COCOA BEAN SHELL DE AGROFLORESTA CAPIXABA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO COPRODUTO

Abner Romualdo Leite, Daniel Kismit Stein, Igor Poton Perin, Ana Carolina Raasch, Raquel Pellanda Dardengo Victor, Vanessa Ricas Biancardi.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Campus Vila Velha, Avenida Ministro Salgado Filho, 1000, Soteco - 29106-010 - Vila Velha-ES, Brasil
abnerrleite@gmail.com, danikismit@gmail.com, igorpperin2007@gmail.com, carol.anaraasch@gmail.com, rdardengo@ifes.edu.br, vanessa.biancardi@ifes.edu.br.

Resumo
O trabalho teve como objetivo caracterizar química e fisicamente, além de avaliar a capacidade antioxidante, do cocoa bean shell (CBS) produzido em sistema de cultivo agroflorestal em Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, visando identificar formas de reaproveitamento desse coproduto e contribuir para a sustentabilidade industrial. Foram determinados os teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos, além do pH e da capacidade antioxidante pelo método do DPPH, com adaptações das metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), pela Embrapa (2006) e por Delgado-Ospina et al. (2021). Os resultados apontaram a presença marcante de proteínas, lipídios, carboidratos e minerais, bem como manutenção da capacidade antioxidante após a extração lipídica, indicando o potencial de aproveitamento desse material. Portanto, o coproduto do cacau apresenta potencial para aplicações industriais e agrícolas, exigindo estudos complementares de caracterização, segurança e viabilidade econômica para sua valorização.
Palavras-chave: Cacau. Resíduo. Proteínas. Sustentabilidade. Bioeconomia.

Área do Conhecimento: Ensino Médio Técnico**.**

Introdução

Segundo a FAO (2024), os sistemas agroalimentares baseados em modelos lineares de "extrair, fabricar, usar e descartar" são intensivos em recursos e contribuem para os impactos ambientais. Nesse contexto, focalizando a importância econômica da cacauicultura no Espírito Santo, com produção estimada em 10,2 mil toneladas de amêndoas e geração de até cinco mil empregos (Incaper 2022), a indústria do cacau encontra-se em expansão. Entretanto, a falta de práticas de valorização dos resíduos gerados nesse processo produtivo contribui para a geração de coprodutos, inclusive o *cocoa bean shell* (CBS), que, embora parcialmente reaproveitados, requerem investigação a fim de possibilitar seu aproveitamento técnico-científico, tendo em vista o teor de compostos bioativos e proteínas de interesse, que lhes conferem potencial de aplicação indústrial, somada a promoção da bioeconomia (Mariatti *et al.*, 2021; Galeano *et al.*, 2022). Além disso, os sistemas agroflorestais (SAFs) constituem modelos alternativos de cultivo à monocultura e vêm ganhando representatividade em diversas propriedades rurais capixabas. Nessas modalidades de plantio, uma ou mais espécies agrícolas são cultivadas em associação com espécies florestais, formando um sistema heterogêneo que contribui para a manutenção do solo, devido à cobertura natural de matéria orgânica, além de promover a redução dos impactos antrópicos sobre o meio ambiente (Sales; Araujo; Baldi, 2018).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o CBS produzido em sistema agroflorestal no Espírito Santo, por meio da determinação do teor de umidade, cinzas, proteínas e lipídios e avaliar a capacidade redutora de seu extrato hidroetanólico por metodologia de DPPH. Por fim, visou-se a identificação de possíveis reaproveitamentos para os resíduos do material, a fim de fornecer maior valor agregado, deste modo fortificando a bioeconomia e a sustentabilidade industrial.

Metodologia

A película residual de cacau proveniente de um sistema cabruca, originário do município de Cachoeiro de Itapemirim, foi coletada, seca em forno residencial à temperatura de 180 °C, moída com o auxílio de almofariz e pistilo e, posteriormente, armazenada em dessecadores. Após o pré-tratamento,

foram realizadas análises de determinação do teor de umidade, lipídios, proteínas e cinzas, realizadas a partir de metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e pela Embrapa (2006), além da análise da capacidade de antioxidantes no extrato hidroetanólico, por meio de uma abordagem experimental adaptada (Delgado-ospina *et al.*, 2021).

