

Investigação espectrofotométrica dos corantes naturais das flores *Portulaca grandiflora* e *Catharanthus roseus*

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.014-023>

Vitória Rocha de Oliveira

Graduada em licenciatura em química
Universidade Federal de Alagoas
E-mail: vitoria.oliveira@iqb.ufal.br

Fred Augusto Ribeiro Nogueira

Doutor em ciências
Instituto Federal de Alagoas
E-mail: fred.nogueira@ifal.edu.br

RESUMO

O estudo de corantes de flores nativas contribui para uma melhor investigação dessas espécies, o que pode motivar novas atividades econômicas no país. O trabalho teve como objetivo realizar a caracterização por espectrofotometria dos corantes naturais extraídos das pétalas das flores *Portulaca grandiflora* e *Catharanthus roseus*. A extração dos corantes foi realizada pela maceração das pétalas das flores secas e em diferentes condições experimentais para avaliar o tempo de extração e o tipo de solvente utilizado. Os corantes obtidos foram caracterizados por espectrofotometria na região UV/Visível para avaliar o comportamento espectroscópico e os comprimentos de absorbância máxima de cada flor. As extrações dos corantes das flores foram eficazes nas condições experimentais avaliadas, mas com perfis espectroscópicos apresentando bandas em regiões distintas e com intensidades variadas. O estudo do comportamento espectrofotométrico dessas flores pode auxiliar na sua utilização como uma fonte alternativa de corantes naturais.

Palavras-chave: Corantes naturais, *Portulaca grandiflora*, *Catharanthus roseus*, Espectrofotometria.

1 INTRODUÇÃO

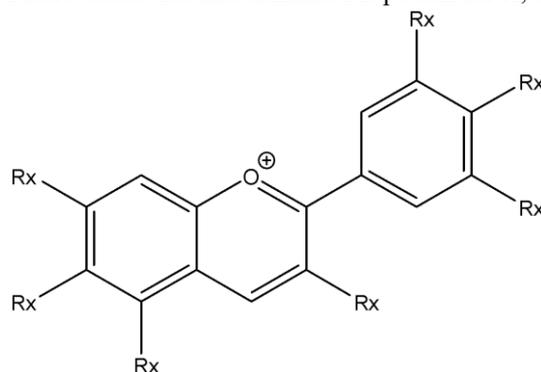
Os corantes naturais fazem parte da história humana desde tempos antigos. Seja em manifestações culturais, artísticas e/ou religiosas, como pintar o corpo ou tingir os cabelos, uma prática muito comum entre os povos indígenas e que se tornou parte da identidade cultural desses povos originários. Nas manifestações artísticas e/ou religiosas resgata-se as pinturas das cavernas, mostrando que a humanidade procurou, em seu meio ambiente, produtos e substâncias da flora para obter padrões de cores para as mais diversas finalidades (Dias *et al.*, 2016; Granados-Balbuena *et al.*, 2024). Além disso, os corantes naturais têm sido utilizados desde a antiguidade para tingir materiais como lã, pele, seda, tapetes e algodão, independentemente da sua origem (plantas, animais ou minerais) (Ebrahimi; Gheshlagh; Parham, 2024).

O uso de corantes naturais não alergênicos, não tóxicos e ecológicos vem assumindo uma posição de destaque nos dias atuais devido à crescente consciência ambiental, com o objetivo de evitar os perigos associados a fontes de corantes sintéticos (Ebrahimi; Gheshlagh; Parham, 2024). A grande maioria das matérias-primas de corantes naturais são plantas corantes. As raízes, caules, galhos e flores ou partes inteiras de certas plantas são utilizadas em tingimentos naturais (Karadag, 2023).

Esses corantes naturais são responsáveis por uma ampla gama de cores nas plantas, elas produzem essas cores por meio de rotas bioquímicas e as utilizam para atrair polinizadores, proteger contra predadores e luz ultravioleta. Os pigmentos vegetais naturais são divididos em quatro grupos principais: carotenoides, clorofilas, betalainas e flavonoides (Granados-Balbuena *et al.*, 2024; Kaewprachu *et al.*, 2024). Dentre os flavonoides, as antocianinas (Figura 1) são os pigmentos florais mais importantes para os tipos de aplicações propostas neste trabalho e são responsáveis por um amplo espectro de cores possíveis em flores e frutos, incluindo amarelo claro, escarlata, vermelho, magenta, violeta e azul (Wang *et al.*, 2023).

O interesse em desenvolver produtos à base de antocianinas tem crescido, principalmente, devido aos seus atributos nutricionais, poder colorante, solubilidade em água (o que facilita sua incorporação em sistemas aquosos) e efeitos benéficos à saúde promovidos por estas através de diversos mecanismos de ação, incluindo a capacidade antioxidante (Almeida *et al.*, 2015). As antocianinas são aplicadas principalmente como coloração em alimentos, mas também têm potencial para tingir outros produtos, como substratos têxteis, algodão, couro, seda e cabelo humano. Na indústria alimentícia, as antocianinas podem ser utilizadas como pigmentos em produtos como coalhada, leite fermentado, bebidas de baixo pH, vinhos e matrizes sólidas como panquecas e omeletes (de Araújo *et al.*, 2021).

Figura 1. Estrutura básica das antocianinas. Rx podem ser H, OH e COOH.



