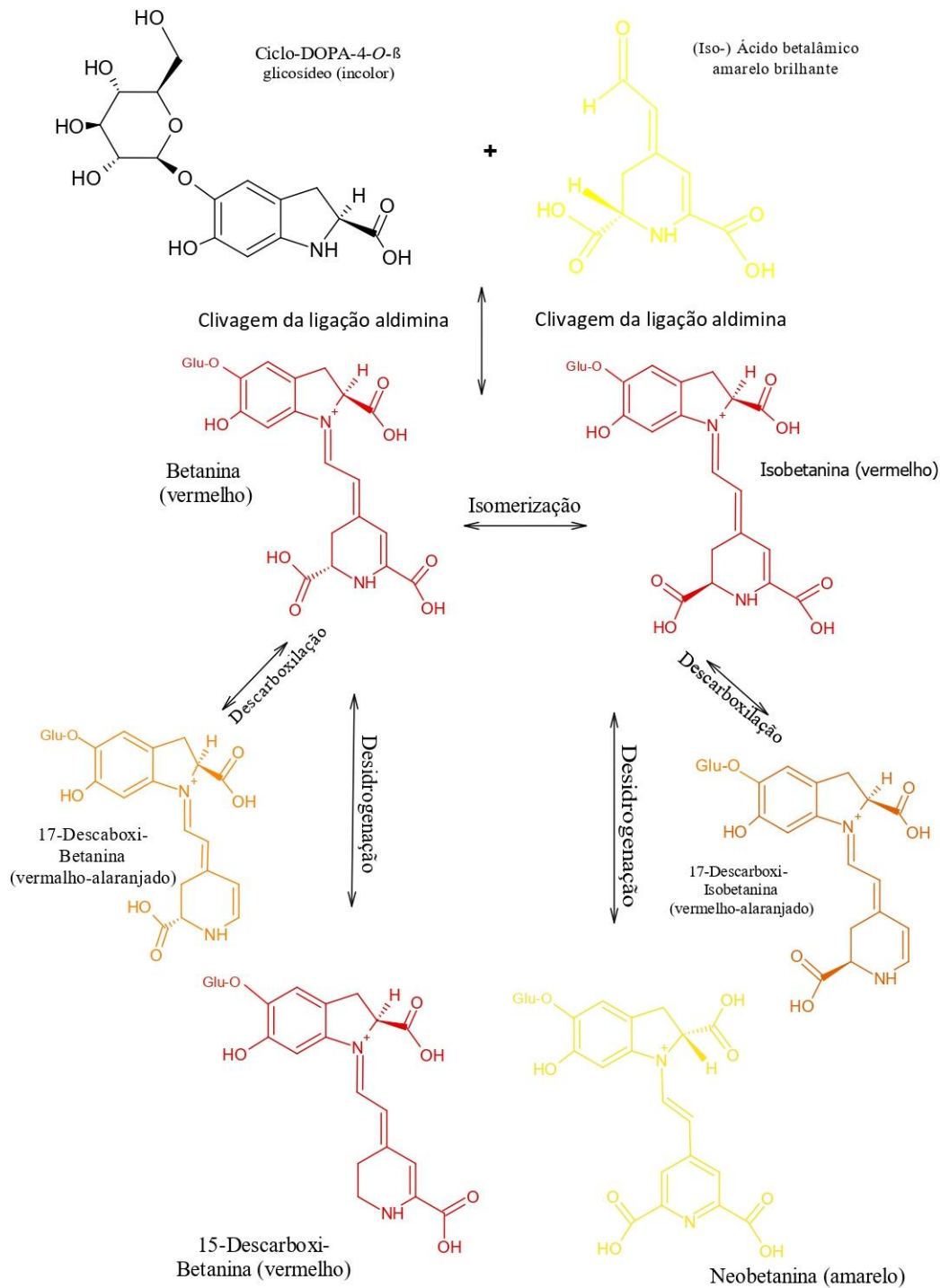


Figura 11: Possíveis estruturas das betalainas em função do pH e do calor. Fonte: Adaptado de Sadowska-Bartosz e Bartosz (2021) [5].

4. CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas, este indicador natural só obteve variação em pH alcalino. Assim, pode-se inferir que o extrato das folhas de *A. brasiliiana* apresenta potencial para indicar soluções de caráter básico acima de pH 9, podendo ser incorporada em aulas práticas de

laboratório para o ensino de química, especialmente, para discutir conteúdos como soluções ácidas e básicas, titulação, equilíbrio químico e a lei de Lambert-Beer.

Os extratos obtidos em meio alcoólico e por cocção também foram testados para garantir que há viabilidade de produzi-los sem um aparato laboratorial e confirmando a eficácia para os testes e diferentes meios de pH, assim há evidências que estes poderão ser realizados e aproveitados em espaços como as escolas.

