

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

SPRAY DRYING EM EXTRATOS DE CASCA DE JABUTICABA: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, ANTOCIANINAS E COR DAS MICROCÁPSULAS

**Lara Louzada Aguiar, Vinícius Serafim Coelho, Vitória de Oliveira Thebas,
Jefferson Martins Paulista Lourenço, Pollyanna Ibrahim Silva.**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da
Saúde/Departamento de Engenharia de Alimentos, Alto Universitário, S/N - Guararema – 29500-000
– Alegre-ES, Brasil, laralaguiar@hotmail.com, viniciusserafimcoelho16@gmail.com,
vitoria16thebas4@hotmail.com, jeffersonpaulista5@gmail.com, pollyannaibrahim@gmail.com.

Resumo

A casca de jabuticaba é uma das frações da fruta que apresenta alto valor nutricional, por ser ótima fonte de antocianinas, que são poderosos compostos antioxidantes que trazem benefícios à saúde. Porém, são descartadas por serem consideradas biorresíduos agroindustriais, o que promove o desperdício de nutrientes e compostos potencialmente bioativos presentes nessa porção rica em antioxidantes. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a secagem por *spray dryer* de extratos de cascas de jabuticaba utilizando whey protein e goma arábica como agentes carreadores, e avaliar o posterior impacto da secagem quanto às características físico-químicas como umidade, higroscopicidade, solubilidade e análises colorimétricas, e também foi determinado a quantificação das antocianinas totais dos extratos e dos pós. Logo, as cascas de jabuticaba apresentam potencial para serem utilizadas como fontes de bioativos a serem microencapsulados, apresentando bons parâmetros tecnológicos, agregando manutenção de cor e de antocianinas para serem aplicados como aditivos em alimentos.

Palavras-chave: *Myrtaceae*. Casca de jabuticaba. Microencapsulação. *Spray Dryer*.

Área do Conhecimento: Ciências da saúde – Ciências e Tecnologia de Alimentos.

Introdução

A jabuticabeira (*Plinia ssp.*) é uma planta nativa brasileira, pertencente à família *Myrtaceae*, e pode ser encontrada desde o Estado do Pará até o Rio Grande do Sul. A jabuticaba é geralmente uma fruta pequena, com casca fina e lisa, de cor roxo escuro ao preto, sua polpa é doce e ligeiramente ácida, de cor branca translúcida, apresentando de uma a quatro sementes. Sua época principal de colheita é de agosto a novembro, com a vida útil de 3 a 7 dias, apresentando alta perecibilidade por ser composta por teores elevados de água e açúcar (DE ANDRADE NEVES et al., 2021). A presença dos compostos bioativos em teores mais elevados na casca quando comparados com a polpa da fruta, torna a jabuticaba muito promissora como produto comercial para a indústria alimentícia, como na produção de queijo *petit-suisse*, biscoito tipo *cookie* e *kombucha* (SAITO, 2014; GARCIA; FERNANDES; DA CONCEIÇÃO, 2019; MARTINS; BENEDETTI, 2022).

Apesar da casca apresentar o maior valor nutricional (alto teor de compostos fenólicos com atividade antioxidante, além de minerais) esta é considerada biorresíduo agroindustrial e normalmente descartada, o que representa uma perda de aproximadamente 43% do fruto. Além disso, a casca de jabuticaba é de difícil armazenamento e conservação devido ao seu alto teor de umidade, sendo assim necessário o uso de métodos de secagem que diminuam a quantidade de água, mas que simultaneamente preservem suas propriedades bioativas. Outro grande desafio é o que a indústria alimentícia tem de manter a estabilidade da cor e as propriedades bioativas das antocianinas, que são altamente afetadas por condições extrínsecas (GARCIA; FERNANDES; DA CONCEIÇÃO, 2019).

