



## CARACTERIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA ACEROLA

### CHARACTERIZATION AND VALUE OF ACEROLA PROCESSING WASTE

Apresentação: Comunicação Oral

Camila Cristina de Sousa Nascimento<sup>1</sup>; Stefanny Vieira de Sousa Nascimento<sup>2</sup>; Jefferson Cleriston Barros dos Santos<sup>3</sup>, Cleide Mara Faria Soares<sup>4</sup>; Danyelle Andrade Mota<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0203>

#### RESUMO

A geração de resíduos agroindustriais tem crescido significativamente nos últimos anos, incluindo aqueles oriundos do processamento da acerola (*Malpighia emarginata* DC), amplamente cultivada no Brasil. Esses subprodutos são fontes potenciais de nutrientes importantes para a saúde, como vitaminas, minerais, fibras, carboidratos e proteínas, podendo ser aproveitados como matéria-prima na elaboração de novos produtos de alto valor agregado. Essa prática amplia as possibilidades de uma produção mais sustentável e eficiente. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo caracterizar centesimalmente e por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) o resíduo da acerola proveniente do processamento no Instituto Federal do Piauí – Campus São João do Piauí, visando sua valorização e possível aplicação na formulação de novos alimentos. O resíduo foi seco em estufa a 65 °C até peso constante e submetido às análises de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, fibras e carboidratos, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005). Os resultados indicaram altos teores de carboidratos (74,99%), proteínas (11,92%) e fibras (6,90%) na base seca, além da presença de grupos funcionais característicos desses compostos na análise de FTIR. Os achados demonstram o potencial do resíduo como ingrediente funcional em formulações alimentares, promovendo a redução de desperdício e o incentivo à economia circular. Conclui-se que o aproveitamento desse subproduto pode contribuir para o desenvolvimento de alimentos sustentáveis e nutricionalmente enriquecidos.

**Palavras-Chave:** biorrefinaria, economia circular, biomassa, *Malpighia emarginata* DC.

#### ABSTRACT

The generation of agro-industrial waste has increased significantly in recent years, including residues from the processing of acerola (*Malpighia emarginata* DC), which is widely cultivated in Brazil. These by-products are potential sources of important health-promoting nutrients such as vitamins, minerals,

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Piauí – Campus São João do Piauí, [casjp.20211s021512@aluno.ifpi.edu.br](mailto:casjp.20211s021512@aluno.ifpi.edu.br)

<sup>2</sup> Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Piauí – Campus São João do Piauí, [casjp.20211s021524@aluno.ifpi.edu.br](mailto:casjp.20211s021524@aluno.ifpi.edu.br)

<sup>3</sup> Doutorando em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes, [jeffersoncleriston5@gmail.com](mailto:jeffersoncleriston5@gmail.com)

<sup>4</sup> Docente, Universidade Tiradentes, [cleide.mara@souunit.com.br](mailto:cleide.mara@souunit.com.br)

<sup>5</sup> Docente, Instituto Federal do Piauí - Campus São João do Piauí, [danyelle.mota@ifpi.edu.br](mailto:danyelle.mota@ifpi.edu.br)

fibers, carbohydrates, and proteins, and can be used as raw material in the development of high value-added products. This practice enhances the possibilities for more sustainable and efficient production. In this context, the aim of this study was to perform a centesimal and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopic characterization of acerola processing residues generated at the Federal Institute of Piauí – São João do Piauí Campus, focusing on their valorization and potential application in food formulation. The residue was oven-dried at 65 °C to constant weight and analyzed for moisture, ash, lipids, proteins, fibers, and carbohydrates, following the methodology of the Adolfo Lutz Institute (2005). The results showed high contents of carbohydrates (74.99%), proteins (11.92%), and fibers (6.90%) on a dry basis, along with the presence of characteristic functional groups of these compounds identified in the FTIR analysis. The findings demonstrate the potential of this residue as a functional ingredient in food formulations, promoting waste reduction and fostering the circular economy. It is concluded that the use of this by-product may contribute to the development of sustainable and nutritionally enriched foods.