O teor de umidade foi determinado a partir do aquecimento de aproximadamente 10 g da amostra, previamente pesados em placas de Petri, em estufa a 105 °C durante três horas. Em seguida, as amostras foram resfriadas e pesadas novamente.

O perfil lipídico foi analisado por meio da extração contínua de aproximadamente 5 g da amostra seca, utilizando aparelho tipo Soxhlet e éter de petróleo como solvente extrator. A amostra foi acondicionada em um cartucho e submetida à extração por aproximadamente 8 horas. Após esse período, os balões contendo o extrato lipídico foram mantidos em estufa aberta a 40 °C para a completa evaporação do solvente. Posteriormente, os balões foram pesados para a determinação da massa e do teor de lipídios presentes na amostra.

Para a determinação de cinzas, incinerou–se cerca de 1 g da amostra seca em tela de amianto sobre bico de Bunsen, a fim de dar início ao processo de carbonização. Em seguida, o material foi aquecido em mufla a 550 ºC até o completo acinzentamento, resfriado em dessecador e pesado para a realização dos cálculos.

A determinação do teor de proteínas se deu pelo método de Kjeldahl. Inicialmente, pesou-se 0,2 g da amostra seca em tubos de Kjeldahl e levou-a à digestão ácida com ácido sulfúrico concentrado e uma mistura catalisadora composta de sulfato de sódio anidro e sulfato de cobre pentahidratado, a cerca de 400 °C, por 8 horas. Após esse processo, foi realizada a destilação do composto com a adição de 17 mL de hidróxido de sódio 40%, recolhida por uma mistura de ácido bórico com indicadores de pH. Então, o material foi titulado com ácido clorídrico 0,01 M e 0,1 M, para determinar o teor de nitrogênio e proteínas.

Para a determinação do pH foi realizada por meio da diluição de 2 g de amostra crua, isto é, sem ter passado por nenhuma análise, apenas pré-tratada, em 100 mL de água destilada. Em seguida, a suspensão obtida foi submetida à medição em pHmetro, a fim de determinar o potencial hidrogeniônico da amostra. A última análise feita foi de carboidratos, pelo cálculo por diferença.

Por fim, a avaliação da capacidade redutora das amostras seca e desengordurada seca (obtida após a realização do Soxhlet), foi pelo método DPPH (Delgado-ospina *et al.*, 2021). Foram feitas soluções de DPPH e uma solução mãe de quercetina. A partir da solução mãe, realizou-se 8 novas soluções, variando as concentrações de 5 µg/mL a 70 µg/mL, a fim de montar uma curva padrão. A curva foi feita a partir de triplicatas, com a mistura de 150 µL de cada ponto feito da solução mãe de quercetina e 2,85 mL da solução de DPPH, deixado em repouso por 1 hora ao abrigo da luz e realizada as medições da absorbância no espectrofotômetro, no comprimento de onda 517 nm. Após realizada essa etapa, soluções com o extrato da amostra seca e desengordurada foram preparadas, junto a álcool etílico 50%, e posteriormente, feitas triplicatas, a partir de 150 µL dessa e 2,85 mL de solução de DPPH, deixada ao abrigo da luz por 1 hora, e realizada as medições de absorbância, também a 517 nm.

A partir das análises realizadas, em triplicata, os dados obtidos foram tratados estatisticamente por meio do cálculo das médias, dos desvios-padrão dos teores e dos coeficientes de variação.

Figura 1 - Amostra do *cocoa bean shell* antes das análises.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Figura 2 - Amostra do *cocoa bean shell* em pré-tratamento



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Resultados

Tabela 1 - Caracterização físico-química da amostra em base úmida.

Parâmetro	Resultado
Umidade (%)	8,81 ± 0,03
Cinzas (%)	8,73 ± 0,08
Lipídeos (%)	12,60 ± 0,61
Proteínas (%)	20,52 ± 0,56
Carboidratos (%)	49,35
pH	5,62 ± 0,04
DPPH com lipídios (µg QE/g amostra)	411,22 ± 16,76[a]
DPPH sem lipídios (µg QE/g amostra)	411,69 ± 20,22[a]

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

Com o intuito de avaliar a composição e a capacidade antioxidante, além do potencial de reaproveitamento do subproduto do cacau, os resultados experimentais obtidos foram comparados com a literatura científica correlata. De modo geral, os parâmetros analisados demonstraram concordância com os valores relatados por Lolato (2024).

