



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE



**LUDMYLLA FERNANDA ALMEIDA PEREIRA**

**Estudo da arte e bioprospecção química e das atividades antioxidante, antibacteriana  
contra *Staphylococcus* e toxicidade de *Musa sapientum* Linn**

São Luís - MA  
2022

**LUDMYLLA FERNANDA ALMEIDA PEREIRA**

**Estudo da arte e bioprospecção química e das atividades antioxidante, antibacteriana  
contra *Staphylococcus* e toxicidade de *Musa sapientum* Linn**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente, na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Saúde e Ambiente.

**Orientadora:** Prof.(a). Dr.(a). Denise Fernandes Coutinho.

**Coorientador:** Prof. Dr. Wellyson da Cunha Araújo Firmo.

**São Luís - MA  
2022**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Almeida Pereira, Ludmylla Fernanda.

Estudo da arte e bioprospecção química e das atividades antioxidante, antibacteriana contra *Staphylococcus* e toxicidade de *Musa sapientum* Linn / Ludmylla Fernanda Almeida Pereira. - 2022.

67 p.

Coorientador(a): Wellyson da Cunha Araújo Firmo.

Orientador(a): Denise Fernandes Coutinho.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

1. Atividades biológicas. 2. Banana. 3. CLAE. 4. Compostos fitoquímicos. 5. *Staphylococcus*. I. da Cunha Araújo Firmo, Wellyson. II. Fernandes Coutinho, Denise. III. Título.

**LUDMYLLA FERNANDA ALMEIDA PEREIRA**

**Estudo da arte e bioprospecção química e das atividades antioxidante, antibacteriana  
contra *Staphylococcus* e toxicidade de *Musa sapientum* Linn**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado  
do Programa de Pós-graduação em Saúde e  
Ambiente, na Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA), como requisito parcial para a obtenção do  
Título de Mestre em Saúde e Ambiente.

**Banca examinadora**

---

Prof(a). Dr(a). Denise Fernandes Coutinho  
Universidade Federal do Maranhão  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Wellyson da Cunha Araújo Firmo  
Universidade Ceuma  
(Coorientador)

---

Prof(a).Dr(a). Flavia Maria Mendonça do Amaral  
Universidade Federal do Maranhão  
(Membro interno)

---

Prof. Dr. Tássio Rômulo Silva Araújo Luz  
SENAC – PI  
(Membro externo)

---

Prof. Dr. Marcio Anderson Sousa Nunes  
Universidade Ceuma  
(Membro externo)

**São Luís – MA  
2022**

## RESUMO

*Staphylococcus* spp. são patógenos oportunistas e emergentes, causadores de diversos problemas de saúde, de acne até pneumonia e já apresentaram resistência a vários antibióticos, incluindo os que são utilizados como primeira escolha no tratamento de infecções. Visando diminuir a resistência das bactérias, diversos estudos com produtos de composição complexa vêm sendo testados como os extratos vegetais. A casca do fruto de *Musa sapientum*, popularmente denominado de banana, é um subproduto da indústria alimentícia que pode apresentar interesse na indústria de cosmético e farmacêutica. Perante o exposto, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo da arte e avaliar a composição química e de atividade antibacteriana, antioxidante e toxicidade da casca do fruto de *M. sapientum*. Este trabalho encontra-se dividido em 3 capítulos. No capítulo 1, encontra-se descrito o levantamento de dados sobre a importância do reaproveitamento de resíduos, envolvendo o processamento de alimentos, incluindo frutos e destacando a importância do reaproveitamento dos subprodutos dessa atividade comercial. No Capítulo 2, encontra-se uma revisão integrativa de *M. sapientum* (banana-prata) como potencial para o desenvolvimento de medicamentos. A revisão foi realizada nas bases de dados: Pubmed, Google Scholar, Periódicos CAPES e ScienceDirect, utilizando como descritores: *Musa sapientum*, biological activity. Os resultados demonstraram que esta espécie apresenta um perfil fitoquímico variado e diversas atividades biológicas já comprovadas, como atividade antibacteriana. No capítulo 3, encontra-se a parte experimental do trabalho, onde a espécie em estudo foi coletada no estado do Maranhão, em janeiro de 2022 e registrada no Herbário do Maranhão da Universidade Federal do Maranhão. Da casca fresca, preparou-se o extrato bruto hidroalcoólico de *M. sapientum* (EBHMS) por maceração com etanol 70%, na proporção de 1:10, durante 10 dias, sob agitação diária. O EBHMS foi submetido a análise fitoquímica por metodologia de Matos (2009) e análise química por CL-EM. Avaliou-se a atividade antioxidante pelo método DPPH e a atividade antibacteriana pelas técnicas de difusão em ágar pelo método em poço e disco, e por microdiluição para determinar as concentrações inibitória mínima (CIM) e bactericida mínima (CBM) contra três amostras de *Staphylococcus*. A toxicidade foi determinada por meio dos ensaios com *A. salina* e hemácias humanas. A espécie vegetal apresentou diferentes metabólitos secundários, tais como: fenóis, taninos, flavonoides e saponinas. Na CL-EM, foi possível identificar 10 compostos, todos pertencentes à classe fenólica, sendo 9 flavonoides e um ácido fenólico. O efeito antioxidante do EBHMS foi observado com a concentração eficiente ( $CE_{50}$ ) de  $0,08501 \pm 0,0002256$  g/mL para inibir o DPPH. O EBHMS apresentou capacidade de inibir o crescimento de todas as amostras testadas por difusão em ágar pelo método em disco, sendo o maior halo de inibição contra *S. aureus* ( $12,5 \pm 0,7$  mm) assim como pelo método em poço ( $10 \pm 1,4$  mm). Só houve CIM ( $0,00078125$  g/mL) e CBM (ação bacteriostática) para *S. epidermidis*. A concentração letal ( $CL_{50}$ ) frente *A. salina* foi de  $0,03801604 \pm 0,03641792$  g e a concentração eficiente ( $CE_{50}$ ) para atividade hemolítica foi de  $0,05704 \pm 0,00263$  g/mL. Assim, nota-se que o fruto estudado apresenta características que podem auxiliar e direcionar o desenvolvimento de produtos farmacologicamente ativos, sendo possível eliminar grande parte do subproduto da exploração dessa espécie vegetal.