**Keywords:** biorefinery, circular economy, biomass, *Malpighia emarginata* DC.

## INTRODUÇÃO

No mundo todo, milhões de toneladas de resíduos agroindustriais são geradas, e grande parte ainda é descartada sem tratamento, prejudicando o meio ambiente. Nos últimos anos, a preocupação ambiental e a legislação têm impulsionado pesquisas em biorrefinarias, que transformam biomassa em produtos de alto valor, promovendo uma economia circular com benefícios econômicos, ambientais e sociais. Esses resíduos podem ser uma fonte de substâncias bioativas, como polifenóis, fibras e lipídios, que podem ser utilizados em cosméticos, medicamentos e alimentos por meio de processos biotecnológicos, ajudando a criar uma indústria mais sustentável e inovadora (Galanakis, 2021; Reshmy et al., 2022).

Nesse cenário, a América Latina possui um grande potencial de produção de biomassa, especialmente na indústria de processamento de frutas. Entretanto, o descarte inadequado desses resíduos pode causar contaminação ambiental, afetando humanos e animais. Em países em desenvolvimento, a gestão desses resíduos é um desafio devido à falta de tecnologias eficientes e aos altos custos de processamento. O Brasil, em particular, destaca-se como gerador de resíduos de biomassa, especialmente na produção de frutas como a acerola, o que reforça a importância de aproveitar esses resíduos de forma sustentável (Venkidasamy et al., 2024; Oliveira Júnior et al., 2024).

A espécie *Malpighia emarginata* DC, popularmente conhecida como acerola, destaca-se entre os frutos mais cultivados no Brasil, apresentando ampla capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas. A utilização de frutas, como a acerola, na produção de alimentos gera, em larga escala, resíduos provenientes das etapas de processamento, os quais incluem cascas, sementes, talos e bagaços. Esses subprodutos são ricos em compostos bioativos, muitas vezes em concentrações superiores às encontradas na própria polpa da fruta

(Alves, 2021; Aquino et al., 2010; Gonçalves et al., 2024; Oliveira Júnior et al., 2024).

Nessa conjuntura, alternativas para a redução desses resíduos são de grande relevância, entre as quais a elaboração de farinha. A adição de valor a estes subprodutos é de grande interesse, uma vez que seu uso pode enriquecer alimentos com nutrientes (Aquino et al., 2010; Gonçalves et al., 2024). Tendo por base a contextualização e a motivação, a presente pesquisa buscou responder ao seguinte questionamento: O resíduo proveniente do processamento da acerola, no Instituto federal do Piauí – Campus São João do Piauí (IFPI-CASJP), apresenta composição promissora para ser convertido em produtos alimentícios?

O IFPI – CASJP atende mais de 400 alunos do ensino médio, oferecendo alimentação que inclui suco de acerola, preparado no próprio Instituto. No entanto, os resíduos do processamento da fruta não são aproveitados. A otimização da cadeia produtiva permitiria a valorização desses resíduos, contribuindo para a redução da poluição ambiental e o fortalecimento da bioeconomia circular. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização do resíduo da acerola, visando contribuir com a valorização do produto resultante após o processamento.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **BIORREFINARIA E BIOMASSA**

O panorama energético global está a passar por uma transformação crítica impulsionada por imperativos duplos: o rápido esgotamento das reservas de combustíveis fósseis e as consequências ambientais crescentes da sua utilização contínua (Hassan et al. 2024). Nesse contexto a biorrefinaria se apresenta como um meio sustentável de gerar vários produtos comercializáveis (alimentos, rações para animais, materiais e produtos químicos) e energia (combustíveis, energia, calor) a partir de várias matérias-primas de biomassa através da incorporação de tecnologias de conversão relevantes, isso permite o processamento de materiais abundantes em produtos úteis com valor agregado. Novas práticas de biorrefinaria podem combinar recursos renováveis, como a biomassa, com a redução e o gerenciamento adequado dos resíduos gerados (Ubando et al., 2020).

A valorização da biomassa é normalmente realizada por meio de um processo de conversão chamado biorrefinaria, que pode ser definida como uma rede de instalações projetadas para abordar a sustentabilidade em dimensões ambientais, sociais e econômicas. A biorrefinaria é uma instalação ou um conjunto de instalações que combina processos e equipamentos destinados à transformação de biomassa com o intuito de gerar biocombustíveis

voltados para transporte, energia e produtos químicos (Castanheiro et al., 2022; José et al., 2025).

A biorrefinaria visa minimizar a perda de materiais, valorizar subprodutos orgânicos, gerar energia e insumos sustentáveis, além de apoiar a economia circular. Contendo assim o aproveitamento integral da matéria-prima, mas com base em recursos renováveis e biodegradáveis. Essa estrutura é definida por diversos fatores, incluindo o tipo de biomassa utilizada, os processos aplicados, os produtos intermediários e os produtos finais obtidos (Duarte, 2022).