Fonte: DIAS et al., 2016.

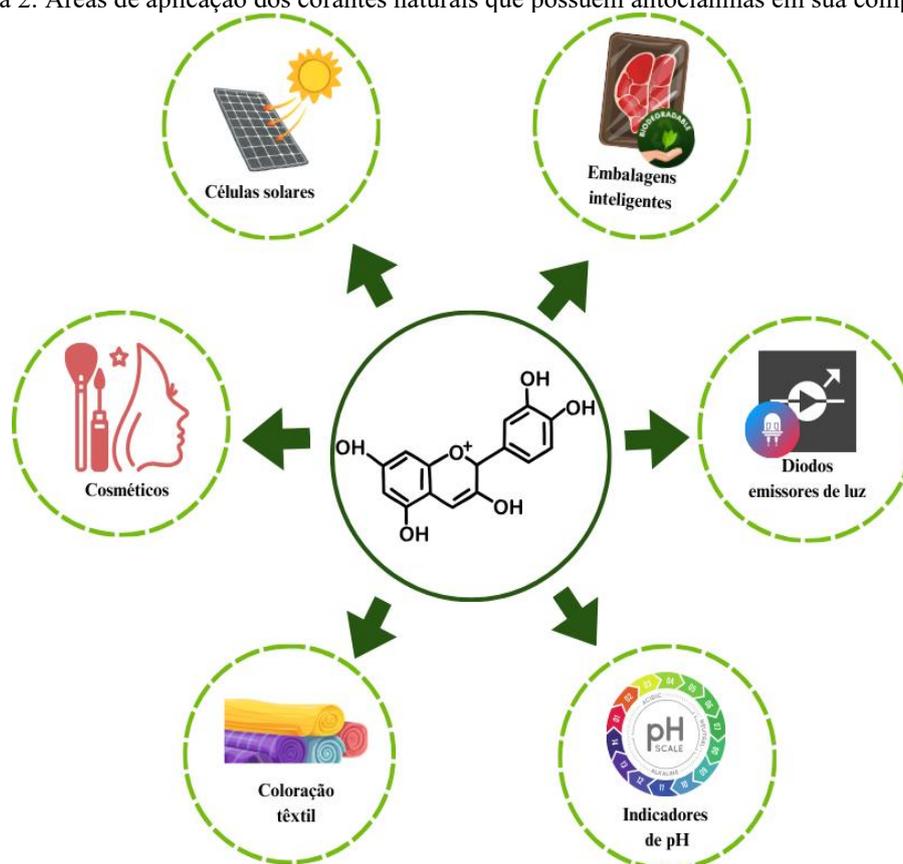
O estudo dos corantes de flores nativas contribui para uma melhor investigação dessas espécies, o que pode motivar novas descobertas científicas. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo, avaliar as melhores condições experimentais e caracterizar, por espectrofotometria na região do ultravioleta ao visível, os corantes naturais extraídos das flores *Catharanthus roseus* e *Portulaca grandiflora* encontradas na região agreste do estado de Alagoas com o intuito de avaliar o potencial de aplicabilidade destes corantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os corantes naturais, obtidos a partir de plantas, insetos/animais e minerais, são produtos de recursos biológicos renováveis e sustentáveis, com mínimo impacto ambiental e conhecidos desde a antiguidade pela sua utilização (Shahid; Shahid-Ul-Islam; Mohammad, 2013).

A completa biodegradação, atoxicidade e baixo custo são as vantagens da utilização dos corantes naturais para aplicações em diversas áreas (Figura 2), tais como na produção de dispositivos orgânicos como células solares sensibilizadas por corante (Erdoğan et al., 2024; Mahajan et al., 2024), embalagens inteligentes (Paschoa, 2016; Sheibani et al., 2024), diodos emissores de luz (Ohtani; Kitagawa; Matsuda, 2011) coloração têxtil (Sheibani et al., 2024), indicadores de pH (Zhao et al., 2024), ingredientes para comidas (Dweck, 2002), cosméticos (Portes et al., 2024) entre várias outras aplicações.

Figura 2. Áreas de aplicação dos corantes naturais que possuem antocianinas em sua composição.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

As antocianinas são pigmentos vegetais naturais da família dos flavonoides, dando a aparência colorida (cores vermelha, azul e roxa) de frutas, vegetais e outros alimentos (de Araújo *et al.*, 2021). Elas apresentam propriedades que ajudam a manter hábitos saudáveis de alimentação que são demonstradas pelas atividades anticarcinogênicas, antivirais e antioxidantes (Almeida *et al.*, 2015). Essa atividade se deve a sua estrutura química formada por três anéis, que possuem ligações duplas conjugadas e hidroxilas distribuídas ao longo da estrutura que possibilitam o sequestro de radicais livres, causadores de danos celulares e doenças degenerativas (Bordignon *et al.*, 2009; da Silva *et al.*, 2007). Ensaio pré-clínicos relataram a ação das antocianinas contra algumas patologias como câncer, inflamação, doenças cardiovasculares e obesidade (de Araújo *et al.*, 2021; Saulite *et al.*, 2019; Thilavech *et al.*, 2018).