Em relação ao teor de umidade, a amostra apresentou um percentual de 8,81 ± 0,03%, valor essencialmente baixo para a manutenção das características do material, uma vez que diminui a proliferação de microrganismos (Delgado-ospina *et al.*, 2021). Quando comparado aos valores achados na literatura, se aproxima da faixa relatada por Yuneri e Syarifuddin (2024), de 4,7 - 10,12%, o que confirma a eficiência dos processos empregados durante as análises experimentais e assegura a viabilidade de armazenamento para a reutilização do CBS em possíveis aplicações industriais.

No que tange aos parâmetros de cinzas, a amostra analisada apresentou um alto teor de 8,73 ± 0,08%, enquadrando-se na média relatada por Okiyama *et al.* (2017), de 8,58%, significando a riqueza inorgânica do solo capixaba para o plantio. O determinado parâmetro de cinzas avalia os minerais e matéria inorgânica do material, logo, essa concentração demonstra o potencial de reaproveitamento dos nutrientes em produtos agrícolas, como fertilizantes, e na indústria alimentícia para enriquecimento mineral (ROJO-POVEDA *et al.*, 2020).

A análise de lipídios tem grande importância, uma vez que o componente impacta no valor calórico, estabilidade e nas propriedades funcionais do material. A amostra apresentou 12,60 ± 0,61%, que ao comparado com a literatura, encontra-se dentro dos valores já registrados de 1,8 - 18,2% (Mariatti *et al.*, 2021). A concentração moderada de lipídeos viabiliza a utilização desse material na indústria de alimentos, pois os lipídios reagem com açúcares e aminoácidos na reação de Maillard, proporcionando a formação, retenção e fixação de compostos voláteis desejáveis que conferem o aroma e o sabor (Shahidi; Hossain, 2022).

No que diz respeito às proteínas, a amostra do CBS apresentou elevada concentração do componente, com um valor de 20,52 ± 0,56%, superando as médias encontradas na literatura, como a relatada por Lolato (2024), de 17,03%. Esse aporte proteico superior da amostra capixaba pode ser entendido a partir de fatores edafoclimáticos, pelo manejo nutritivo do solo ou por características genéticas da variedade do cacau, além da eventual presença de compostos nitrogenados não proteicos, como alcaloides. Do ponto de vista da indústria alimentícia, as proteínas são cada vez mais exploradas como um recurso para beneficiamento da saúde e manutenção de um estilo de vida saudável, além de agregar no preparo, armazenamento e consumo de alimentos, fornecendo qualidades e atributos sensoriais (Day, 2013). Ademais, as proteínas desempenham um papel estratégico na agricultura, por oferecer uma absorção sustentável de nutrientes por meio da produção de fertilizantes que utilizam o nitrogênio (Sestili *et al.*, 2018). Desse modo, o resultado evidencia um alto potencial proteico, mas estudos posteriores de caracterização das proteínas e do nitrogênio não proteico são necessários para avaliar seu real potencial nutricional e tecnológico.

O valor de carboidratos encontrado, 54,12% na base seca (equivalente ao 49,35% apresentado na tabela 1), encontra-se em concordância com os resultados expostos por Yuneri e Syarifuddin (2024), os quais variam entre 504 a 606 g/kg, equivalente a 50,4% e 60,6%. De acordo com Lecumberri *et al.* (2007) *apud* Lolato (2024), o extrato glicídico do CBS é composto por 45% de compostos pécticos, 35% de celulose e 20% de hemicelulose. Apesar da utilização de cálculos baseados em subtração para a determinação do teor glicídico do CBS representar uma limitação na exatidão do resultado, a metodologia adotada, somada à literatura, é suficiente para apontar que essa composição característica do produto revela oportunidades para sua aplicação e aproveitamento em diversos setores industriais (Yuneri; Syarifuddin, 2024).

Com relação ao potencial hidrogeniônico, a amostra caracterizada apresentou pH entre 5,66 e 5,58, valores superiores aos reportados por Botella-Martínez, que obteve resultados entre 4,93 e 5,07 para diferentes amostras do CBS. Além da divergência representar uma singularidade do plantio e do solo capixabas, ela também pode estar relacionada ao tamanho das partículas utilizadas na análise, devido à maior disponibilidade de ácidos orgânicos encontradas em materiais com menor granulometria (Botella-Martínez *et al.*, 2021).