As biorrefinarias são classificadas com o tipo de biomassa utilizada e os processos empregados. Alguns tipos de Biorrefinaria são: lignocelulósica, baseada em resíduos vegetais ricos em celulose; Biorrefinaria de amidos e açúcares, que utiliza culturas como milho, mandioca ou resíduos de frutas; Biorrefinaria oleaginosa, voltada para sementes e resíduos ricos em óleos e lipídios e Biorrefinarias termoquímicas, que utilizam processos como pirólise, gaseificação ou combustão controlada para gerar energia e produtos químicos (Souza, *et al*, 2022).

A biorrefinaria tem um papel importante para o desenvolvimento de um bioprocesso integrado para valorização de biomassa a partir de quatro principais tipos de conversão (ou rotas): mecânica (física), térmica (ou termoquímica), biológica e química. Entre os processos bioquímicos, têm fermentação e digestão anaeróbica; processos termoquímicos, como pirólise e gaseificação; e métodos químicos, como transesterificação, entre outros. Esses processos permitem a produção de uma gama de bioprodutos. No processo de valorização, as biorrefinarias podem abrir caminho para a economia, pois a possibilidade de acrescentar valor de tecnologias tem sido estimulado pelo resíduo agroindustrial, contribuindo para diminuir despesas e elevar a credibilidade final do produto (Ubando et al., 2020; Velvizhi et al., 2022).

Dessa forma, a biomassa do resíduo orgânico gerado pela acerola em bioprodutos com possibilidades de uso tecnológicas, se mostra bastante atraente sob os aspectos econômico e ambiental, possibilitando agregar valor ao resíduo produzido ao mesmo tempo em que se minimizem os danos ao ambiente natural. A biomassa é caracterizada como um recurso orgânico, derivado de seres vivos, sejam eles animais ou vegetais, que não é fóssil e que pode se decompor naturalmente. Sua aplicação está intimamente ligada a práticas de consumo sustentável, já que pode servir tanto como fonte de alimentação quanto como matéria-prima renovável (Dai et al., 2017).

A biomassa vegetal ou materiais lignocelulósicos ganharam crescente interesse de pesquisa e importância especial por sua natureza renovável, sendo constituída por substâncias

macromoleculares que se mantêm unidas por uma matriz constituída de polissacarídeos (celulose e hemicelulose) e lignina, seus componentes majoritários. Esse tipo de biomassa apresenta ainda em sua composição quantidades minoritárias de outros componentes, tais como taninos, ácido graxos, resinas e sais inorgânicos, que podem passar por processos de separação e valorização a partir da biorrefinaria (Zadeh et al., 2020).

O Brasil se destaca como um grande gerador de resíduos lignocelulósicos a partir de atividades agrícolas, florestais e municipais, com destaque para a agroindústria que gera elevadas quantidade de resíduos, tais como bagaço de cana de açúcar, bagaço de azeitona ou resíduos do processamento da acerola, entre outros. E nos últimos anos tem ocorrido mais investimento em pesquisa e utilização mais eficiente dos resíduos agroindustriais, visando à conversão de biomassa lignocelulósica em bioprodutos de valor agregado. O bioprocessamento destes resíduos pode ajudar a mitigar os problemas ambientais a partir da biorrefinaria (Ubando et al., 2020). Dentre as biomassas residuais com potencial energético, podem-se incluir os resíduos do processamento da acerola (Rezende et al, 2017).

## CULTURA DA ACEROLA: IMPORTÂNCIA E RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSAMENTO

A utilização de resíduos agroindustriais pode fornecer materiais estratégicos para determinadas indústrias. Hoje em dia, o mercado procura produtos de alta qualidade e eficácia. Com a alta demanda de produção de resíduos, as indústrias podem estar adotando estratégias de reaproveitando, pois têm um enorme potencial tanto econômico quanto ecológico (Velvizhi et al., 2022).

Dito isso, a *Malpighia emarginata* D.C. conhecida popularmente como acerola, é rica em vitamina C. Por ser nativa da América Central e do norte da América do Sul, essa fruta possui um dos maiores plantios no Brasil. Sua demanda vem crescendo significativamente, fazendo o Brasil expandir suas áreas de cultivo. Além disso, seu fruto é processado industrialmente para obtenção de polpas e sucos para ser comercializado (Rezende et al., 2017).