**Palavras-chave:** Banana; compostos fitoquímicos; *Staphylococcus*; Atividades biológicas; Toxicidade, CLAE

## ABSTRACT

*Staphylococcus* spp. they are opportunistic and emerging pathogens, causing various health problems, from acne to pneumonia and have already shown resistance to several antibiotics, including those used as first choice in the treatment of infections. Aiming to reduce the resistance of bacteria, several studies with products with a complex composition have been tested, such as plant extracts. The peel of the fruit of *Musa sapientum*, popularly called banana, is a by-product of the food industry that may be of interest in the cosmetic and pharmaceutical industries. In view of the above, this work aimed to carry out a study of the art and evaluate the chemical composition and antibacterial activity, antioxidant, and toxicity of the fruit peel of *M. sapientum*. This work is divided into 3 chapters. Chapter 1 describes the data collection on the importance of reusing waste, involving food processing, including fruits, and highlighting the importance of reusing the by-products of this commercial activity. In Chapter 2, there is an integrative review of *M. sapientum* (banana) as potential for drug development. The review was carried out in the databases: Pubmed, Google Scholar, Periodicals CAPES and ScienceDirect, using as descriptors: *Musa sapientum*, biological activity. The results showed that this species has a varied phytochemical profile and several proven biological activities, such as antibacterial activity. In chapter 3, you will find the experimental part of the work, where the species under study was collected in the state of Maranhão, in January 2022 and registered in the Maranhão Herbarium of the Federal University of Maranhão. From the fresh bark, the crude hydroalcoholic extract of *M. sapientum* (EBHMS) was prepared by maceration with 70% ethanol, at a ratio of 1:10, for 10 days, under daily agitation. The EBHMS was submitted to phytochemical analysis by Matos methodology (2009) and chemical analysis by HPLC-MS. Antioxidant activity (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl [DPPH] method) and antibacterial activity were evaluated by agar diffusion techniques using the well and disc method, and by microdilution to determine the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimal bactericidal (MBC) against three strains of *Staphylococcus*. Toxicity was determined through tests with *A. salina* and human red blood cells. The plant species presented different secondary metabolites, such as: phenols, tannins, flavonoids and saponins. In HPLC, it was possible to identify 10 compounds, all belonging to the phenolic class, being 9 flavonoids and one phenolic acid. The antioxidant effect of EBHMS was observed with the efficient concentration (EC50) of  $0.08501 \pm 0.0002256$ g/mL to inhibit DPPH. EBHMS showed the ability to inhibit the growth of all samples tested by agar diffusion using the disc method, with the largest inhibition halo against *S. aureus* ( $12.5 \pm 0.7$ mm) as well as the well method ( $10 \pm 1.4$ mm). There was only MIC ( $0.00078125$ g/mL) and MBC (bacteriostatic action) for *S. epidermidis*. The lethal concentration (LC50) against *A. salina* was  $0.03801604 \pm 0.03641792$ g and the efficient concentration (EC50) for hemolytic activity was  $0.05704 \pm 0.00263$ g/mL. Thus, it is noted that the fruit studied has characteristics that can help and direct the development of pharmacologically active products, making it possible to eliminate a large part of the by-product of the exploitation of this plant species.

**Keywords:** Banana; phytochemical compounds; *Staphylococcus*; Biological activities; Toxicity, HPLC

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Fluxograma da seleção e identificação dos estudos.....   | 19 |
| <b>Figura 1.</b> Flowchart PRISMA 1 - Identification of studies via databases. Source: PRISMA adapted by the author (2022).....   | 34 |
| <b>Figura 2.</b> Distribution of articles in relation to the biological activity performed. ....  | 34 |
| <b>Figura 1:</b> Cromatograma do extrato hidroalcoólico de <i>Musa sapientum</i> L., obtido por CLAE/EM. ionização eletrospray, modo negativo. Fase estacionária C18 Phenomenex Gemini. Fase móvel foi composta de água ultrapura acidificada (0,1% HCOOH) e metanol, grau HPLC, com gradiente de 20 a 100% em 0–35 min e 100% em 50 min. Demais condições experimentais estão descritas no item 2.4.1 da metodologia ..... | 55 |
| <b>Figura 2.</b> Atividade sequestradora do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila do extrato hidroalcoólico de <i>Musa sapientum</i> L.....  | 57 |
| <b>Figura 3.</b> Avaliação da toxicidade do extrato hidroalcoólico de <i>Musa sapientum</i> L. frente <i>Artemia salina</i> .....   | 60 |
| <b>Figura 4.</b> Atividade hemolítica do extrato hidroalcoólico de <i>Musa sapientum</i> L. ....  | 60 |

## LISTA DE TABELA

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> Artigos incluídos na revisão, referência e objetivo.....   | 19 |
| <b>Tabela 1.</b> Biological Activities of the species <i>Musa sapientum</i> L., highlighting the part used, type of extract, biological activity and method used. ....      | 36 |
| <b>Tabela 1.</b> Perfil fitoquímico do extrato hidroalcolico de <i>Musa sapientum</i> L. ....   | 54 |
| <b>Tabela 2.</b> Substâncias identificadas e os principais fragmentos do extrato hidroetanoólico das cascas de <i>Musa sapientum</i> L., obtidos por LC /EM. ....           | 55 |
| <b>Tabela 3.</b> Atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico de <i>Musa sapientum</i> L. por difusão em ágar pelo método do poço contra <i>Staphylococcus</i> . .... | 58 |
| <b>Tabela 4.</b> Atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico de <i>Musa sapientum</i> L. por difusão em ágar pelo método em disco contra <i>Staphylococcus</i> ..... | 58 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |  |
|-------|--|
| AMH   | Ágar Muller Hinton                                 |
| ATCC  | <i>American Type Culture Collection</i>            |
| CBM   | Concentração bactericida mínima                    |
| CEP   | Comitê de Ética em Pesquisa                        |
| CIM   | Concentração inibitória mínima                     |
| CLAE  | Cromatografia líquida de alta eficiência           |
| CoNS  | Coagulase-negativo de estafilococos                |
| DMSO  | Dimetilsulfóxido                                   |
| DO    | Densidade Óptica                                   |
| DPPH  | 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl                      |
| EBHMS | Extrato bruto hidroalcoólico <i>Musa sapientum</i> |
| IRAS  | Infecções associadas à assistência à saúde         |
| MAR   | Herbário do Maranhão                               |
| MRSA  | <i>Staphylococcus aureus</i> resistente à metilina |
| UFMA  | Universidade Federal do Maranhão                   |
| VISA  | Resistência a intermediária à vancomicina          |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.1 Objetivo geral.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.2 Objetivos específicos .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>Artigo 1. A importância do Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia: o caso do processamento de frutas.....</b>   | <b>15</b> |
| <b>Artigo 2. <i>Musa sapientum</i> L. (banana): potential for drug development.....</b>   | <b>29</b> |
| <b>Artigo 3. Avaliação química, antioxidante, antibacteriana contra <i>Staphylococcus</i> e Toxicidade do extrato bruto etanólico de <i>Musa sapientum</i> Linn .....</b> | <b>47</b> |
| <b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>65</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O reino vegetal apresenta diversos benefícios aos seres humanos, sendo empregados há milhares de anos, como alimento, no tratamento de doenças, além de obtenção de produtos que propiciem a adaptação do homem ao meio ambiente e auxiliando na sua sobrevivência. As plantas nomeadas medicinais já eram descritas e utilizadas nos processos curativos, tendo registros históricos das suas utilizações nas várias fases da história humana. Tais conhecimentos sobre as plantas vêm sendo transmitidas de geração em geração (SANTIC et al., 2017).

Por meio da variedade de metabólitos secundários produzidos, diversas espécies possuem atividades biológicas capazes de combater doenças e melhorar a saúde humana, assim desenvolvendo novas estratégias terapêuticas (LI et al., 2020). Os frutos são uma fonte de vitaminas, açúcares e compostos bioativos associados a redução do risco de doenças, tais como relacionadas ao trato gastrointestinal, infecções bacterianas, diabetes e câncer (SINGH et al., 2016).