A maior dificuldade encontrada atualmente no uso de antocianinas como corantes naturais está relacionada à instabilidade desse flavonoide, uma vez que a cor das soluções depende de uma série de fatores como o tipo de solvente utilizado, pH, temperatura, concentração, estrutura do pigmento e a presença de substâncias capazes de reagir com a antocianina (Phan *et al.*, 2021; Rossi *et al.*, 2022). Além disso, os processos utilizados durante a extração influenciam fortemente a estabilidade desses compostos (Remini *et al.*, 2018).

Rossi et al, (2022) revisaram os principais problemas encontrados na literatura na estabilidade

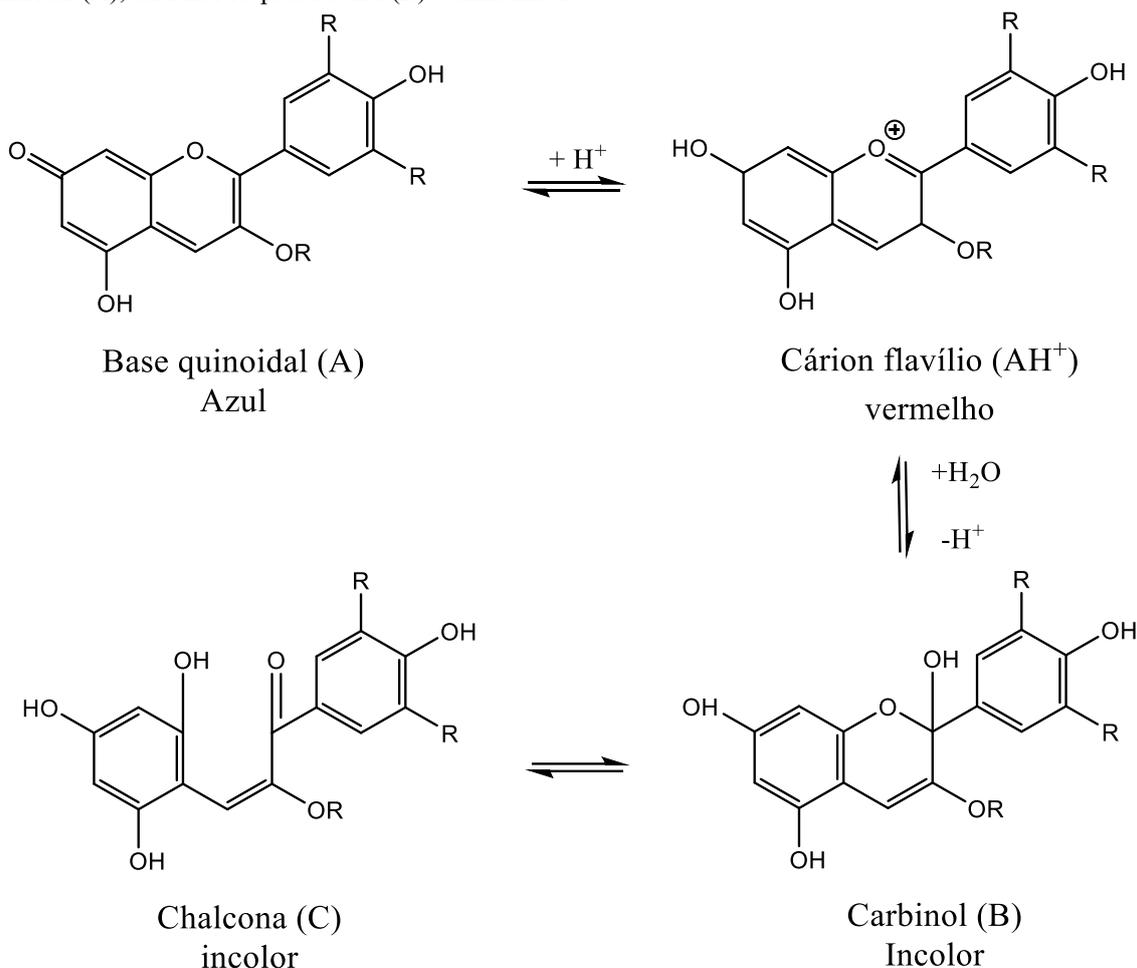
das antocianinas presentes no fruto do açaí onde foi evidenciado a dificuldade de garantir a estabilidade das antocianinas, que se modificam e degradam sob influência do pH do meio, da temperatura que é submetida nas etapas de processamento e da exposição à luz.

Em relação ao pH, Bordignon et al, (2019) avaliaram a influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morangos verificando que o perfil espectroscópico dos extratos variou conforme o pH utilizado na extração e constataram que a extração das antocianinas foi mais eficiente em valores de pH 1,0.

Os métodos de extração das antocianinas desempenham um papel fundamental na obtenção de corantes de diversas fontes de plantas, frutas e flores para uso em diversas aplicações. Estes métodos são fundamentais para aproveitar a diversidade de cores encontradas na natureza e convertê-las em materiais utilizáveis para diversas indústrias, incluindo têxteis, arte e tecnologias de energia renovável (Mahajan *et al.*, 2024).