A produção industrial da acerola gera uma grande quantidade de resíduos, como sementes e bagaços, que devem ser manuseados adequadamente para reduzir o impacto ao meio ambiente (Rezende et al., 2018). Para que haja um aproveitamento desses resíduos, uma alternativa é a utilização na fabricação a partir do seu subproduto para que haja a necessidade de aproveitamento integral desta fruta.

Os resíduos que sobram do processamento da acerola podem ser reaproveitados devido à presença de seus compostos bioativos que são utilizados para o preparo de diversos produtos,

além de ser usados pelas indústrias alimentícias, cosméticas e farmacêuticas. Esse aproveitamento tem impacto significativo, uma vez que reduz o desperdício e promove a sustentabilidade (Barros, 2019).

A biomassa proveniente dos resíduos agroindustriais pode ser aproveitada de diversas maneiras. Especificamente, os resíduos de frutas não fazem parte dos hábitos alimentares da maioria das populações, porém podem ser importante fonte de nutrientes. Quando adicionados em alimentos, podem representar ao consumidor um produto saudável, como por exemplo, em biscoitos, capaz de modificar/incrementar o sabor, a textura, o aroma, a cor e o valor nutricional dos mesmos. Entretanto, é importante que tais produtos sejam aceitos sensorialmente para que seja viabilizada sua utilização (Aquino et al., 2010).

As frutas contêm um alto teor de umidade sendo necessária etapas de secagem para que não estrague essas biomassas (Silva, 2019). A secagem é um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, visando a remoção de um líquido agregado ao produto para uma fase gasosa, através de sua evaporação. Após esse processo é possível produzir farinha produzida a partir do bagaço da acerola, como um produto final.

## **METODOLOGIA**

Os ensaios experimentais foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Alimentos (LPA), localizado no Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) na Universidade Tiradentes em Aracaju-Se.

## **MATERIAIS**

A casca e semente foram fornecidas pelo Instituto Federal do Piauí – Campus São João do Piauí (IFPI-CASJP) após o beneficiamento da acerola para produção da polpa para o suco fornecido no restaurante da instituição. Os demais reagentes serão de grau analítico.

## **METODOLOGIA**

### **Secagem do Resíduo de Acerola**

Os resíduos da acerola foram pesados, acondicionados em bandejas de aço inoxidável teladas, colocados em estufa a 65° C até peso constante. Após a secagem os resíduos foram acondicionados em potes com tampa, permanecendo à temperatura ambiente até o momento da realização das análises.

## Caracterização do Resíduo do Processamento da Acerola

### Determinação da composição centesimal

A determinação da composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos), do resíduo do processamento da acerola foi realizada em triplicata de acordo com Instituto Adolfo Lutz (2005).

#### *Umidade*

A determinação da umidade foi realizada com base na perda de massa. Para isso, 3 g de cada amostra foram pesadas em cadinhos de porcelana e, em seguida, levadas à estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 3 horas. Após esse período, os cadinhos foram transferidos para um dessecador para resfriamento, sendo então novamente pesados. A porcentagem de umidade foi calculada com base na diferença de massa (IAL,2005).

#### *Cinzas*

A quantificação do teor de cinzas foi realizada por incineração em mufla. Amostras de 3 g de biomassa foram colocadas em cadinhos de porcelana e submetidas à temperatura de  $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  até a completa combustão da matéria orgânica. A massa residual de cinzas foi determinada pela diferença entre a massa final e a massa do cadinho vazio (IAL,2005).

#### *Lipídios*

As amostras do resíduo do processamento da acerola foram previamente secas a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a extração de lipídios foi realizada utilizando um extrator Soxhlet. Para isso, 5 g de amostra seca foram colocadas no equipamento, onde permaneceram em refluxo por 8 horas com 180 ml de éter de petróleo ( $90\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) como solvente. Após a extração, as amostras foram levadas à estufa a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  para a evaporação completa do solvente até atingirem peso constante.

#### *Proteínas*

A determinação do teor de proteínas nas biomassas foi realizada pelo método de Kjeldahl, que quantifica o nitrogênio total de origem orgânica. Aproximadamente 0,2 g da amostra foi colocada em tubo de digestão com 5 ml de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e 1,5 g de mistura catalítica. A digestão foi conduzida até a solução adquirir coloração azul-esverdeada. Após resfriamento, foram adicionados 40 ml de água destilada com agitação. Para a destilação, 10 ml de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) a 2% com quatro gotas de alaranjado de metila e seis gotas de verde de bromocresol foram colocados em um Erlenmeyer. Em seguida, 11 ml de hidróxido de sódio (NaOH) concentrado foram adicionados à amostra, liberando amônia, que foi recolhida

na solução de ácido bórico, formando borato de amônio. A quantificação foi feita por titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,05 N, previamente padronizado com carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), conforme metodologia do IAL (2005).