No que concerne ao processo didático de aprendizagem, o extrato natural obtido da planta penicilina (*A. brasiliensis*), poderá ser inserido no ensino de química, em virtude que o mesmo pode ser empregado para instigar a curiosidade dos alunos em relação aos assuntos considerados abstratos, tais como: reconhecimentos de substâncias ácidas e básicas, equilíbrio químico, titulação e pH e, para mais assuntos correlacionados a estes, o uso deste recurso diferenciado consegue ajudar positivamente na compreensão dos conceitos, o desenvolvimento e aprendizagem dos alunos.

Por fim, os resultados indicam que a metodologia adotada é adequada às condições ofertadas pela maioria das escolas públicas, pois utiliza material de fácil acesso e manuseio.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Laboratório de Ciências Naturais da Universidade do Estado do Pará, Campus XIX / Salvaterra-PA, por ceder a estrutura necessária para a realização desta pesquisa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa de estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ramos EZ, Torres LMO, Souza RF, Guzmán EMC, López DEK, Franco MDLÁR. Valoración, como indicadores ácido-base, de extractos naturales de flores de *Bougainvillea glabra*, *Cosmos bipinnatus*, *Psittacanthus calyculatus* y cáscara y fruto de *Opuntia ficus*, de San Miguel el Alto, Jalisco. *Rev Com Univ.* 2021;1(2):1-18.
2. Silva AF, Brito LM, Gonçalves JLDS. Extratos vegetais: Uma alternativa à fenolftaleína no Ensino de Química Analítica. *Rev Proc Quím.* 2018;12(23):37-41. doi: 10.19142/rpq.v12i23.423
3. Mota TC, Cleophas MG. Proposta para o ensino de química utilizando a planta *Pterodon abruptus* (Moric.) Benth. como indicador natural de pH. *Rev Virt de Quím.* 2014;6(5):1353-59. doi: 10.5935/1984-6835.20140088
4. Cortes MS, Ramos LA, Cavalheiro ÉTG. Títulos espectrofotométricas de sistemas ácido-base utilizando extrato de flores contendo antocianinas. *Quím Nova.* 2007;30(4):1014-9. doi: 10.1590/S0100-40422007000400045
5. Sadowska-Bartosz I, Bartosz G. Propriedades biológicas e aplicações das betalainas. *Moléculas.* 2021;26(9):2520. doi: 10.3390/molecules26092520
6. Terci DBL, Rossi AV. Indicadores naturais de ph: usar papel ou solução? *Quím. Nov.* 2002;25:684-88. doi: 10.1590/S0100-40422002000400026
7. Skalicky M, Kubes J, Shokoofeh H, Tahjib-Ul-Arif M, Vachova P, Hejnak V. Betacianinas e Betaxantinas em Variedades Cultivadas de *Beta vulgaris* L. Comparadas com Beterrabas Ervas. *Moléculas.* 2020;25(22):5395. doi: 10.3390/molecules25225395
8. Miguel MG. Betalainas em algumas espécies da família Amaranthaceae: uma revisão. *Antioxidantes.* 2018;7(4):53. doi: 10.3390/antiox7040053
9. Couto AB, Ramos LA, Cavalheiro ÉTG. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. *Quím. Nov.* 1998;21:221-7. doi: 10.1590/s0100-40421998000200020
10. De Oliveira DE, Bezerra LA, Oliveira RJ, Moraes VBD, Silva JABD, Freitas Filho JRD, Ramos CS. Curcumina como indicador natural de ph: uma abordagem teórica-experimental para o ensino de química. *Quím Nova.* 2021;44(2):217-23. doi: 10.21577/0100-4042.20170625
11. Carvalho Filho RSM, Pereira JCA, De Assis JB. Indicadores naturais ácido-base oriundos de plantas ornamentais: contribuição para o ensino de química. *Ampla Editora.* 2021;10(12):1-6. doi: 10.33448/rsd-v10i12.20263
12. Yamaguchi K, Castro EF. Análise do solo, da água e de produtos do cotidiano como ferramenta para o ensino de ácidos e bases. *DESAFIOS – Rev Interdisc Univ Fed Tocantins.* 2020;7(1):146-56. doi: 10.20873/uftv7-8144