A secagem por atomização (*spray drying*) está entre as técnicas mais utilizadas na indústria de alimentos, devido à sua operação econômica e possibilidade de manuseio de matérias primas instáveis, por causa do curto tempo de exposição ao calor, sendo empregada na obtenção de alimentos em pó (WU, et al. 2021). Também se destaca a microencapsulação, sendo uma técnica que consiste na formação de uma microcápsula comestível, protegendo o material encapsulado de diferentes fatores

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ambientais com auxílio de um agente encapsulante, sendo a mesma, capaz de auxiliar na resolução de alguns problemas associados com os corantes naturais, oferecendo solubilidade melhorada e produtos estáveis à oxidação (DE SOUZA, et al. 2018).

Sendo assim, esse trabalho objetivou determinar e caracterizar as propriedades físico-químicas de pós oriundos de extratos de casca de jabuticaba utilizando o método de secagem em *spray dryer* com agentes carreadores emulsificantes, buscando promover a estabilização das antocianinas.

Metodologia

Material

As cascas de jabuticaba foram adquiridas de agricultores da região de Amorim, distrito localizado no município de Muniz Freire, Sul do estado do Espírito Santo. Inicialmente, foi realizada higienização, e, em seguida, o despolpamento manual para a obtenção das cascas da fruta.

Métodos

Preparo dos extratos concentrados das cascas de jabuticaba

O extrato foi produzido utilizando ultrassom de banho (modelo Ultrasonic Power IGBT, CTA do Brasil), em uma potência de 900 W, a 35 °C, durante 30 minutos. O solvente extrator foi o etanol 80% (v/v), acidificado com ácido cítrico a pH 2,5, na proporção de resíduo: solvente de 1:10 (m/v). Os extratos foram concentrados em evaporador rotatório a vácuo (Fisatom 801, São Paulo, Brasil) (LIMA et al., 2019), até a remoção de todo o etanol, e seu teor de sólidos solúveis foi medido e expresso em °Brix.

Microencapsulação dos extratos por *Spray dryer*

Os agentes carreadores utilizados foram: isolado proteico do soro de leite (PS) e goma arábica (GA) (WU et al., 2021a; SILVA et al., 2013). O extrato concentrado do resíduo da jabuticaba foi disperso em soluções de 30% dos agentes carreadores, na proporção de extrato: agente carreador de 1:3 de acordo com Lima et al. (2019). As misturas resultantes foram homogeneizadas em agitador magnético (KASVI, K40-1810H, Brasil), mantidas a 30 °C e submetidas à secagem em *spray dryer* (YAMATO, Modelo ADL 3115, China), a 180°C de temperatura de entrada e 60°C de temperatura de saída. Os pós obtidos foram acondicionados em embalagens de polietileno contendo camada laminada e armazenados sob refrigeração (-18 ± 2 °C).

Caracterização físico-química dos extratos e pós microencapsulados da casca de jabuticaba

As análises foram realizadas em três repetições e os dados expressos em média $\pm$ desvio-padrão.

Umidade

A umidade foi medida nos extratos, conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, pelo método gravimétrico, por secagem em estufa a 105 °C até peso constante (IAL, 2008).

Higroscopicidade

Amostras dos pós foram acondicionadas em dessecadores contendo soluções saturadas de cloreto de sódio (75% de umidade relativa, $A_w = 0,75$). Após uma semana, as amostras foram pesadas e a higroscopicidade expressa como gramas de umidade absorvida por 100 g de sólidos secos (SILVA et al., 2013).

Solubilidade

A solubilidade foi determinada de acordo com o método proposto por De Souza et al. (2015). Foi adicionado 1 g da amostra em pó em um béquer com 50 mL de água destilada e feita a agitação em um agitador magnético (100 rpm), durante 30 min. Em seguida, a solução foi centrifugada a 3000 rpm

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

por 5 minutos. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri e seca em estufa a 105 °C até atingir peso constante. O resultado foi expresso em porcentagem, sendo calculado com base na razão de peso (Equação 1).