Diante desse fato, a espécie *Musa sapientum* L., conhecida popularmente como bananeira e seu fruto como banana-prata, pertencente à família Musaceae. É uma espécie típica de em regiões tropicais, cujos frutos estão entre os principais produtos alimentares de origem vegetal do mundo por seu alto valor nutricional e econômico, sendo considerada um alimento básico (BASKAR et al., 2011; SINGH et al., 2016; SITTHYA et al., 2018).

Além disso, há um desperdício no processamento de frutos no agronegócio, sendo geradas toneladas de resíduos orgânicos ao longo de toda a cadeia produtiva, causando impacto negativo no ambiente, devido ao seu descarte inadequado, que causam diversos problemas ambientais, devido ao seu acúmulo e geração de lixo putrescível. Contudo, esses subprodutos podem gerar valor agregado às espécies vegetais, visto que podem ser empregados na produção de alimentos e medicamentos. A casca da banana é um componente altamente desperdiçado, sendo importante estudos sobre suas possíveis reutilizações, podendo descobrir-se novas formas de uso, como por exemplo, na produção de novos medicamentos. (DOS SANTOS et al., 2021).

*M. sapientum* contém componentes que são considerados antimicrobianos, tais como os flavonoides, saponinas e taninos, cada um possuindo um mecanismo que gera a morte bacteriana como consequência. A confecção de extratos proveniente da casca da banana-prata apresenta atividade antimicrobiana contra bactérias do gênero *Staphylococcus*, sendo este de extrema importância na saúde pública (MOHAMMAD et al., 2011; BUDI et al., 2020).

O gênero *Staphylococcus* inclui espécies que fazem parte da microbiota humana, mas que também podem tornar-se patogênicas. Este gênero bacteriano é composto por cocos gram

positivos, anaeróbios facultativos não móveis e são um dos responsáveis das infecções associadas à assistência à saúde (IRAS), principalmente devido ao fato de sua alta prevalência na pele, facilitando o surgimento de infecções (FERNANDES et al., 2020).

A espécie mais comum é *Staphylococcus aureus*, descrito como um colonizador natural e assintomático principalmente da área nosocomial. É responsável por causar infecção no trato respiratório, cardiovascular e bacteremia nosocomial, e tendo um dado que *S. aureus* foi responsável por 18,9% das infecções de sítio cirúrgico. Também podem causar furúnculos, abscessos e acne e estarem presentes em infecções de feridas e dermatites atópicas, geralmente essas não apresentam mortalidade, porém devido a frequência, é considerada um problema de saúde pública. A partir do surgimento dessas infecções cutâneas, pode se tornar uma porta de entrada para que a bactéria se dissemina acessando tecidos mais profundos e corrente sanguínea (KWIECINSKI et al., 2020; CHEUNG et al., 2021; SWOLANA et al., 2022).

A segunda espécie isolada com maior frequência é *S. epidermidis*, considerado um microrganismo comensal que constitui 65 a 90% dos microrganismos isolados da pele e mucosas, sendo assim faz parte da microbiota da pele, membranas mucosas e trato respiratório. São identificados como cocos gram positivos anaeróbios facultativos e diferente de *S. aureus*, essa espécie pertence ao grupo coagulase-negativo de estafilococos (CoNS), possuindo fatores de virulência menos invasivos quando colocados em comparativo. (MEKNI et al., 2012; KLEINSCHMIDT et al., 2015; SWOLANA et al., 2022).

Muitas cepas de *S. epidermidis* são capazes de produzir biofilmes e conseqüentemente é um mecanismo de defesa para escapar da imunidade do hospedeiro, dessa forma a colonização deste microrganismo nos dispositivos hospitalares e a formação de biofilme, é o principal fator de virulência, podendo avançar para infecções que se manifestam como subagudas ou crônicas, sendo assim também é uma porta de entrada para causar bacteremia (OTTO, 2009; MEKNI et al., 2012; KLEINSCHMIDT et al., 2015).

Antibióticos surgiram para aumentar a expectativa de vida da população, diminuindo a morbimortalidade associadas a doenças infecciosas. Mundialmente, estima-se que a resistência antimicrobiana é responsável por 700.000 mortes anualmente. (UKUHOR, 2021). Tendo em vista que as bactérias resistentes apresentam um desafio no tratamento de infecções, há uma crescente necessidade de encontrar novas substâncias com propriedades antimicrobianas capazes de combater esses microrganismos (PEREIRA et al., 2004; UKUHOR et al., 2021).

Extrato vegetais, por apresentarem composição complexa, podem representar produtos que possam diminuir a resistência de microrganismos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química e atividades antimicrobiana frente a cepas de

*Staphylococcus*, antioxidante e toxicidade da casca do fruto de *M. sapientum*, bem como realizar uma revisão sobre o reaproveitamento de subprodutos da indústria alimentícia e da espécie em estudo.

Este trabalho encontra-se organizado em 3 capítulos:

Capítulo 1: A importância do Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia: o caso do processamento de frutas; Capítulo 2: *Musa sapientum* L.(bananeira): potencial para o desenvolvimento de medicamentos; Capítulo 3: Avaliação química, antioxidante, antibacteriana contra *Staphylococcus* e toxicidade do extrato bruto hidroalcoólico de *Musa sapientum* Linn.

## REFERÊNCIAS

- BASKAR, Ramakrishnan et al. Antioxidant potential of peel extracts of banana varieties (*Musa sapientum*). **Food and Nutrition Sciences**, v. 2011, 2011.
- BUDI, Hendrik Setia; JULIASTUTI, Wisnu Setyari; CHRISTY, Brenda Regina. Antimicrobial Activity of *Musa paradisiaca* var. *sapientum* on *Enterococcus faecalis* Viability. **Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences**, v. 16, n. 4, p. 17-21, 2020.
- CHEUNG, Gordon YC; BAE, Justin S.; OTTO, Michael. Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*. **Virulence**, v. 12, n. 1, p. 547-569, 2021.
- DOS SANTOS, Cristiano Vieira et al. Study of the biogas potential generated from residue: peanut shells. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, v. 56, n. 2, p. 318-326, 2021.
- FERNANDES, Luciano Freitas et al. Identification and characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus* spp. isolated from surfaces near patients in an intensive care unit of a hospital in southeastern Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, 2020.
- KLEINSCHMIDT, Sharon et al. *Staphylococcus epidermidis* as a cause of bacteremia. **Future microbiology**, v. 10, n. 11, p. 1859-1879, 2015.
- KWIECINSKI, Jakub M.; HORSWILL, Alexander R. *Staphylococcus aureus* bloodstream infections: pathogenesis and regulatory mechanisms. **Current opinion in microbiology**, v. 53, p. 51-60, 2020.
- LI, Yanqun et al. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p. 80-89, 2020.
- MEKNI, Mohamed A. et al. Strong biofilm production but not adhesion virulence factors can discriminate between invasive and commensal *Staphylococcus epidermidis* strains. **Apmis**, v. 120, n. 8, p. 605-611, 2012.
- MOHAMMAD, Z. I.; SALEHA, A. *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L.: A phytochemical and pharmacological review. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 1, n. 5, p. 14-20, 2011.
- OTTO, Michael. *Staphylococcus epidermidis*—the 'accidental' pathogen. **Nature reviews microbiology**, v. 7, n. 8, p. 555-567, 2009.
- PEREIRA, Rogério Santos et al. Atividade antibacteriana de óleos essenciais em cepas isoladas de infecção urinária. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, p. 326-328, 2004.
- ŠANTIĆ, Žarko et al. The historical use of medicinal plants in traditional and scientific medicine. **Psychiatria Danubina**, v. 29, n. suppl. 4, p. 69-74, 2017.
- SINGH, B.; SINGH, J. P.; KAUR, A.; SINGH, N. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits - A review. **Food Chem**, 206, p. 1-11, Sep 2016.