13. Guimarães W, Alves MIR, Antoniosi Filho NR. Anthocyanins in natural extracts: application in acid-base titration and identification by liquid chromatography/mass spectrometry. *Quím Nov.* 2012;35(8):1673-9. doi: 10.1590/S0100-40422012000800030
14. Nunes CN, Jansen AB, Quináia SP. Otimização da ingestão de antocianinas presentes no feijão-preto e impregnação do extrato em matriz polimérica natural para uso como indicador de pH. *Quím Nova.* 2022;45(1):113-20. doi: 10.21577/0100-4042.20170825
15. Lucas M, Chiarello LM, Silva AR, Barcellos, IO. Indicador natural como material instrucional para o ensino de química. *Rev Experiências em Ensino de Ciências.* 2013;8(1):61-71.
16. Filho RSMC, Pereira JCA, De Andrade LV, Magalhães AFS, Rodrigues KR. *Thunbergia erecta* (*Thunbergia erecta* (Benth.) T. Anderson): Novo indicador ácido-base natural para o ensino de Química. *Braz. J. Dev.* 2021;7(9):93141-50. doi: 10.34117/bjdv7n9-466
17. Silva JMD, Martins RDC, Bernardi F, Dos Santos CDM, Nicolini KP, Nicolini J. Extratos de *Lilium* sp., *Agapanthus* sp. e *Hydrangea* sp.: comportamento como indicadores naturais em diferentes faixas de pH. *Quím Nova.* 2020;43(2):231-8. doi: 10.21577/0100-4042.20170459
18. Ramos LA, Lupetti KO, Cavalheiro ÉTG, Fatibello-Filho O. Utilização do extrato bruto de frutos de *Solanum nigrum* L. no ensino de química. *Eclética Quím.* 2000;25:229-40 doi: 10.1590/S0100-4670200000100018
19. Cuchinski AS, Caetano J, Dragunski DC. Extração do corante da beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. *Eclética Quím.* 2010;35(4):17-23. doi: 10.1590/S0100-46702010000400002
20. Uchôa VT, Carvalho Filho RSM, Lima AMM, Assis JB. Utilização de plantas ornamentais como novos indicadores naturais ácido-base no ensino de química. *Holos.* 2016;2:1518-634. doi: 10.15628/holos.2016.3869
21. Nunes DR, De Araújo JF, Prata EG, Da Silva Freitas NM, De Freitas MCDC, Correia LM. Indicador ácido-base: extrato hidroalcoólico da flor da espécie *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. *Scia Naturalis.* 2021;3(1):288-99. doi: 10.29327/269504.3.1-25
22. Soares MHFB, Silva MVB, Cavalheiro ÉTG. Aplicação de corantes naturais no ensino médio. *Eclética Quím.* 2001;26(1):225-34. doi: 10.1590/S0100-46702001000100017
23. Carvalho Filho RSM, Pereira JCA, Rocha NA, Carvalho TA, Da Silva MK, Amaral FM. Avaliação da estabilidade térmica do indicador natural ácido-base oriundo do extrato aquoso da *Euphorbia leucocephala* L. *Braz J Develop.* 2021;7(9):93129-40. doi: 10.34117/bjdv7n9-465
24. Amorim FAC, Costa VC, Gramacho RS, Santos AS. Aplicação do extrato de amêndoa de cacau (*Theobroma cacao* L.) como um novo indicador em titulações ácido-base. *Rev Virt Quím.* 2015;7(4):1496-507. doi: 10.5935/1984-6835.20150081
25. Vasques JD, Silveira CV, Reis PR. Uso de indicador natural de pH como alternativa para o ensino de química na comunidade indígena do trovão, na região no Alto Rio Negro. *IRECITEC-IFAM.* 2018;12(21):12-21.
26. Silva JJ, Araújo SLSM, Bezerra MLDMB. Experimentação em ciências com o uso de um microscópio artesanal e corante alternativo. *Exp Ens Cien.* 2019;14(1):344-52.
27. Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília (DF): MEC; 2018.
28. Tracz V, Cruz-Silva CTA, Luz MZ. Produção de mudas de penicilina (*Alternanthera brasiliana* (L.) Kuntze) via estaquia. *Rev Bras Plan Med.* 2014;16:644-8. doi: 10.1590/1983-084x/12098
29. Barbosa WLR, Pinto LN, Quignard E, Vieira JMS, Silva Junior JOC, Albuquerque S. *Arrabidaea chica* (HBK) Verlot: phytochemical approach, antifungal and trypanocidal activities. *Braz J Pharma.* 2008;18(4):544-8. doi: 10.1590/S0102-695X2008000400008
30. Giusti MM, Wrolstad RE. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Curr. Protoc. food anal. chem* 2001;1:F1-2. doi: 10.1002/0471142913.faf0102s00
31. Guimarães DG, Gonsalves ADA, De Assis A, Araujo CRM. Synthesis of 4-((5-acetamido-2-hydroxyphenyl) diazenyl) benzenesulfonic, a Azobenzene Derivative of the Acetaminophen, and Evaluation its Potential as a pH Value Indicator. *Rev Virt Quim.* 2016;8(5):1461-75. doi: 10.21577/1984-6835.20160103
32. Costa VC, Gramacho RS, Santos AS, Amorim FAC. Application of the extract of cocoa seed (*Theobroma cacao* L.) as an new indicator in acid-base titrations. *Rev Virt Quim.* 2015;7(4):1496-507. doi: 10.5935/1984-6835.20150081
33. Stintzing FC, Carle R. Propriedades funcionais de antocianinas e betalaínas em plantas, alimentos e nutrição humana. *Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos.* 2004;15(1):19-38. doi: 10.1016/j.tifs.2003.07.004
34. Schneider-Teixeira A, Molina-García AD, Alvarez I, Staffolo MD, Deladino L. Aplicação de pigmentos de betacianinas de *Alternanthera brasiliana* como corante de iogurte. *LWT.* 2022;159:113237. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113237