A espectroscopia de absorção na região do UV-Vis é uma técnica utilizada na caracterização das propriedades dos corantes naturais, fornecendo informações essenciais sobre a presença e o teor das antocianinas no corante. Este método envolve medir a absorção de luz pela solução corante através de um espectro de comprimentos de onda, oferecendo uma visão abrangente da interação do corante com a luz incidente. O espectro de absorção obtido revela os comprimentos de onda específicos da luz que o corante absorve efetivamente (Mahajan *et al.*, 2024). As antocianinas podem apresentar diferentes formas estruturais, as quais podem assumir diferentes colorações (Bordignon *et al.*, 2009). Dados da literatura indicam que podem ocorrer quatro estruturas químicas principais em equilíbrio: o cátion flavílio (AH^+), a base quinoidal (A), o carbinol pseudobase (B) e a chalcona (C) (Figura 3). Março e Scarminio (2007) relataram em estudos com flores de vinagreira (*Hibiscus acetosella W.*) que, conforme a variação do pH, ocorre mudança dos máximos de absorção no espectro UV-visível (Bordignon *et al.*, 2009; Levi *et al.*, 2004; Março; Scarminio, 2007).

Figura 3. Estruturas das antocianinas encontradas em solução aquosa com diferentes valores de pH. Cátion flavílium (AH^+), base quinoidal (A); carbinol ou pseudobase (B) e chalcona ©.



Fonte: adaptado de HE; GIUSTI, (2010).

Marpaung e Paramaputri (2023) estudaram as variações espectrofotométricas de flor de ervilha-borboleta (*Clitoria ternatea L.*). Em valores de pH 1, o espectro de absorção exibiu duas bandas de absorção sob um espectrofotômetro UV-visível, em ± 265 nm, e a segunda banda tem em ± 520 nm. A absorvância a 520 nm pertence ao cátion flavílio AH^+ , ou seja, a única espécie que existe em pH 1. Em valores de pH > 5 , a banda em ± 520 nm muda para 550 - 580 nm (base quinonoidal roxa, A) ou 600 - 620 nm (base quinonoidal aniônica azul, A^-).

Flores coloridas também podem ser fonte de corantes naturais (Mandal; Venkatramani, 2023). A flor da *Catharanthus roseus*, comumente conhecida como boa noite, é cultivada como uma planta com flores ornamentais. As flores possuem variações de cores (branco, roxo, pêssego, rosa, escarlata e vermelho) (Kandiah; Chandrasekaran, 2021). A *Catharanthus roseus* possui efeitos medicinais, sendo uma valiosa fonte dos agentes antitumorais, como vinblastina e vincristina, utilizada na quimioterapia da leucemia e no tratamento da doença de Hodgkin (Piovan; Filippini, 2007). A flor da *Portulaca grandiflora* é uma pequena planta herbácea anual, comumente conhecida como onze horas, possuindo diversas cores (branca, vermelha, roxa, laranja e rosa). Há relatos na literatura que os extratos dessa planta podem ser utilizados como fontes naturais de antioxidantes (Lim; Tiong; Loo,

2014).

Nas últimas décadas, muitas publicações relataram o aprimoramento do conhecimento sobre os corantes de plantas, mas os benefícios e potencial de aplicabilidade dos corantes das flores destacadas nesse estudo ainda são pequenos e limitados. Um estudo do comportamento espectrofotométrico pode auxiliar na utilização dessas flores como uma fonte alternativa de corantes naturais no futuro.

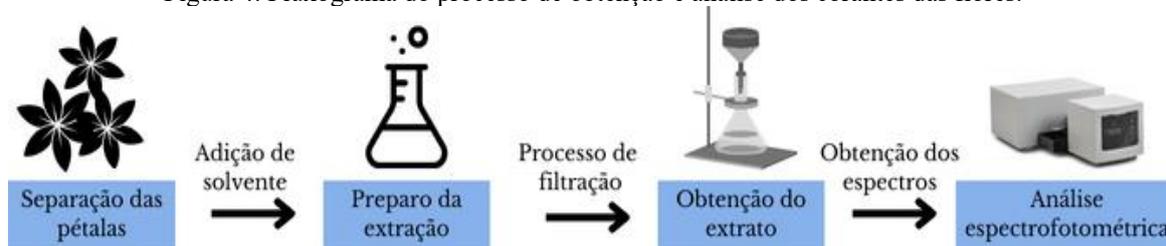
3 METODOLOGIA

As flores foram coletadas em casas de jardinagem na cidade de Arapiraca, Alagoas. Após a coleta, as flores foram lavadas, secas e em seguida as pétalas foram separadas para serem utilizadas.

Para obtenção dos corantes das pétalas das flores foram preparados extratos com concentração de 25% massa/volume em diferentes condições experimentais, com o intuito de verificar em qual condição o corante extraído apresenta o melhor desempenho. Os solventes utilizados para a extração dos corantes foram: etanol (95%) (pH = 4,5) e etanol acidificado com solução de ácido clorídrico 0,1 mol/L (pH = 2). A obtenção dos corantes foi realizada com as pétalas das flores à temperatura ambiente usando pétalas secas em estufa à 60 °C por 1 hora. No processo de extração as pétalas das flores ficaram imersas no solvente por 48 h, sob agitação, onde foram retiradas alíquotas com tempo de 24h e 48h após o início do processo (Figura 4).