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{Pa \cdot 2}{Pb} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Pa (g) é a massa da alíquota de 25 mL do sobrenadante após a secagem em estufa; Pb (g) é a massa da amostra em pó inicial seca, incorporada em 50 mL de água.

Análises colorimétricas

A cor foi caracterizada pela leitura direta de reflectância do sistema de coordenadas retangulares, "L*" (luminosidade), "a*" (intensidade de vermelho e verde) e "b*" (intensidade de amarelo e azul), empregando-se a escala de cor CIELAB, com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, utilizando-se colorímetro Minolta. Os valores de C* (cromaticidade ou saturação de cor) e h (ângulo de tonalidade cromática) foram calculados a partir dos dados de a* e b*, pelas Equações 2 e 3.

$$C^* = \left\{ [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (\text{Equação 2})$$

$$h = \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Esta análise foi realizada no extrato concentrado das cascas de jabuticaba e no extrato adicionado dos carreadores, antes de ser submetido ao *spray dryer*. Adicionalmente, após a secagem, cada pó produzido foi reconstituído com água para equivaler à condição inicial de entrada no *spray dryer*, atingindo os teores de sólidos solúveis do extrato das cascas de jabuticaba, de acordo com Silva et al. (2013), com o intuito de verificar as perdas de cor causadas pelos processos de desidratação, e foi então calculada a diferença global de cor (ΔE) dos pós microencapsulados. A ΔE foi calculada pela Equação 4:

$$\Delta E = [\Delta L^2 + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que ΔE é a diferença global de cor, ΔL é a variação da coordenada L*, Δa é a variação da coordenada a* e Δb é a variação da coordenada b*.

Antocianinas totais dos extratos e dos pós microencapsulados da casca de jabuticaba

As antocianinas totais foram quantificadas pelo método do pH diferencial, conforme Giusti e Wrolstad (2001), por espectrofotometria. Os extratos centrifugados e diluídos foram adicionados a dois sistemas tampão separadamente: cloreto de potássio – ácido clorídrico pH 1,0 (0,025 M) e acetato de sódio pH 4,5 (0,4 M). A absorbância da amostra com a solução tampão de cloreto de potássio foi medida a 510 nm, e da amostra com solução tampão de acetato de sódio, medida a 710 nm. Os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo/100 g, em base seca.

Resultados

Após o processo de concentração do extrato da casca de jabuticaba, a umidade resultante foi de 74,90±0,06 % (m/m), o que proporcionou um extrato concentrado com o teor de sólidos solúveis de 30,2 °Brix e de 260,04 ± 6,90 mg cy-3-glu / 100 g de extrato concentrado, em base seca, para antocianinas totais, que é o composto responsável pela cor do extrato.

A Tabela 1 apresenta a caracterização instrumental da cor realizada pelo sistema de coordenadas retangulares colorimétrica CIELAB do extrato concentrado da casca de jabuticaba.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Tabela 1: Parâmetros de cor do extrato concentrado da casca de jabuticaba.

Parâmetros de cor				
L*	a*	b*	h°	C*
10,20±0,10	37,41±0,15	15,59±0,15	22,62±0,21	40,53±0,15

Fonte: Os autores. Valores expressos como média ± desvio padrão: L*: Luminosidade; a*: intensidade de vermelho e verde; b*: intensidade de amarelo e azul; h°: ângulo de tonalidade cromática; C*: saturação de cor.

O extrato concentrado da casca de jabuticaba tende a ser mais escuro, e com intensidade de cor para o vermelho e azul, uma vez que apresentou valor de L* mais próximo de zero, e valores positivos para os parâmetros a* e b*, respectivamente (Tabela 1). Além disso, o ângulo de tonalidade cromática (h°) mais próximo do 0° indica tonalidade próxima do vermelho, e a saturação (C*) de 40,53 ± 0,15 indica sensação visual de "mais quantidade", "mais vivacidade" da cor.