### *Fibras*

A determinação de fibra bruta foi realizada conforme os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2005), baseando-se em digestões sucessivas com soluções ácida e alcalina para remoção dos constituintes solúveis da amostra. Inicialmente, cerca de 2 g da amostra seca e desengordurada foram submetidos à digestão com solução de ácido sulfúrico a 1,25% por 30 minutos em ebulição. Após essa etapa, o material foi filtrado e lavado com água quente até neutralidade. Em seguida, o resíduo foi submetido a uma nova digestão com solução de hidróxido de sódio a 1,25% sob as mesmas condições. Posteriormente, o resíduo foi novamente lavado com água quente, seguido de etanol e acetona para completa desidratação. O material foi seco em estufa a 105 °C até peso constante, incinerado em mufla a 550 °C e novamente pesado. A fibra bruta foi determinada pela diferença entre a massa do resíduo seco e a das cinzas, sendo expressa em percentual da amostra original.

### *Carboidratos*

O teor de carboidratos foi determinado por diferença. Para isso, foi calculada a média das porcentagens de umidade, proteínas, lipídios e cinzas, e o valor restante foi considerado como correspondente aos carboidratos (IAL, 2005).

### Análise por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

As análises de espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) por transmitância foram realizadas utilizando espectroscópio equipado com um diamante/cristal de seleneto de zinco (ZnSe) e dispositivo ATR (Reflexão total atenuada), marca AGILENT CARY 630 FTIR (Agilent Technologies, USA) para analisar a presença de grupos químicos. Cerca de 2 mg de cada amostra sólida será depositada na superfície do cristal ATR em escala espectral ZnSe 4000-600 cm<sup>-1</sup> e resolução de < 2 cm<sup>-1</sup> e processada para aquisição automática dos dados pelo software Agilent MicroLab.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal obtida para amostra de resíduo do processamento da acerola é apresentada na Tabela 01 na base úmida (b.u.) e na base seca (b.s.), pois isso influencia

diretamente na interpretação dos teores nutricionais. Os resultados da análise centesimal do subproduto do processamento da acerola mostram que o resíduo apresenta alta umidade na base úmida (88,0%). Esse valor é típico de resíduos de frutas tropicais, que possuem grande quantidade de água em sua composição. A alta umidade limita o tempo de armazenamento e favorece o crescimento microbiano, o que justifica a necessidade de secagem para aproveitamento industrial.

**Tabela 01:** Composição centesimal do subproduto do processamento da acerola.

	<b>Este trabalho (b.u.)*</b>	<b>Este trabalho (b.s.)**</b>
<b>Umidade (%)</b>	88,0 ± 0,43	-
<b>Cinzas (%)</b>	0,44 ± 0,04	3,68 ± 0,30
<b>Lipídeos (%)</b>	0,30 ± 0,07	2,50 ± 0,47
<b>Fibras (%)</b>	0,83 ± 0,04	6,90 ± 0,11
<b>Proteínas (%)</b>	1,43 ± 0,12	11,92 ± 0,59
<b>Carboidratos (%)</b>	8,97 ± 0,18	74,99 ± 1,34

\*base úmida  
\*\*base seca

Após o processo de secagem, os valores nutricionais revelaram um conteúdo significativo de carboidratos (74,99%), proteínas (11,92%) e fibras (6,90%) na base seca. Esses dados indicam que o resíduo da acerola, geralmente descartado, possui valor nutricional relevante e pode ser reaproveitado como ingrediente funcional. Diversos fatores, como maturação, variedade, colheita e condições de cultivo, influenciam a composição da acerola e, consequentemente, do bagaço gerado a partir do seu processamento (Miskinis et al., 2023).

Ao comparar os valores obtidos com os dados da literatura científica, pode-se observar que os teores de cinzas (indicadores de minerais) tanto na base úmida (0,44%) quanto na base seca (3,68%) estão dentro da faixa esperada para resíduos vegetais, embora possam variar dependendo do solo de cultivo e das condições climáticas. Estudos, como o de Araújo et al. (2017), relatam valores entre 2,5% e 5% de cinzas para resíduos de frutas tropicais na base seca.