A avaliação experimental realizada via ensaio de varredura do radical livre DPPH registrou o valor de 411,22 ± 16,76 µg QE/g amostra para a amostra com lipídios e 411,69 ± 20,22 µg QE/g amostra para a sem lipídios. A remoção da fração lipídica não promoveu alterações significativas no potencial antioxidante, sendo empregado o teste t de Student para comprovar o observado ($p = 0,9810$; $\alpha = 0,05$), sugerindo que a remoção da fração lipídica não comprometeu a capacidade antioxidante detectada pelo experimento nas condições avaliadas. A presença da capacidade antioxidante no CBS valoriza esse subproduto e possibilita a sua inserção na produção de diversos produtos, reduzindo o consumo de materiais industriais e favorecendo a integração da sustentabilidade na cadeia produtiva. A saúde da pele e o desenvolvimento de cosméticos naturais são ramos que crescem cada vez mais, logo, a capacidade antioxidante da amostra apresenta um potencial estratégico no desenvolvimento de cosméticos, unindo o cuidado pessoal com a bioeconomia.

O CBS produzido em sistema agroflorestal no Espírito Santo demonstrou potencial para o seu reaproveitamento e sua valorização como subproduto agroindustrial, uma vez que apresentou composição físico-química relevante. Com relação ao alto teor de cinzas, um dos possíveis usos é como fonte mineral na formulação de fertilizantes ou como cobertura morta para melhoramento das propriedades químicas de solos, evidenciando seu potencial de aproveitamento na agricultura. Uma vez que é rica em nitrogênio, magnésio, cálcio, fosfato e potássio, o CBS agregaria na qualidade do solo, além de atuar como base formadora de húmus, por não ter rápida decomposição, sendo ideal para o uso como adubo, assim contribuindo para a reposição de nutrientes e para a redução da dependência de insumos de origem exclusivamente sintética (Rojo-Poveda *et al.*, 2020).

A capacidade antioxidante após a remoção da fração lipídica reforça a aptidão do CBS como fonte de compostos bioativos, especialmente compostos fenólicos, que podem ser aproveitados em diferentes aplicações, como na indústria de cosméticos para o desenvolvimento de pomadas, cremes ou nutricosméticos (Scapagnini *et al.*, 2014).

Em relação ao teor de proteínas, esse se mostra com maior potencial, principalmente na indústria alimentícia, atuando no enriquecimento proteico de matrizes alimentícias, por fornecer aminoácidos à nutrição humana. Uma possível aplicação é a formulação de concentrados proteicos em pó, como o desenvolvido pela Embrapa a base de feijão, para o enriquecimento proteico de matrizes alimentícias, desenvolvimento de análogos a carne, formulação de bebidas vegetais e suplementos, visando ressignificar um material considerado resíduo de descarte e reduzir a dependência em fontes de proteínas vegetais oriundas do exterior (Embrapa, 2026).

Conclusão

Com base nos objetivos propostos, o estudo permitiu caracterizar o CBS quanto à sua composição físico-química e capacidade antioxidante. Os resultados evidenciaram a presença de quantidades de proteínas, lipídios, carboidratos e minerais, além da capacidade antioxidante após a remoção da fração lipídica, demonstrando que o coproduto apresenta características de aproveitamento, o que reduz o descarte de resíduos e contribui para a agregação de valor à cadeia produtiva do cacau, promovendo o ciclo cacaueiro com menor número de resíduos.

O CBS pode ser considerado um material com potencial para diferentes aplicações, especialmente na obtenção de produtos alimentícios com valor agregado, no aproveitamento industrial de seus lipídios e carboidratos e na utilização de sua fração mineral em aplicações agrícolas. Dessa forma, as alternativas apresentadas alinham-se aos princípios da economia circular e da bioeconomia, favorecendo medidas que reduzem impactos ambientais, ampliam a utilização de matérias-primas naturais e fortalecem práticas de produção mais sustentáveis e favorecendo a transição para um modelo de economia circular na cadeia produtiva do cacau.