O extrato concentrado foi utilizado como matéria-prima para produção de microcápsulas de extratos da casca de jabuticaba, as quais foram caracterizadas (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2: Propriedades físicas dos pós dos extratos concentrados da casca de jabuticaba secos por *spray dryer* (SD) com diferentes agentes carreadores

	Agentes carreadores	
	PS	GA
Umidade (%)	5,24 ± 0,18 ^a	6,18 ± 0,18 ^b
Higroscopicidade (%)	8,41 ± 0,99 ^a	16,11 ± 0,15 ^b
Solubilidade (%)	94,01 ± 1,19 ^a	94,49 ± 1,15 ^a

Fonte: Os autores. Dados expressos em média ± desvio padrão. Pares de médias seguidas por uma mesma letra minúscula, em uma mesma linha, não diferem entre si (p>0,05) pelo teste de Tukey. SD: *spray dryer*.

Agentes carreadores: PS: proteína do soro de leite e GA: Goma arábica.

Houve diferença significativa nos teores de umidade e na higroscopicidade (Tabela 2) entre os pós de PS e de GA (p<0,05). Quanto à solubilidade não houve diferença significativa (p>0,05) para ambos os agentes encapsulantes. A utilização de diferentes agentes carreadores não influenciou significativamente (p>0,05) nas antocianinas totais dos pós produzidos, cujos valores variaram de 39,40 mg cy-3-glu/100 g, para as microcápsulas com PS, e de 36,90 mg cy-3-glu/100 g, para as microcápsulas com GA, em base seca.

Na avaliação instrumental da cor pelos parâmetros L*, a*, b*, h°, C* e ΔE das microcápsulas do extrato da casca de jabuticaba, observou-se diferenças significativas (p<0,05) nas características de cor dos pós produzidos por *spray drying* com os diferentes agentes carreadores, que pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 1: Análise colorimétrica dos pós provenientes dos extratos concentrados da casca de jabuticaba secos por *spray drying* com diferentes agentes carreadores

Parâmetros	Agentes carreadores	
	PS	GA
L*	57,25 ± 0,02 ^a	27,82 ± 0,02 ^b
a*	17,80 ± 0,18 ^a	8,57 ± 0,14 ^b
b*	-3,14 ± 0,02 ^a	3,56 ± 0,03 ^b
C*	18,07 ± 0,18 ^a	9,18 ± 0,13 ^b
h°	359,83 ± 0,00 ^a	22,79 ± 0,35 ^b
ΔE	26,41 ± 0,05 ^a	3,76 ± 0,16 ^b

Fonte: Os autores. Dados expressos em média ± desvio padrão. Pares de médias seguidas por uma mesma letra minúscula, em uma mesma linha, não diferem entre si (p>0,05) pelo teste Tukey. PS: proteína isolada do soro do leite; GA: goma arábica.

As microcápsulas obtidas com GA mostraram-se mais escuras e voltadas para uma tonalidade avermelhada, já que os valores de a* e b* foram positivos. Já os pós obtidos com PS apresentaram cor mais clara, devido ao seu valor mais alto de luminosidade (L*), porém, quando analisados as

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

coordenadas a^* e b^* , percebe-se que as microcápsulas ficaram com a cor vermelha com tendência para a cor roxa, visto que o valor de b^* foi negativo. Em relação a C^* , as microcápsulas obtidas utilizando PS, apresentaram maior saturação em sua cor comparada àquelas com GA. Já o parâmetro h° situou-se no primeiro e quarto quadrantes para GA e PS, respectivamente. Para ΔE , os pós produzidos com GA apresentaram maior manutenção de cor.