Os corantes obtidos foram filtrados em um sistema simples e as soluções armazenadas em frascos âmbar, para evitar a degradação pela ação da luz, e mantidos sob refrigeração. Os corantes foram caracterizados por espectrofotometria na região UV-Visível (300 a 800 nm) em um espectrofotômetro SHIMADZU MultiSpec-1501 para avaliar os comprimentos de absorbância máxima de cada flor.

Figura 4. Fluxograma do processo de obtenção e análise dos corantes das flores.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

4 RESULTADOS

A escolha das flores *Portulaca grandiflora* (onze horas) e *Catharanthus roseus* (boa noite) (Figura 5) foi realizada levando em consideração o fato de serem de fácil obtenção na região nordeste do Brasil, e por possuírem coloração que indica a provável presença de antocianinas em sua composição.

Figura 5. Foto das flores *Catharanthus roseus* (A) e *Portulaca grandiflora* (B).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na literatura, diversos autores descrevem que os corantes contendo antocianinas possuem um amplo espectro de absorção na região do visível e que seu pico de absorção se encontra entre 500 e 550 nm (Cabrera *et al.*, 2017; Patrocínio; Iha, 2010; Sampaio; Feitosa, 2016). Sendo assim, através das análises da espectroscopia na região do UV-visível é possível obter as absorbâncias máximas e seus respectivos comprimentos de onda, mostrando se determinado corante possui antocianinas em sua composição.

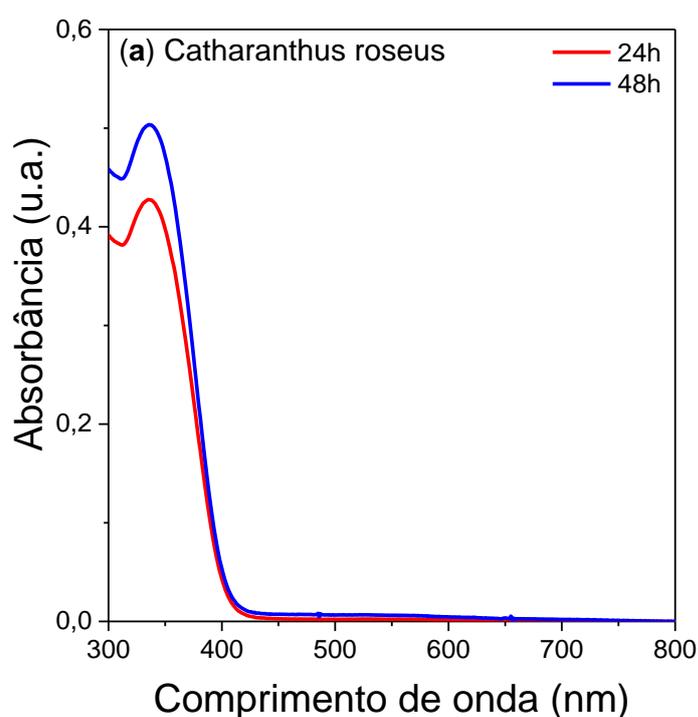
O perfil espectroscópico dos corantes das flores da *Portulaca grandiflora* e *Catharanthus roseus* apresentou bandas em regiões distintas e com intensidades variadas, conforme as condições de extração, tempo de extração e planta avaliada (Tabela 1).

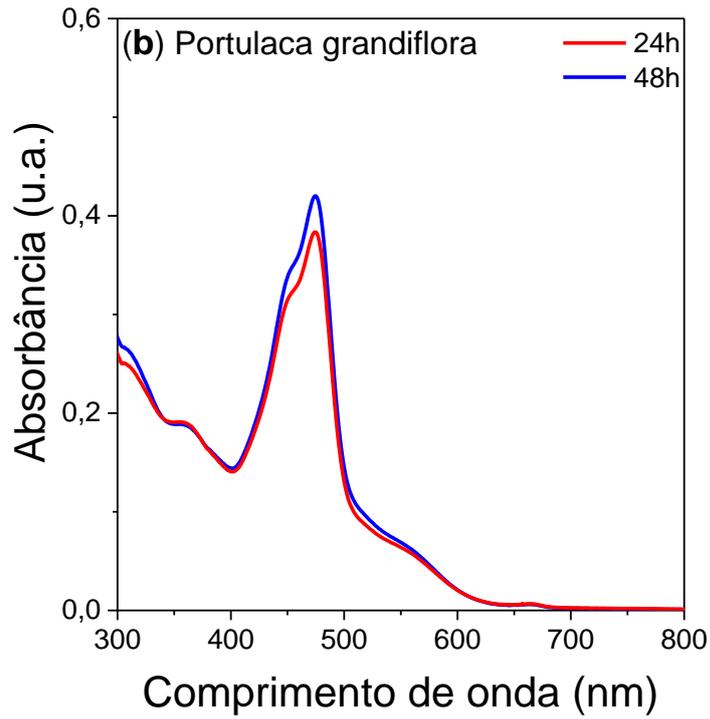
A figura 6 apresenta os espectros de absorção dos corantes obtidos das pétalas das flores *Catharanthus roseus* (Figura 6a) e *Portulaca grandiflora* (Figura 6b) utilizando etanol como solvente de extração (pH 4,5) em tempos de extração de 24 h (linha vermelha) e 48 h (linha azul). O corante da flor *Catharanthus roseus* apresentou uma única banda de absorção em 337 nm e um aumento de 15 % na absorção dessa banda quando o período de extração foi aumentado de 24h para 48h. Já o corante da flor *Portulaca grandiflora* apresentou duas bandas de absorção em 360 e 475 nm e um aumento de 8% na absorção da banda em 475 nm, quando o tempo de extração aumentou de 24h para 48h. Os corantes das flores *Catharanthus roseus* e *Portulaca grandiflora*, extraídos em etanol, não apresentaram bandas de absorção características das antocianinas visto que não possuem bandas de absorção nos comprimentos de onda entre 500 e 550 nm (Feitosa; Sousa; Cavalcante, 2016; Marpaung; Paramaputri, 2023).