Como continuidade do estudo, é preciso aprofundar a caracterização dos compostos bioativos responsáveis pela capacidade antioxidante, bem como avaliar a qualidade e funcionalidade das proteínas, a composição dos lipídios e dos minerais e a viabilidade de aplicação dessas frações em produtos específicos. Estudos de segurança, estabilidade e viabilidade econômica também são necessários para determinar quais aplicações apresentam maior potencial, permitindo que o CBS seja efetivamente transformado de um resíduo agroindustrial em uma matéria-prima de maior valor agregado.

Referências

BOTELLA-MARTÍNEZ, C. et al. Ghanaian cocoa (Theobroma cacao L.) bean shell coproducts: effect of particle size on chemical composition, bioactive compound content and antioxidant activity. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 401, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11020401.

DAY, L. Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 32, n. 1, p. 25-42, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005. Acesso em: 7 set. 2026.

DELGADO-OSPINA, Johannes et al. Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. **Heliyon**, v. 7, n. 4, 2021.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL. Concentrado proteico a base de feijão-caupi. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, [s.d.]. Disponível em: Portal Embrapa. Acesso em: 6 set. 2026.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food Safety in a Circular Economy**. Food Safety and Quality Series, No. 29. Rome: FAO, 2024. Infográfico. Disponível em: https://doi.org/10.4060/cd1789en. Acesso em: 1 set. 2026.

GALEANO, Edileuza Aparecida Vital; SILVA, Antonio Elias Souza da; PADOVAN, Maria da Penha; ARANTES, Sara Dousseau; MOREIRA, Sarah Ola; DIAS, Rachel Quandt; SANTANA, Enilton Nascimento de. **Cadeia produtiva do cacau no Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2022. 168 p. (Fruticultura Capixaba, v. 4). DOI: 10.54682/livro.9788589274388. Acesso em: 23 ago. 2026.

GALVANI, Fábio; GAERTNER, Eliney. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2006. 9 p. (Circular Técnica, 63).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

LOLATO, Eduardo. **Caracterização físico-química da casca da amêndoa de cacau**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

MARIATTI, Francesco; GUNJEVI´C, Veronika; CRAVOTTO, Giancarlo. Process intensification technologies for the recovery of valuable compounds from cocoa by-products. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 68, 2021.

OKIYAMA, Dayane C. G.; NAVARRO, Sandra L. B.; RODRIGUES, Christianne E. C. Cocoa shell and its compounds: applications in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 63, p. 103-112, 2017.

ROJO-POVEDA, O. et al. Cocoa Bean Shell—A By-Product with Nutritional Properties and Potential Applications in Food Industries. **Nutrients**, v. 12, n. 5, p. 1450, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/nu12051450. Acesso em: 7 set. 2026.

SALES, Eduardo Ferreira; ARAUJO, João Batista Silva; BALDI, Adriana. **Sistemas agroflorestais e consórcios no Estado do Espírito Santo: relatos de experiências**. Vitória, ES: Incaper, 2018. 22 p. (Documentos, 254).

SCAPAGNINI, G. et al. Cocoa bioactive compounds: Significance and potential uses in skin health and anti-aging. **Nutrients**, v. 6, n. 8, p. 3202-3213, 2014. DOI: https://doi.org/10.3390/nu6083202. Disponível em: https://www.mdpi.com/2070-1411/6/8/3202. Acesso em: 6 set. 2026.

SESTILI, F. et al. Protein Hydrolysate Stimulates Growth in Tomato Coupled With N-Dependent Gene Expression Involved in N Assimilation. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, art. 1233, 2018. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01233. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6113680/. Acesso em: 6 set. 2026.

SHAHIDI, Fereidoon; HOSSAIN, Abul. Role of Lipids in Food Flavor Generation. **Molecules**, v. 27, n. 15, p. 5014, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules27155014. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9370143/. Acesso em: 7 set. 2026.

YUNERI, Dian Rahmat; SYARIFUDDIN, Adiansyah. Cocoa Bean Shell By-Products as Potential Ingredients for Functional Food and Beverage - A Review. **BIO Web of Conferences**, [S. l.], v. 96, p. 01016, 2024. DOI: https://doi.org/10.1051/bioconf/20249601016. Disponível em: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2024/13/bioconf_bionut2024_01016/bioconf_bionut2024_01016.html. Acesso em: 7 set. 2026.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da equipe de laboratório do IFES Campus Vila Velha, em especial a técnica de laboratório Jaqueline Rodrigues Cindra de Lima Souza, além da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).