Discussão

Os principais parâmetros de cor estudados para o extrato concentrado da casca de jabuticaba foram L^* , a^* , b^* , h° e C^* . O parâmetro L^* varia em uma escala do preto (0) ao branco (100). As coordenadas a^* , varia do verde (negativo) ao vermelho (positivo), e b^* varia do amarelo (positivo) ao azul (negativo). A saturação de cor C^* , é a distância radial do centro do espaço até o ponto da cor, sendo que no centro das coordenadas se encontram os valores mínimos da saturação e, à medida que se distancia para as extremidades, aumenta-se este valor, indicando que o extrato possui cor mais saturada e pura. E h° representa o ângulo de tonalidade cromática, que é um atributo qualitativo de cor que de forma gráfica considera os ângulos 0° como a cor vermelha, 90° amarelo, 180° verde, e 270° azul, ou seja, quanto menor o ângulo h^* , mais vermelha será a tonalidade de coloração (FERREIRA & SPRICIGO, 2017).

O baixo valor de L^* é devido ao processo de rotaevaporação do extrato, o que levou a concentração do pigmento. Estudo realizado com casca de jabuticaba em pó, Marsiglia et al. (2021) observaram esse mesmo comportamento associando com a cor da casca da jabuticaba como roxo escuro, porém, com intensidade de cor menor quando comparado com o presente estudo. A estrutura e cor das antocianinas podem ser influenciadas com a mudança do pH, já que os íons H^+ e $-OH$ podem interagir com os átomos de hidroxilas e metoxilas distribuídos no anel aromático B da molécula de antocianidina. Logo, a tonalidade vermelho intenso do extrato concentrado da casca da jabuticaba, que pode ser observado no resultado colorimétrico no presente estudo, ocorre devido a baixa acidez do meio, o que leva a sua transformação reversível em cátion flavilium (KOH et al., 2020).

Quanto às microcápsulas, a umidade situou-se dentro da faixa recomendada por Braber et al. (2020), que é em torno de 3 a 10%. A umidade e higroscopicidade estão relacionadas com a eficiência de secagem e estabilidade de armazenamento, logo, menores valores são desejáveis para pós microencapsulados. Pós mais úmidos podem formar aglomeração e endurecimento, além de proporcionar degradação de compostos bioativos, e impedir a fluidez e dispersão nos alimentos (LIAO et al., 2021). Já a solubilidade é fundamental para a qualidade de pós microencapsulados, pois está relacionado à posterior facilidade de reconstituição dos pós, quando utilizado como ingrediente de um produto alimentício (PEICZYKOLAN; KUREK, 2019). Logo, altos valores de solubilidade são desejáveis para as microcápsulas do extrato da casca de jabuticaba.

Elevados valores de antocianinas são desejáveis em pós microencapsulados, visto que apresentam atividades biológicas como ação antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante, além de apresentar atividades tecnológicas como corantes e compostos funcionais, podendo agregar valor em produtos alimentícios. Os pós produzidos com os diferentes agentes encapsulantes, GA e PS, apresentaram características de cor distintas, porém apresentaram tonalidades (h°) próximas do vermelho e vermelho arroxeado, respectivamente, podendo atuar como corantes. Além disso, os pós microencapsulados com GA, sofreram menos alteração de cor comparados ao extrato original (menor ΔE), ou seja, houve maior manutenção da cor do produto, o que favoreceria sua aplicação como corante natural.

Conclusão

Os pós microencapsulados da casca de jabuticaba mostraram-se promissores para aplicações tecnológicas, agregando manutenção de cor e de antocianinas para serem aplicados em produtos alimentícios, porém, cada um com suas particularidades. Os pós obtidos com proteína isolada do soro do leite foram adequados quanto a umidade e higroscopicidade, enquanto os pós obtidos com goma arábica se destacaram por apresentar maior efetividade na manutenção da cor do produto, favorecendo sua aplicação como corante natural.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Referências