SITTHYA, K., Devkota, L., Sadiq, M.B. et al. Extraction and characterization of proteins from banana (*Musa Sapientum* L) flower and evaluation of antimicrobial activities. **J Food Sci technol** 55, 658–666 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2975-z>

SWOLANA, Denis; WOJTYCZKA, Robert D. Activity of Silver Nanoparticles Against *Staphylococcus* spp. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 8, p. 4298, 2022.

UKUHOR, Hyacinth O. The interrelationships between antimicrobial resistance, COVID-19, past, and future pandemics. **Journal of Infection and Public Health**, v. 14, n. 1, p. 53-60, 2021.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Realizar estudo da arte levantamento bibliográfico e estudo químico e avaliação das atividades antioxidante e antibacteriana das cascas do fruto de *Musa sapientum* Linn (banana-prata), além de sua toxicidade.

### 2.2 Objetivos específicos

Realizar o levantamento da planta medicinal *Musa sapientum* L.;

Descrever a importância na reutilização de subprodutos da indústria alimentícia;

Caracterizar o perfil fitoquímico do extrato hidroalcolólico das cascas do caule de *Musa sapientum* L.;

Verificar a atividade antioxidante do extrato em estudo;

Determinar a atividade antibacteriana do extrato de *Musa sapientum* L. contra *Staphylococcus* spp. assim como as concentrações inibitória e bactericida mínima;

Analisar a toxicidade. em ensaios *in vitro* do extrato estudado;

Contribuir com estudo científico de um subproduto da indústria alimentícia, visando diminuir a produção de lixo.

### 3. JUSTIFICATIVA

Infecções causadas por espécies de *Staphylococcus* spp. ainda apresentam um desafio médico global, sobretudo em relação à espécie *S. aureus* resistente à meticilina, devido ao fato de o tratamento ser com vancomicina, última terapia medicamentosa. Existe, portanto, uma necessidade emergente de novas classes de antibióticos e novas abordagens para o tratamento, podendo incluir o reaproveitamento de drogas existentes, combinação de ativos, implementação de terapias combinadas que tenham ação contra as propriedades de virulência de diversos patógenos bacterianos. Sobretudo, um antimicrobiano que apresente maior espectro de ação, baixa toxicidade, menor custo e menor indício de resistência bacteriana.

Neste sentido, a investigação das características dos produtos naturais que contém propriedades antimicrobianas tem aumentado potencialmente nos últimos anos, tornando-se essencial na atuação da defesa contra esses agentes. Resíduos de alimentos, onde é comum o descarte de cascas acaba gerando quantidades elevadas de lixo orgânico, chamando atenção para o problema ambiental e econômico. E sabe-se que cascas, sementes, folhas, plantas como um todo possuem substâncias ricas em ativos que possuem atividades biológicas.

Utilizar esses resíduos para pesquisa de novos compostos, medicamentos, que sejam capazes de inibir esse crescimento bacteriano caracterizaria um avanço na saúde pública tanto no quesito médico quanto ambiental. A realização de testes citotóxicos se faz necessário, para que se possa conhecer a capacidade que o extrato apresenta de atividade toxica contra células eucarióticas.

**ARTIGO 1**

“A importância do Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia: o caso do  
processamento de frutas”

Artigo publicado na revista Research, Society and Development - ISSN 2525-3409.

## A importância do Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia: o caso do processamento de frutas

The importance of reusing waste from the food industry: the case of fruit processing

La importancia de reutilizar los residuos de la industria alimentaria: el caso del  
procesamiento de frutas

Recebido: 15/08/2022 | Revisado: 26/08/2022 | Aceito: 28/08/2022 | Publicado: 06/09/2022

**Ludmylla Fernanda Almeida Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8368-0763>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [ludmyllaf.almeida@gmail.com](mailto:ludmyllaf.almeida@gmail.com)

**Wellyson da Cunha Araújo Firmo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6979-1184>

Universidade Ceuma, Brasil

E-mail: [well\\_firmo@hotmail.com](mailto:well_firmo@hotmail.com)

**Denise Fernandes Coutinho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5665-9280>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: [deniseufma2014@gmail.com](mailto:deniseufma2014@gmail.com)

### Resumo

O processo industrial é a principal causa de geração de subprodutos, destacando a indústria alimentícia que emprega toneladas de frutas que são descartadas, estas são grandes fontes de compostos ativos com potencial de reciclagem. O objetivo deste trabalho foi a busca de estudos com os resíduos da indústria de alimentos e identificar alternativas para diminuir a perda. Trata-se de uma revisão no qual foi desenvolvida a partir da análise de estudos encontrados em 2 bases de dados: PubMed e Google Scholar. Foram selecionados trabalhos que envolviam espécies vegetais associadas ao desperdício alimentar e possíveis alternativas para minimizar o impacto ambiental. As espécies *Citrus sinensis*, *Persea americana*, *Musa* spp, *Punica granatum* e *Hylocereus undatus* apresentaram alternativas para combater o desperdício e apresentam atividade biológica. O aproveitamento de partes não convencionais de frutas é uma prática de sustentabilidade, levando o menor descarte de resíduos orgânicos ao meio ambiente, diminuindo consequentemente o impacto negativo.

**Palavras-chave:** Desperdício de alimentos; Bioativos; Sustentabilidade.

### Abstract

The industrial process is the main cause of generation of by-products, highlighting the food industry that uses tons of fruits that are discarded, these are great sources of active compounds with recycling potential. The objective of this work was to search for studies with the residues of the food industry and to identify alternatives to reduce the loss. This is a review which was developed from the analysis of studies found in 2 databases: PubMed and Google Scholar. Works were selected that involved plant species associated with food waste and possible alternatives to minimize the environmental impact. The species *Citrus sinensis*, *Persea americana*, *Musa* spp., *Punica granatum* and *Hylocereus undatus* presented alternatives to combat waste and present biological activity. The use of unconventional parts of fruit is a sustainability practice, leading to less disposal of organic waste to the environment, consequently reducing the negative impact.

Incluir o resumo em inglês.

**Keywords:** Food waste; Bioactives; Sustainability.

### Resumen

El proceso industrial es la principal causa de generación de subproductos, destacando la industria alimentaria que utiliza toneladas de frutas que son desechadas, estas son grandes fuentes de compuestos activos con potencial de reciclaje. El objetivo de este trabajo fue buscar estudios con los residuos de la industria alimentaria e identificar alternativas para reducir la pérdida. Esta es una revisión que se desarrolló a partir del análisis de estudios encontrados en 2 bases de datos: PubMed y Google Scholar. Se

seleccionaron trabajos que involucran especies vegetales asociadas al desperdicio de alimentos y posibles alternativas para minimizar el impacto ambiental. Las especies *Citrus sinensis*, *Persea americana*, *Musa* spp., *Punica granatum* e *Hylocereus undatus* presentaron alternativas para combatir los residuos y presentar actividad biológica. El uso de partes no convencionales de la fruta es una práctica de sostenibilidad, lo que lleva a una menor eliminación de residuos orgánicos en el medio ambiente, con la consiguiente reducción del impacto negativo.