A figura 7 apresenta os espectros de absorção dos corantes das flores *Catharanthus roseus* (Figura 7a) e *Portulaca grandiflora* (Figura 7b) usando etanol acidificado com HCl como solvente da extração (pH 2) nos tempos de extração de 24 e 48h. A extração dos corantes com etanol acidificado revelou mudanças no comportamento espectrofotométrico da flor *Catharanthus roseus* com duas

bandas em 347 e 536 nm, e da flor *Portulaca grandiflora* com três bandas em 381, 483 e 527 nm, comparado à extração apenas com o solvente etanol. Marpaung e Paramaputri (2023) relataram que algumas antocianinas, incluindo as ternatinas, exibem características distintas ao mostrar três bandas na região visível. As três bandas representam todas as espécies coloridas de antocianinas e que as bandas presentes nos corantes na faixa entre 500 a 550 nm são características das antocianinas e pertencem ao cátion flavílio (Feitosa; Sousa; Cavalcante, 2016; Marpaung; Paramaputri, 2023), o que pode indicar que os corantes obtidos em etanol acidificado possuem essas substâncias em sua composição, entretanto o corante da flor *Portulaca grandiflora* (Figura 6b) apresenta o melhor comportamento, pois apresentou bandas de absorção na região das antocianinas com maiores intensidades que a flor *Catharanthus roseus*.

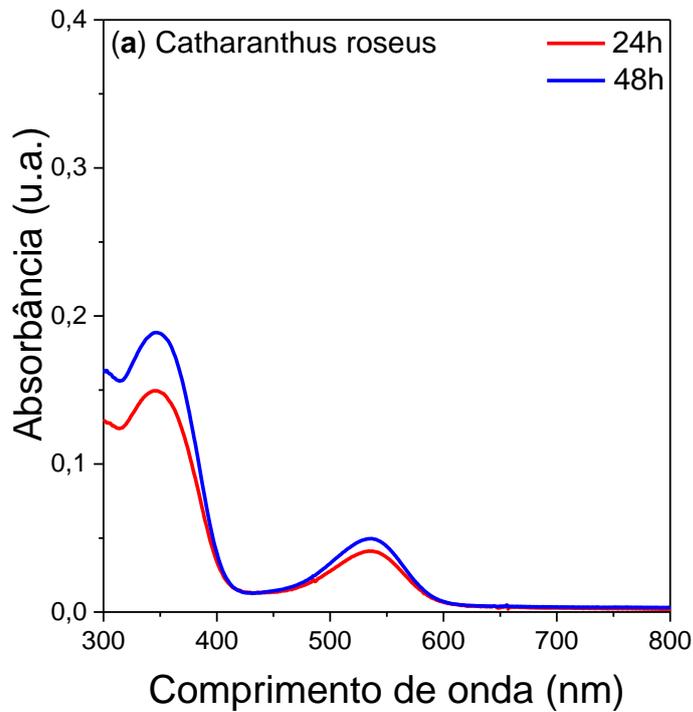
Figura 6. Espectros de absorção dos corantes das flores *Catharanthus roseus* (a) e *Portulaca grandiflora* (b) extraídos com etanol em 24 e 48 horas.

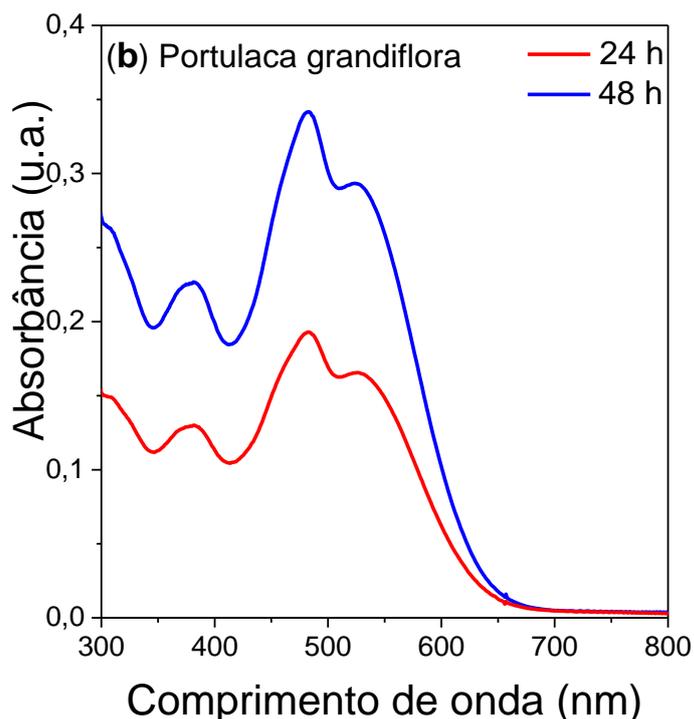




Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 7. Espectros de absorção dos corantes das flores *Catharanthus roseus* (a) e *Portulaca grandiflora* (b) extraídos com etanol-HCl em 24 e 48 horas.





Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na comparação dos solventes usados, na extração dos corantes, é possível verificar que a posição e a intensidade das bandas variaram de acordo com o solvente utilizado. De acordo com a literatura, para uma melhor extração das antocianinas, o pH da solução deve se encontrar na faixa de 2 a 3,5, uma vez que estas são estáveis em pH ácido (Cabrera *et al.*, 2017). Wongcharee, Meeyoo e Chavadej (2007) realizaram um estudo onde corantes de antocianinas extraídos com diferentes valores de pH. Eles estudaram o pigmento de *rosella* e verificaram que em pH = 1 houve uma eficiência maior dos corantes que em pH = 3. Uma razão para esse aumento de eficiência é que para valores de pH menores que 2, a antocianina existe em sua forma estável como um íon flavílio. Quanto ao tempo de extração, é favorável trabalhar com os corantes obtidos com tempo de 48 h, devido ao aumento de material extraído comprovado pelo aumento da intensidade da absorbância (Wongcharee; Meeyoo; Chavadej, 2007).

Tabela 1. Comparativo dos comprimentos de onda dos picos máximos de absorbância para cada solvente.

Solvente	Nome da flor	λ_{picos} (nm)
Etanol	<i>Catharanthus roseus</i>	336
	<i>Portulaca grandiflora</i>	475
Etanol:HCl	<i>Catharanthus roseus</i>	346 e 535
	<i>Portulaca grandiflora</i>	378, 481 e 528

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

5 CONCLUSÕES

As extrações dos corantes das flores foram eficazes nas condições experimentais avaliadas, mas com perfis espectroscópicos apresentando bandas em regiões distintas e com intensidades variadas. Um estudo mais aprofundado do comportamento espectrofotométrico dessas flores pode auxiliar na sua utilização como uma fonte alternativa de corantes naturais em diversas áreas de conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Janailson Costa *et al.* Obtenção de corante do repolho roxo (*Brassica oleracea*) por dois métodos de extração. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 47, 2015. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3909>.
- BORDIGNON, Celso Luiz *et al.* Influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 183–188, 2009.
- CABRERA, Marcela *et al.* Celdas solares sensibilizadas con colorantes fotosensibles obtenidos de plantas de la región sur de Ecuador. *Quimica Nova*, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 260–263, 2017.
- DA SILVA, Fátima Lopes *et al.* Anthocyanin pigments in strawberry. *Lwt*, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 374–382, 2007.
- DE ARAÚJO, Fábio Fernandes *et al.* Polyphenols and their applications: An approach in food chemistry and innovation potential. *Food Chemistry*, [s. l.], v. 338, n. 127535, p. 127535, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127535>.
- DIAS, Ivan Frederico Lupiano *et al.* Desenvolvimento de Dispositivos Fotovoltaicos e Diodos Emissores de Luz de Corantes Naturais: novos parâmetros de sustentabilidade. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 81, 2016.
- DWECK, Anthony C. Natural ingredients for colouring and styling. *In:* , 2002. *International Journal of Cosmetic Science*. [S. l.: s. n.], 2002. p. 287–302.
- EBRAHIMI, Vajed Mohammad Taghi; GHESHLAGH, Farhad Mohammadi; PARHAM, Abbas. Using Black Carrot Extracts as an Alternative Biological Dye for Tissue Staining. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 279–290, 2024.
- ERDOĞDU, Makbule *et al.* Natural dyes extracted from *Ligustrum vulgare*, *Juniperus sabina*, and *Papaver rhoeas* for novel DSSC applications. *Materials Letters*, [s. l.], v. 358, n. October 2023, 2024.
- FEITOSA, Alexandra De Vasconcelos; SOUSA, José Hugo De Aguiar;; CAVALCANTE, Francisco Sales Ávila; Células Solares Sensibilizadas Com Corantes Naturais Extraído Das Plantas Nerium Oleander E Portulaca Grandiflora. *Ciência e Natura*, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 1191, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/22466>.
- GRANADOS-BALBUENA, Sulem Yali *et al.* Patented technologies in the extraction, preservation, and application of anthocyanins in food: A review. *Applied Food Research*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 100388, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2772502224000015>.
- KAEWPRACHU, Pimonpan *et al.* Smart colorimetric sensing films based on carboxymethyl cellulose incorporated with a natural pH indicator. *International Journal of Biological Macromolecules*, [s. l.], v. 259, n. 129156, p. 129156, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.129156>.
- KANDIAH, Mathivathani; CHANDRASEKARAN, Kavishadhi N. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Catharanthus roseus* Flower Extracts and the Determination of Their Antioxidant, Antimicrobial, and Photocatalytic Activity. *Journal of Nanotechnology*, [s. l.], v. 2021, 2021.
- KARADAG, Recep. Establishing a New International Standard for Natural Dyed Textile Goods [Natural Organic Dye Standard (NODS)]. *Journal of Natural Fibers*, [s. l.], v. 20, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2162187>.