- BRABER, N.L.V.; VERGARA, L.I.D; ROSSI, Y.E.; AMINAHUEL, C.A.; MAURI, A.N.; CAVAGLIERI, L.R.; MONTENEGRO, M.A. Effect of microencapsulation in whey protein and water-soluble chitosan derivative on the viability of the probiotic *Kluyveromyces marxianus* VM004 during storage and in simulated gastrointestinal conditions, **Elsevier Ltd**, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108844>.
- DE SOUZA, V. B. et al. Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (*Vitis labrusca*). **Food and Bioproducts Processing**, v. 93, n. October, p. 39–50, 2015.
- DE ANDRADE NEVES, N. et al. Identification and quantification of phenolic composition from different species of Jaboticaba (*Plinia spp.*) by HPLC-DAD-ESI/MSn. **Food 20 chemistry**, v. 355, n. February, p. 129605, 2021.
- DE SOUZA, A.G.; FASSINA, A.C.; ROSANGELA, F.; SARAIVA, D.S. Compostos bioativos e atividade antioxidante em frutas nativas do Brasil. Bioactive compounds and antioxidant activity in native fruits from Brazil. *Growing*, 30 (2018) 73–78. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30n1p73-78>.
- FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. (2017). Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. In **Embrapa**. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1084379>>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- GARCIA, N. O. S.; FERNANDES, C. P.; DA CONCEIÇÃO, E. C. Is it possible to obtain nanodispersions with jaboticaba peel's extract using low energy methods and absence of any high cost equipment? **Food Chemistry**, v. 276, n. October 2018, p. 475–484, 2019.
- GIUSTI, M.; WROLSTAD, R. E. "Current protocols in food analytical chemistry, anthocyanins," **Extr. Isol. Purif. anthocyanins.**, p. 1000, 2001.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1a Edição Digital. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**, 2008.
- KOH, J.; XU, Z.; WICKER, L. (2020). Blueberry pectin and increased anthocyanins stability under in vitro digestion. **Food Chemistry**, 302(March 2019), 125343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125343>.
- LIAO, M.; MA, L.; MIAO, S.; HU, X.; LIAO, X.; CHEN, F.; JI, J. (2021). The in-vitro digestion behaviors of milk proteins acting as wall materials in spray-dried microparticles: Effects on the release of loaded blueberry anthocyanins. **Food Hydrocolloids**, 115(January). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106620>
- LIMA, E. M. F. et al. Spray-dried microcapsules of anthocyanin-rich extracts from *Euterpe edulis* M. as an alternative for maintaining color and bioactive compounds in dairy beverages. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 9, p. 4147–4157, 2019.
- MARTINS, J. T.; BENEDETTI, S. Elaboração de kombucha com adição de extrato de casca de jaboticaba (*Myrciaria Cauliflora*). **ANAIS DO ENIC**, 2022.
- MARSIGLIA, W. I. M. L.; SANTIAGO, Â. M.; ALVEZ, H. G.; ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; MUNIZ, C. E. S.; GALDINO, P. O.; MOTA, M. M. A.; ALMEIDA, M. M. (2021). Modelagem e simulação do processo de secagem das cascas de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). **Research, Society and Development**, 10(3), e21510313214. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13214>.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

PEICZYKOLAN, E.; KUREK, M. A. (2019). Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. **International Journal of Biological Macromolecules**, 129, 665–671. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.073>

SILVA, P. I. et al. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 4, p. 538–544, 2013.

WU, G; HUI, X.; MU, J.; BRENNAN, M.A.; BRENNAN, C.S. Functionalization of whey protein isolate fortified with blackcurrant concentrate by spray-drying and freeze-drying strategies. **Food Research International**, v. 141, n. January, p. 110025, 2021.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Edital Universal, proc. 409221/2018-0), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES, Edital 16/2019, T.O 139/2020 e Edital 11/2020), pelo financiamento do projeto e pela bolsa de estudos. Agradecemos a cooperação CAPES/FAPES – PDPG (proc. 2021-5S41N).