Incluir o resumo em espanhol.

**Palabras clave:** Desperdicio de alimentos; bioactivos; Sustentabilidad.

## 1. Introdução

A insegurança alimentar e nutricional aumentou exponencialmente diante da pandemia da COVID-19, por ter ocasionado uma modificação na cadeia de abastecimento de alimento mundialmente, tornando esse cenário, ainda mais complicado, representando assim um desafio global no incentivo às pesquisas sobre as perdas e desperdícios de alimentos, que representam não só uma questão social, mas também um problema ambiental (Vieira et al, 2021). Além disso, segundo a Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil apresentou entre 2018 e 2021, um número exorbitante de pessoas com insegurança alimentar moderada e grave, representando 110,9 milhões (FAO, 2021b).

O descarte de alimentos está ligado a um aspecto comportamental e cultural, que incentiva o desprezo de cascas de frutas, talos e folhas de hortaliças, não havendo o aproveitamento integral dos alimentos, que poderiam ser reaproveitados, não só para contribuir com novos alimentos, mas também para a obtenção de produtos que possam ser empregados no tratamento e prevenção de doenças (Ramos et al, 2020; Porpino et al, 2015).

Há um crescente interesse da indústria e da ciência quanto ao aproveitamento de resíduos orgânicos, impulsionado principalmente pela problemática ambiental, com crescimento exagerado de volume de lixo e consequentemente a poluição no meio ambiente. O desenvolvimento de novos produtos por pesquisadores, a partir desses resíduos, é uma prática que vem crescendo nos últimos anos e tem contribuído com a produção de materiais de interesses diversos, como alimentares, medicamentosos, embalagens biodegradáveis, reduzindo assim, os custos de descarte e dos índices de desperdício alimentar, podendo contribuir em diversas áreas como para a melhoria nutricional da população e menor impacto sobre o meio ambiente (Silva et al, 2019, Giannoni et al, 2017).

O processo industrial é a principal causa de geração de subprodutos, destacando a indústria alimentícia que emprega toneladas de frutas e vegetais na produção de sucos, ração, alimentos congelados e ainda vêm sendo amplamente utilizados na produção de biocombustíveis. Os subprodutos alimentares possuem potencial de reciclagem por apresentarem na sua composição substâncias de interesse como glicose, frutose, pectinas mucilaginosas e gomas, consideradas fibras alimentares, além de ácidos fenólicos, carotenóides, vitaminas, dentre outros compostos importantes. Esses componentes podem apresentar além do interesse nutricional, a aplicação em outras áreas como na produção de medicamentos e cosméticos, por poderem apresentar diversas atividades biológicas (Ferrentino et al, 2018, Kowalska et al, 2017).

A agroindústria é responsável por aproximadamente 5,9% do Produto Interno Bruto (BIP) no Brasil, a partir do cultivo, colheita, beneficiamento, bem como no processamento de matéria-prima e obtenção de produtos. As pesquisas desenvolvidas pela agropecuária têm contribuído para o melhoramento da qualidade dos produtos, além de oferecer soluções tecnológicas que impactam na biofortificação de alimentos por meio da biotecnologia ou técnicas convencionais (EMBRAPA, 2020).

O objetivo deste trabalho foi relacionar em caráter exploratório a busca de estudos que relacionassem os subprodutos advindos da indústria de alimentos com o impacto ambiental causado, bem como a identificação de

estratégias para combater o desperdício.

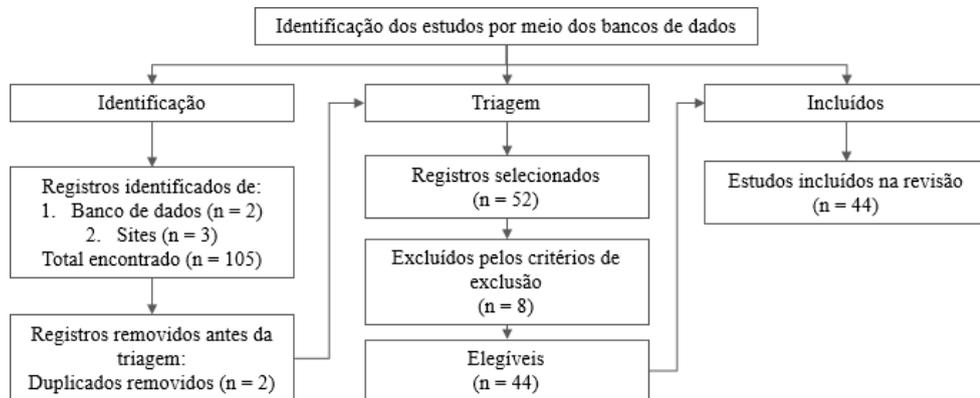
## 2. Metodologia

A pesquisa consistiu em uma revisão integrativa que é um método que proporciona sintetizar o conhecimento e incorporar a aplicabilidade dos resultados de estudos na prática, de forma ordenada e ampla (Ercole et al, 2014, Souza et al, 2010). Foi desenvolvido a partir da análise de estudos encontrados em 2 bases de dados: PubMed e Google Scholar. Foram selecionados diversos artigos, presentes na tabela 1, que envolviam espécies vegetais associadas ao desperdício alimentar e possíveis alternativas para minimizar o impacto ambiental.

Os descritores utilizados na busca foram: "Resíduos de alimentos", "frutas" e "bioativos". A busca dos artigos foi realizada por meio do cruzamento desses descritores utilizando os operadores booleanos "OR" e "AND". Como critérios de inclusão, foram selecionados artigos entre os anos 2017 e 2022, nos idiomas inglês e português. Como critérios de exclusão, foram suprimidos trabalhos publicados em anais de eventos e artigos de revisão. Dessa forma, é possível visualizar na figura 1, a forma de seleção e identificação dos estudos por meio dos bancos de dados.

Também foram pesquisados artigos cujos temas citassem espécies vegetais e alternativas para o reaproveitamento de resíduos. Nesta segunda busca foram adotados como critério de inclusão: artigos de revisão. Metodologia aplicada com base em Estrela (2018).