O teor de lipídeos é significativamente maior na base seca (2,50%) em comparação à base úmida (0,30%), o que é coerente após a remoção da água. Essa concentração é relevante, pois indica que o resíduo pode ser uma fonte moderada de óleos vegetais. Segundo a literatura, sementes de frutas como maracujá e acerola podem apresentar entre 2% e 7% de lipídeos, o que posiciona os valores encontrados dentro do esperado (Santos et al., 2016).

No caso das fibras, observa-se um teor expressivo na base seca (6,91%), enquanto na base úmida é de 0,83%. Esse resultado confirma que o resíduo possui potencial para uso como

fonte de fibras alimentares, como também demonstrado por estudos que relatam teores variando de 5% a 10% em base seca em sementes de frutas (Silva et al., 2018). A presença significativa de fibras torna o subproduto atrativo para aplicações em produtos funcionais ou enriquecimento de alimentos, melhorando o trânsito intestinal e controle glicêmico. Além disso, as fibras alimentares também afetam positivamente a saciedade.

Quanto às proteínas, o valor obtido na base seca (11,92%) é elevado para um resíduo, sugerindo um bom potencial nutritivo para pães, bolos e barras de cereais. Na base úmida, o valor é de apenas 1,43%, o que é coerente com a diluição pela água. Estudos com resíduos de acerola e outras frutas relatam proteínas entre 8% e 15% em base seca, indicando que o resultado aqui apresentado está de acordo com a literatura, que apontam variações de 8 a 15% em resíduos de frutas (Silva et al., 2018).

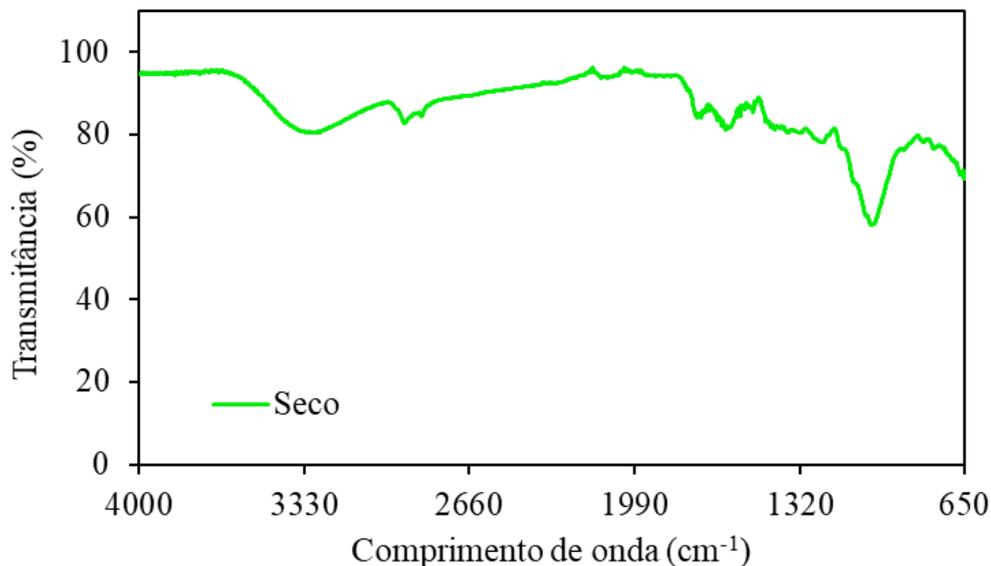
Por fim, os carboidratos aparecem em maior quantidade na base seca (74,99%) do que na base úmida (8,97%). Isso ocorre pela concentração relativa dos nutrientes após a retirada da água. A alta presença de carboidratos é característica de resíduos vegetais e representa uma importante fonte de energia (especialmente polissacarídeos como celulose e hemicelulose), que podem contribuir para a textura e estabilidade de produtos alimentícios, além de terem potencial como prebióticos. Rodrigues et al, (2013) constataram valores semelhantes encontrados em resíduos de banana, manga e outras frutas tropicais (Rodrigues et al., 2013).