LEVI, Maria Alice B. *et al.* Three-way chemometric method study and UV-Vis absorbance for the study of simultaneous degradation of anthocyanins in flowers of the *Hibiscus rosa-sinensis* species. *Talanta*, [s. l.], v. 62, n. 2, p. 299–305, 2004.

LIM, Chon Kiat; TIONG, Wen Ti; LOO, Joo Ling. Antioxidant activity and total phenolic content of different varieties of *Portulaca grandiflora*. *International Journal of Phytopharmacy*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 01–05, 2014.

MAHAJAN, Ujjwal *et al.* Natural dyes for dye-sensitized solar cells (DSSCs): An overview of extraction, characterization and performance. *Nano-Structures and Nano-Objects*, [s. l.], v. 37, n. February, p. 101111, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2024.101111>.

MANDAL, Sujata; VENKATRAMANI, Janani. A review of plant-based natural dyes in leather application with a special focus on color fastness characteristics. *Environmental Science and Pollution Research*, [s. l.], v. 30, n. 17, p. 48769–48777, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26281-1>.

MARÇO, Paulo Henrique; SCARMINIO, Ieda Spacino. Q-mode curve resolution of UV-vis spectra for structural transformation studies of anthocyanins in acidic solutions. *Analytica Chimica Acta*, [s. l.], v. 583, n. 1, p. 138–146, 2007.

MARPAUNG, Abdullah; PARAMAPUTRI, Andara. UV-visible light spectra of *Clitoria ternatea* L. flower extract during aqueous extraction and storage. *International Food Research Journal*, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 764–773, 2023. Disponível em: [http://www.ifrj.upm.edu.my/30 \(03\) 2023/18 - IFRJ22103.R1.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/30%20(03)%202023/18-IFRJ22103.R1.pdf).

OHTANI, N.; KITAGAWA, N.; MATSUDA, T. Fabrication of organic light-emitting diodes using photosynthetic pigments extracted from spinach. *Japanese Journal of Applied Physics*, [s. l.], v. 50, n. 1 PART 3, p. 01BC08-1, 2011.

PASCHOA, Anderson dos Santos. Sensor orgânico, tipo embalagem colorimétrica, para monitoramento de pH de alimentos. 2016. 93 f. - Universidade Federal de Ouro Preto, [s. l.], 2016.

PATROCÍNIO, Antonio Otávio T.; IHA, Murakami Neyde Y. Em busca da sustentabilidade: Células solares sensibilizadas por extratos naturais. *Quimica Nova*, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 574–578, 2010.

PHAN, Kim *et al.* Non-food applications of natural dyes extracted from agro-food residues: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 301, p. 126920, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126920>.

PIOVAN, Anna; FILIPPINI, Raffaella. Anthocyanins in *Catharanthus roseus* in vivo and in vitro: A review. *Phytochemistry Reviews*, [s. l.], v. 6, n. 2–3, p. 235–242, 2007.

PORTES, Danielle Braga *et al.* Development of natural cosmetic emulsion using the by-product of *Lecythis pisonis* seed. *Toxicology in Vitro*, [s. l.], v. 97, n. August 2023, 2024.

REMINE, Hocine *et al.* RECENT ADVANCES ON STABILITY OF ANTHOCYANINS. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 257–286, 2018. Disponível em: <http://agrojournal.rudn.ru/agronomy/article/view/19425>.

ROSSI, Isabella Silva *et al.* Estabilidade de antocianinas do açaí: uma breve revisão. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, [s. l.], v. 8, n. 9, p. 14880–01a, 2022. Disponível em:

<https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/14880>.

SAMPAIO, Samuel Gondim; FEITOSA, Alexandra De Vasconcelos. a Educação Ambiental Através De Montagem E Simulação De Células Solares Sensibilizadas Com Corante Orgânico. *Ciência e Natura*, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 1626, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/23433>.

SAULITE, Liga *et al.* Effects of malvidin, cyanidin and delphinidin on human adipose mesenchymal stem cell differentiation into adipocytes, chondrocytes and osteocytes. *Phytomedicine*, [s. l.], v. 53, n. September 2018, p. 86–95, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.09.029>.

SHAHID, Mohammad; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, Faqeer. Recent advancements in natural dye applications: A review. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 53, p. 310–331, 2013.

SHEIBANI, Samira *et al.* Sustainable strategies for using natural extracts in smart food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, [s. l.], v. 267, n. P1, p. 131537, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131537>.

THILAVECH, Thavaree *et al.* Cyanidin-3-rutinoside alleviates methylglyoxal-induced cardiovascular abnormalities in the rats. *Journal of Functional Foods*, [s. l.], v. 49, n. August, p. 258–266, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.08.034>.

WANG, Hua *et al.* Classification of rose petal colors based on optical spectrum and pigment content analyses. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 153–166, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13580-022-00469-9>.

WONGCHAREE, Khwanhit; MEEYOO, Vissanu; CHAVADEJ, Sumaeth. Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, [s. l.], v. 91, n. 7, p. 566–571, 2007.

ZHAO, Xinxin *et al.* A nature pH indicator with high colorimetric response sensitivity for pork freshness monitoring. *Food Bioscience*, [s. l.], v. 57, n. November 2023, p. 103519, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103519>.