**Figura 1:** Fluxograma da seleção e identificação dos estudos.



Fonte: Autores (2022)

**Tabela 1.** Artigos incluídos na revisão, referência e objetivo.

| TÍTULO  | AUTORE ANO            | OBJETIVO   |
|---|-----------------------|--|
| <b>Estudo da possibilidade de reaproveitamento de casca de banana combinado com restos de hortaliça para a produção de adubo orgânico</b> | Augusto et al, (2020) | Avaliar a possibilidade de produzir adubo orgânico com base em casca de banana combinado com restos de hortaliça.          |
| <b>Análise sensorial de cookies de banana e casca de banana.</b>  | Bastos et al, (2020)  | Avaliar a aceitabilidade sensorial de cookies de banana com e sem casca afim de auxiliar no reaproveitamento de alimentos. |
| <b>Obtenção de bioplástico com antocianina reforçado com nanocelulose extraída da fibra</b>   | Begnini et al, (2019) | Criação de filme biodegradável à base de amido de mandioca reforçados com nano celulose                                    |

|   |                           |   |
|---|---------------------------|---|
| <b>da banana.</b>   |                           | glicerol.   |
| <b>Desperdício alimentar x aproveitamento integral de alimentos: elaboração de bolo de casca de banana.</b>   | Bressiani et al, (2017)   | Verificar o atual índice de desperdício de um restaurante comercial de Guarapuava – PR, e testar a receita de bolo de casca de banana com intuito de incluí-la no cardápio do local.  |
| <b>Principais aplicações dos resíduos da laranja e sua importância industrial.</b>  | Da Silva et al, (2020)    | Diferentes formas de destinação para os resíduos da laranja, através de técnicas de reprocessamento e reutilização.   |
| <b>Aproveitamento integral de alimentos: uma possível ferramenta de consumo sustentável</b>   | Da Silveira et al, (2020) | Discutir a importância do aproveitamento integral dos alimentos no enriquecimento nutricional da alimentação e na redução do impacto ambiental causado pelo descarte de alimentos, podendo ser considerado uma ferramenta para a sustentabilidade   |
| <b>Aproveitamento de resíduos vegetais: potenciais e limitações</b>   | Damiani et al, (2020)     | Agregar informações importantes a literatura técnico-científica da área, podendo, inclusive, nortear o processo de decisão da indústria de alimentos e farmacêutica quanto aos processos e técnicas a serem empregadas no processamento e aproveitamento dessas matérias-primas com vistas a agregação de valor e geração de renda. |
| <b>Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada.</b>  | De Moraes et al, (2017)   | Levantamento de informações relativas ao cenário nacional de geração de resíduos agroindustriais e seus usos atuais, além do levantamento do mercado atual de biomassa adensada no Brasil   |
| <b>Aproveitamento de casca da banana para produção de doce cristalizado.</b>  | De Sousa et al, (2018)    | Explorar um método de aproveitamento da casca de banana para elaboração de doce cristalizado.   |
| <b>Polyphenols isolated from pomegranate juice (<i>Punica granatum</i> L.): evaluation of physical-chemical properties by ftir and quantification of total polyphenols and anthocyanins content</b> | De Souza et al, (2020)    | Isolar polifenóis do suco de romã usando solventes sem aquecimento.   |
| <b>Obtenção de farinha de inhame para elaboração de barra de cereal como suplemento alimentar e funcional.</b>  | Dias et al, (2020)        | Obtenção da farinha de inhame, fornecendo informações físico-químicas e o desenvolvimento de barra de cereal como suplemento alimentar e funcional.   |
| <b>Releitura de pão de queijo: versão vegetariana com farinha de oliveira.</b>  | Dos Santos et al, (2021)  | Elaborar um pão de queijo vegetariano adicionado de farinha da folha de oliveira a fim de viabilizar uma nova   |

|   |                             |   |
|---|-----------------------------|---|
|   |                             | alternativa de aproveitamento tecnológico desse resíduo   |
| <b>Methane generation potential through anaerobic digestion of fruit waste</b>  | Dos Santos et al, (2020)    | Avaliar o potencial de geração de metano de resíduos de frutas (casca de maracujá, laranja e bagaço de caju)  |
| <b>Current technologies and new insights for the recovery of high valuable compounds from fruits by-products.</b>   | Ferrentino et al, (2018)    | Visão geral dos compostos bioativos mais importantes que ocorrem em resíduos de frutas, descrever os prós e os contras das tecnologias de extração mais atualizadas, inovadoras e ecologicamente corretas que podem ser uma alternativa aos procedimentos clássicos de extração por solvente para a recuperação de compostos valiosos do processamento de frutas.                 |
| <b>Farinha da casca de banana madura: uma matéria-prima para a indústria alimentícia</b>  | Figueiredo et al, (2019)    | Verificar o potencial da farinha da casca de banana d'água ( <i>Musa cavendish</i> ) obtida do processamento da indústria de doces como possível ingrediente e/ou matéria-prima para a indústria alimentícia pela determinação de sua composição centesimal, elementar, mineral e poder calorífico, como também do seu conteúdo em compostos bioativos e capacidade antioxidante. |
| <b>Aproveitamento de resíduos orgânicos para o desenvolvimento de "beijinho" a base de mandioca amarela e rosada.</b>                                     | Giannoni et al, (2017)      | Elaborar um doce tipicamente brasileiro servido em festas de aniversário, conhecido como "beijinho", a partir dos resíduos do processamento mínimo da mandioca.   |
| <b>Pulp, leaf, peel and seed of avocado fruit: a review of bioactive compounds and healthy benefits</b>   | Jimenez et al, (2021)       | Compilar pesquisas científicas sobre compostos bioativos de polpa e resíduos de abacate e seus potenciais propriedades biológicas   |
| <b>What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry.</b>   | Kowalska et al, (2017)      | Revisar as tendências atuais na solução do problema dos resíduos produzidos pelo processamento de matérias-primas vegetais.   |
| <b>Structural, functional characterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (<i>Musa spp.</i>).</b> | Kumar et al, (2019)         | Investigar as diferenças funcionais e estruturais entre os diferentes grupos genômicos da bananeira e sua influência nas características funcionais e nos constituintes químicos.   |
| <b>Application of langmuir and freundlich models in the study of banana peel as bioadsorbent of copper (ii) in aqueous medium.</b>                        | Leandro-Silva et al, (2020) | Preparo e caracterização da farinha de casca de banana através das técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Energia Dispersiva de Raios X (EDX) e   |

|  |                                     |  |
|--|-------------------------------------|--|
|  |                                     | Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR), como bem como estudos da capacidade adsorvente para o íon Cu (II) em soluções aquosas.  |
| <b>Revisão de literatura sobre a pitaya (<i>Hylocereus</i> spp.)</b>   | Lima et al, (2021)                  | Identificar produções científicas a respeito do potencial da pitaya nas indústrias alimentícia e cosmética   |
| <b>Elaboração e análise sensorial de preparações a partir do aproveitamento integral de alimentos.</b>   | Luiz et al, (2019)                  | Desenvolver e avaliar a aceitação de preparações com aproveitamento integral de alimentos com crianças em idade escolar.   |
| <b>Waste of fresh fruit and vegetables at retailers in sweden—measuring and calculation of mass, economic cost and climate impact.</b>           | Mattsson et al, (2018)              | Aumentar o conhecimento dos resíduos de fruta e legumes frescos  |
| <b>Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (<i>Persea americana</i>): uma revisão integrativa.</b>                                  | Nogueira-de-Almeida et al, (2018)   | Qualidade do perfil lipídico e dos compostos bioativos presentes no azeite de abacate  |
| <b>Bark of <i>Passiflora edulis</i> treatment stimulates antioxidant capacity, and reduces dyslipidemia and body fat in db/db mice</b>           | Panelli et al, (2018)               | Avaliar o efeito da casca de <i>Passiflora edulis</i> (BPe) na composição corporal, parâmetros metabólicos e de estresse oxidativo em camundongos geneticamente obesos.  |
| <b>Food waste to energy: an overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling.</b>                             | Paritosh et al, (2017)              | Diferentes aspectos das abordagens de biodegradação anaeróbica para resíduos de alimentos, efeitos de cosubstratos, efeito de fatores ambientais, contribuição da população microbiana e recursos computacionais disponíveis para pesquisas de gerenciamento de resíduos de alimentos. |
| <b>Sustentabilidade: utilização de vegetais na forma integral ou de partes alimentícias não convencionais para elaboração de farinhas.</b>       | Ramos et al, (2020)                 | Aproveitar os vegetais na sua forma integral ou de suas partes alimentícias não convencionais, e caracterizar as farinhas obtidas, com vistas à alimentação humana.  |
| <b>Biotransformation of lignocellulosic biomass into industrially relevant products with the aid of fungi-derived lignocellulolytic enzymes.</b> | Saldarriaga-Hernández et al, (2020) | Classificação e degradação enzimática, bem como as potenciais e atuais aplicações industriais das enzimas fúngicas envolvidas.   |
| <b>Identificação de produtos secundários da vinificação: um estudo de caso</b>   | Santos et al, (2020)                | Identificar os principais subprodutos gerados em uma vinícola na região do Vale do São Francisco obtidos através do processo de industrialização do  |