Vale ressaltar que, conforme Miskinis et al., (2023) e segundo dados da Food and Drug Administration (FDA), a acerola é uma fruta com baixos teores de lipídios e proteínas, porém contém teores significativos de ácidos, fibras, minerais e vitaminas. Esse perfil nutricional reforça o potencial de reaproveitamento do resíduo como ingrediente alimentar, podendo ser utilizado na forma de farinha em formulações alimentícias de baixo custo, saudáveis e sustentáveis, contribuindo para a segurança alimentar local.

## ANÁLISE POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

As amostras caracterizadas no espectrofotômetro no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), para identificar os grupos funcionais presentes nas biomassas a partir das bandas de absorção estão representados na Figura 01 e mostram bandas típicas de materiais lignocelulósicos. A análise complementa a caracterização centesimal apresentada anteriormente e permite confirmar a presença de compostos orgânicos como proteínas, lipídeos, carboidratos e fibras.

**Figura 01: Análise do resíduo da acerola por espectrofotômetro no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)**



A banda de transmitância entre 3600 e 3200  $\text{cm}^{-1}$  pode ser atribuída ao alongamento vibracional da ligação O-H, de grupos hidroxilas presente nas moléculas de celulose, pectina, hemicelulose, lignina, e água adsorvida na superfície do material (Barbosa, 2008). A presença marcante dessa banda confirma os altos teores de carboidratos (74,99%) e fibras (6,91%) identificados na base seca, corroborando a composição centesimal.

A região entre 3000 e 2800  $\text{cm}^{-1}$  estão relacionadas às vibrações de estiramento C-H dos grupos metila e metileno, indicativas da presença de lipídeos e componentes orgânicos apolares. O valor de lipídeos encontrado na base seca (2,50%) é compatível com a presença dessas bandas, que embora discretas, confirmam a ocorrência de cadeias alifáticas.

A faixa entre 1750–1600  $\text{cm}^{-1}$  é relacionada às vibrações C=O de carbonilas (ésteres, ácidos carboxílicos e proteínas – ligação peptídica). A presença dessa banda indica proteínas (11,91%) e também é comum em carboidratos redutores e lipídeos com ligações éster. Enquanto na região de 1500–1300  $\text{cm}^{-1}$  ocorrem bandas associadas a deformações N-H e C-N, reforçando a presença de proteínas e possíveis aminas. Também podem estar presentes bandas de C-H (deformação) de polissacarídeos (Barbosa, 2008).

A região entre 1200–900  $\text{cm}^{-1}$  é característica das vibrações C-O, C-C e C-O-C de polissacarídeos e estruturas relacionadas a carboidratos complexos. A presença de bandas nesta área reforça a conclusão da alta quantidade de carboidratos e fibras, de acordo com a caracterização centesimal. Já a faixa abaixo de 900  $\text{cm}^{-1}$  são atribuídas a movimentos de anéis aromáticos ou estruturas mais complexas, podendo indicar a presença de compostos fenólicos (bioativos) ou estruturas lignocelulósicas. Essa informação é relevante para aplicação em

alimentos funcionais ou materiais compostáveis.

Portanto, a análise FTIR reforça e valida os dados nutricionais e demonstra a complexidade química da matriz residual da acerola. Isso a torna uma biomassa versátil e valiosa para aplicações em produtos com apelo nutricional, funcional e sustentável.

## CONCLUSÕES

A caracterização centesimal e FTIR do resíduo do processamento da acerola evidenciou um perfil nutricional promissor, com alto teor de carboidratos (74,99%), fibras alimentares (6,90%) e proteínas (11,92%) na base seca. Esses resultados confirmam o potencial de reaproveitamento do resíduo como ingrediente funcional para a formulação de novos produtos alimentícios. A análise por FTIR complementou os dados centesimais, revelando a presença de grupos funcionais característicos de polissacarídeos, lipídeos e proteínas, confirmando a complexidade química e o valor biológico do material.

Dessa forma, o aproveitamento do resíduo da acerola pode representar uma estratégia eficiente de valorização de subprodutos agroindustriais, alinhada aos princípios da bioeconomia circular, à redução de impactos ambientais e à geração de valor agregado. Além de reduzir desperdícios, essa prática pode beneficiar a segurança alimentar e nutricional de populações locais, especialmente em instituições públicas como o IFPI – Campus São João do Piauí, onde o resíduo é gerado em quantidade significativa, mas ainda não é aproveitado.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI) pela concessão da bolsa e ao Instituto de Tecnologia e Pesquisa na Universidade Tiradentes pela parceria para realização da parte experimental.