|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
|  |                      | vinho.   |
| <b>Cellulase production to obtain biogas from passion fruit (<i>Passiflora edulis</i>) peel waste hydrolysate.</b>                     | Silva et al, (2019)  | Produção de celulase por <i>Aspergillus japonicus</i> e seu uso como pré-tratamento enzimático em resíduos de casca de maracujá ( <i>Passiflora edulis</i> ) para facilitar a biodigestão anaeróbia para fins de geração de biogás |
| <b>Degradation of lignocellulosic components in un-pretreated vinegar residue using an artificially constructed fungal consortium.</b> | Cui et al, (2017)    | Degradar componentes lignocelulósicos em resíduo de vinagre não pré-tratado (VR) usando um consórcio de fungos.  |
| <b>Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate.</b>                          | Silva et al, (2019)  | Desenvolver e avaliar a aceitação de biscoito tipo <i>cookie</i> elaborado a partir da farinha do caroço de abacate.   |
| <b>Melon (<i>Cucumis melo</i> L.) by-products: potential food ingredients for novel functional foods?</b>                              | Silva et al, (2020)  | Estudos científicos sobre a composição nutricional, bioativa e antinutricional dos subprodutos do melão, bem como suas principais atividades biológicas e aplicações industriais.  |
| <b>capacidade antioxidante e compostos bioativos dos frutos de <i>Pouteria glomerata</i> (laranjinha-de-pacu).</b>                     | Tonin et al, (2020)  | Estudar a polpa da laranjinha-de-Pacu coletados no Município de Rosana-SP.   |
| <b>Abordagens metodológicas para enfrentar o desperdício de alimentos: avançando a agenda</b>  | Vieira et al, (2021) | Pesquisar sobre perdas e desperdícios de alimentos (PDA) e propor soluções mobiliza abordagens e processos transdisciplinares com o objetivo de transformar as cadeias de abastecimento de alimentos de modo eficaz.               |

Fonte: Autores (2022)

### 3. Resultados e Discussão

#### Resíduos agroindustriais

Os resíduos provenientes da agroindústria são considerados potenciais poluidores, pelo seu volume e descarte inadequado no ambiente. O Brasil, por ser considerado um dos maiores produtores agroindustriais, vem se preocupando com a melhor destinação dos resíduos gerados por essa atividade (de Moraes et al, 2017).

Anualmente, são geradas toneladas de resíduos no setor agrícola, assim, agregar valor a um subproduto é de interesse econômico, além de ambiental. A investigação científica é necessária para possibilitar a reutilização de maneira eficiente, econômica e segura (Santos et al, 2020)

Como consequência do processamento de frutas, 40 a 50% dos seus pesos brutos são considerados resíduos, sendo descartados e desvalorizados, mesmo sendo fonte de vitaminas, minerais, nutrientes e fibras que são de grande importância para as funções fisiológicas (dos Santos et al, 2021).

Devido a fermentabilidade e biodegradabilidade, este resíduo pode ser considerado um problema ambiental, contribuindo negativamente nas emissões de gases de efeito estufa e uma fonte de contaminação em

aterros (Paritosh et al, 2017). Diante desse contexto, é de extrema importância estudar formas alternativas para o aproveitamento e valorização desses resíduos, podendo ser reaproveitados como matéria-prima de interesse econômico e industrial, tais como biocombustíveis, biopolímeros e ração animal (Silva et al, 2019). Na indústria farmacêutica e cosmética, utiliza-se como fonte de pigmentos, e obtenção de produtos como extratos vegetais e óleos essenciais, que podem apresentar atividades biológicas que justifiquem sua aplicabilidade nessas áreas (Saldarriaga-Hernández et al, 2020).

Segundo o relatório de 2022 da FAO, o reaproveitamento de alimentos e produtos agrícolas existentes necessita de apoio político como primeiro passo, existindo evidências de que tem o potencial para desempenhar um papel importante em dietas com custos mais baixos de forma a contribuir para o poder de compra da população.

### **Impacto ambiental**

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), na resolução 001 de 23 de janeiro de 1986, determinou o conceito de impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas (BRASIL, 1986).

O agronegócio bem como a atividade industrial é responsável por um volume significativo de resíduos nocivos ao ambiente, sendo assim é necessário a preservação deste bem como os seus recursos para a qualidade da vida em nosso planeta. A preservação destaca o não desperdício e mudança no comportamento humano no sentido de reduzir a quantidade de resíduos gerados nos processos de produção (Leandro-Silva et al, 2020).

Além disso, o descarte desses alimentos de maneira inadequada no solo, provoca no meio ambiente consequências, que por sua vez, podem ser irreversíveis, tais como: odor por meio da putrefação e chorume que contamina os rios e lençóis freáticos. Assim, para obter um meio ecologicamente equilibrado, é necessário reduzir o desperdício orgânico, auxiliando na diminuição dos impactos ambientais relacionados (Luiz et al, 2019).

Um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU), visa, para o ano de 2030, reduzir pela metade o desperdício alimentar global, diminuir as perdas nas cadeias de produção e de fornecimento de alimentos, sendo avaliados pelo Índice de Desperdício de Alimentos. Em 2019, estimou-se que 931 milhões de toneladas de alimentos foram para o lixo, gerando impactos ambientais incalculáveis, além de que poderia representar a solução de insegurança alimentar de milhares de pessoas. Mesmo que haja um aumento significativo no combate a esse desperdício global por parte do consumidor, a probabilidade de não alcançar essa proposta do ODS 12 é baixa, diante de todo contexto global vivenciado e a falta de interesse mundial, devendo para isso ser uma prioridade para governos, empresas, fundações filantrópicas e organizações internacionais (FAO, 2021a).

Resíduos orgânicos que não são reciclados podem ser remanejados, como compostos ativos em formulações de novos produtos e nos processos biotecnológicos, sendo utilizado como substrato de forma a valorizar a geração de produtos, tais como: enzimas e medicamentos (dos Santos et al, 2021).