## REFERÊNCIAS

ALVES, H. et al. Aproveitamento de resíduos de acerola verde (*Malpighia emarginata* dc.) para a obtenção de açúcares utilizando tratamento ácido e enzimático. 2021.

AQUINO, A. C. M. S.; *et al.* Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de resíduos de acerola. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 379–386, 2010.

ARAÚJO, K. T. A.; SILVA, R. M.; SILVA, R. C. da; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. de M. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 7, n. 2, p. 110-115, 2017.

BARBOSA, L. C. A.; Espectroscopia no infravermelho na caracterização de compostos orgânicos. Editora UFV, 1º reimpressão. Viçosa, MG: UFV, 2008.

BARROS, V. M. **Influência do processamento de secagem nos teores de compostos bioativos e antinutricionais em farinha de resíduo de acerola**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

CASTANHEIRO, J. E. F.; MOURÃO, P. A. M.; CANSADO, I. P. P. **Biorrefinarias: uma solução para o futuro?**. 2022.

GALANAKIS, C. Food waste valorization opportunities for different food industries. *In: The Interaction of Food Industry and Environment*. [s.l.] Elsevier Inc., 2021. p. 341–422.

DAI, L. et al. Bioresource Technology A synergistic combination of nutrient reclamation from manure and resultant hydrochar upgradation by acid-supported hydrothermal carbonization. *Bioresource Technology*, v. 243, p. 860–866, 2017.

DUARTE, Victória Huch et al. Biocombustíveis: uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biodiesel. *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 4, n. 2, 2022.

FDA - Food and Drug Administration. U. S. Public Health Service, Department of health and human services, 2010.

GONÇALVES, R. O. *et al.* Avaliação de barras de frutas elaboradas com farinha do subproduto do processamento do suco de acerola. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 19, n. 2, e3377, 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

MISKINIS R.D.A.S., DO NASCIMENTO L.Á., COLUSSI R. Bioactive compounds from acerola pomace: a review. *Food Chem.*; 404:134613, 2023.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. D. et al. Caracterização físico-química do resíduo de acerola (*Malpighia emarginata* DC). *In: CARACTERIZAÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DE COMPOSTOS (BIO)QUÍMICOS*. [S.l.: s.n.], 2024. Cap. 1. Aceito em: 3 jun. 2024.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extraction for bioactive compounds and antioxidant activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. *LWT - Food Science and Technology*, v. 85, p. 158–169, 2017.

RESHMY, R. *et al.* Updates on high value products from cellulosic biorefinery. *Fuel*, v. 308, p. 122056, 15 jan. 2022.

RODRIGUES, R. M.; PEREIRA, S. D.; MOURA, A. C. Caracterização de resíduos agroindustriais com potencial para uso em alimentos funcionais. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 285–292, 2013.

SILVA, A. C. P.; JORGETTO, A. O.; WONDRACEK, M. H. P.; GALERA, R. M.; SCHNEIDER, J. F.; SAEKI, M. J.; PEDROSA, V. A.; ZARA, L. F.; CASTRO, G. R.; Properties, characteristics and application of grinded *Malpighia emarginata* seeds in the removal of toxic metals from water. *Groundwater for Sustainable Development*, 6, 50, 2018.

SILVA, J. D. O. da. **Pirólise da biomassa residual da acerola (*Malpighia emarginata*) e avaliação de seus produtos**. 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SOUZA, Alvaro Eduardo Costa; CERQUEIRA, Daniel Alves; CARDOSO, Cássia Regina. Biorefinery for *Elaeis guineensis* fruits: a review on ecodiesel production and gasification for waste treatment. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e357111133027-e357111133027, 2022.

UBANDO, A. T.; FELIX, C. B.; CHEN, W. H. Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. *Bioresource Technology*, v. 299, p. 122585, 2020.

VELVIZHI, G. et al. Integrated biorefinery processes for conversion of lignocellulosic biomass to value added materials: Paving a path towards circular economy. **Bioresource Technology**, v. 343, p. 126151, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126151>.

VENKIDASAMY, B. *et al.* Unveiling novel applications of fruit pomace for sustainable production of value-added products and health benefits: A review. **Food Bioscience**, v. 61, n. June, p. 104533, 2024.

ZADEH, Z. E.; ABDULKHANI, A.; ABOELAZAYEM, O.; SAHA, B. Recent Insights into Lignocellulosic Biomass Pyrolysis: A Critical Review on Pretreatment, Characterization, and Products Upgrading. *Processes*, v. 8, p. 1–31, 2020.