### **Reaproveitamento de resíduos de alimentos com potencial biológico**

As vantagens da utilização do alimento de forma sustentável são descritas em 4 parâmetros: redução da produção de lixo orgânico, aumento na vida útil do alimento, promoção da segurança alimentar e contribuição com o aumento da renda familiar (Dias et al, 2020). A preocupação com o meio ambiente leva a estratégias para minimizar o impacto ambiental, viabilizando os projetos que ressaltam a sustentabilidade nos sistemas de produção industrial, uma vez que a indústria alimentícia produz resíduos com alto valor de reutilização (Damiani et al, 2020).

As cascas das frutas desperdiçadas apresentam, segundo análises químicas, de modo generalizado uma quantidade de nutrientes que pode ser maior do que em relação a parte comestível da fruta. Diante disso, podem contribuir com a diminuição do desperdício e servir de fonte alternativa de nutrientes (Jimenez et al, 2021).

Estudos demonstram que os extratos provenientes de cascas de frutas e de restos de vegetais possuem forte atividade antioxidante. Os antioxidantes são definidos como qualquer substância capaz de inibir a oxidação de um substrato oxidável, diminuindo a concentração de radicais livres no organismo. Esses radicais livres podem levar a doenças degenerativas, envelhecimento precoce, câncer, inflamação através do ataque a moléculas biológicas. A presença de antioxidantes nos frutos tem estimulado o consumo destes produtos no mercado nacional, visto que contribuem para reduzir a incidência de doenças (Tonin et al, 2020).

Os alimentos funcionais são descritos de acordo com o tipo de alimento ou com base no composto ativo utilizado, podendo ser as fibras, flavonoides, vitaminas, minerais, ácidos graxos, carotenoides, que apresentaram uma ação biológica importante (Silva et al, 2020).

A partir da indústria de suco de laranja, por exemplo, destacam-se os óleos essenciais obtidos da casca, por método de prensagem, podendo ser utilizado como aromatizante em bebidas ou sorvetes, formulação de cosméticos e perfume. O D-limoneno, componente majoritário desse óleo, pode ser empregado na fabricação de tintas e solventes (da Silva et al, 2020).

Outro subproduto obtido, é da exploração do abacate, um fruto produzido no Brasil, com elevada qualidade nutricional, contendo quantidade de vitaminas, minerais, proteínas, fibras e teor de lipídios que classifica o fruto como auxiliar na prevenção de doenças. Os subprodutos do abate são a casca e a semente que também apresentam componentes nutricionais importantes e, ainda, contém compostos fitoquímicos ativos, como os fenólicos, esteróides e carotenóides (Nogueira-de-almeida et al, 2018). Dessa maneira, a exploração dos fitoquímicos presentes desses resíduos pode levar a novos produtos com impacto positivo, no entanto, ao contrário do caso da laranja, os subprodutos do abacate são majoritariamente desprezados no lixo, gerando um impacto ambiental importante.

O Brasil é o terceiro maior produtor de bananas (*Musa spp.*) do mundo, tendo na literatura o forte potencial no desenvolvimento de coprodutos com elevada aceitação da população a partir da casca (da Silveira et al, 2021). A banana está entre as frutas que mais apresentaram perdas durante o processamento industrial (Silva et al, 2019, Matteson et al, 2018).

Há uma tendência crescente de pessoas que possuem obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares procurarem métodos alternativos para controle desses problemas e a banana, de forma completa, pode ser utilizada como um alimento funcional para tais patologias, pois tanto a polpa com suas cascas apresenta componentes que podem reduzir colesterol e tratar a prisão de ventre. E devido a essas propriedades funcionais, a farinha produzida a partir da banana verde, pode ser um item complementar em produtos como massas, pães, biscoitos, macarrão (Kumar et al, 2019).

As características provenientes da casca da banana, como o alto teor de fibras, permitem o desenvolvimento de produtos alimentícios, como bolos, farinhas, biscoitos (Bastos et al, 2020, Figueiredo et al, 2019, Bressiani et al, 2017). Assim existem inúmeras possibilidades para utilização da casca, desde o uso na indústria alimentícia, como produção de doces cristalizados, e ração para coelhos. A partir dessa casca, já foi produzido um bioplástico sustentável, que pode reduzir os danos ambientais do plástico advindo do petróleo. Outro destino importante desses resíduos orgânicos, seria para a utilização como adubo orgânico natural para enriquecer

o solo, sendo que casca da banana pode ser usada para esse fim, mas infelizmente, esse uso é pontual, não se tornando uma política de reaproveitamento e impedindo se se agregue valor a fruta (Antonio et al, 2020, Begnini et al, 2019, de Sousa et al, 2018).

A romã (*Punica granatum* L.) é outro exemplo de fruto, onde seus subprodutos não são valorizados. Pesquisas já demonstraram diversas propriedades biológicas dos extratos das sementes e cascas, além da polpa que já é utilizada na alimentação. Dentre essas propriedades, destacam-se as atividades anti-inflamatória, antimicrobiana e antioxidante, devido aos compostos fenólicos presentes que podem representar um grande potencial de produto para o combate de doenças (de Souza et al, 2020).

Os subprodutos, cascas e sementes, produzidos do suco do maracujá correspondem 65 a 70% do peso total do fruto, portanto é um grande problema de resíduo agroindustrial. A utilização destes, na alimentação é viável por ter um bom valor nutricional, reduzindo os custos e diminuindo os problemas relacionados ao descarte. A casca do maracujá, que representa mais da metade do fruto e é a parte menos utilizada, sendo rica em fibras solúveis, principalmente pectina, que ao formar um gel, impede a absorção de colesterol e glicose proveniente da dieta, assim pode auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares e gastrointestinais, hiperlipidemias, diabetes e obesidade (Panelli et al., 2018).

Dentre as espécies variadas da Pitaya, *Hylocereus undatus* é a mais cultivada, é uma fruta tropical que geralmente tem sua casca descartada, porém tem atraído interesse de pesquisadores devido à coloração atrativa, pela presença de betalaínas que confere a pigmentação vermelha a fruta, podendo ser processada e utilizada, por exemplo, como corante de produtos alimentícios. A casca fresca de Pitaya apresenta alta quantidade de compostos fenólicos, sendo similar ao presente na maçã, ameixa e superior ao abacaxi e mamão. Quanto ao teor de vitamina C da polpa e da casca, considera-se semelhante ao teor médio encontrado no maracujá, tangerina e manga.

As Pitayas vêm gerando interesse sobre seu uso em produtos cosméticos, com base na riqueza da casca em vitaminas, minerais e outros nutrientes. A presença de antioxidantes pode auxiliar na firmeza e rejuvenescimento da pele, podendo ser uma alternativa natural para produção de máscaras anti-idade. O óleo da semente de Pitaya também pode ser adicionado como ingrediente na formulação de batom, devido ao corante natural e a presença de ácido linoleico e linolênico que ajudam no equilíbrio do metabolismo epitelial, controlando o fluxo e nutrindo o colágeno que estrutura a pele (Lima et al, 2021).

#### **4. Conclusão**

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas e é considerado um dos que mais desperdiça, além de que há um número exponencial de insegurança alimentar nos últimos anos, trazendo um alerta para a população.

O aproveitamento de alimentos desperdiçados é uma prática de sustentabilidade, levando o menor descarte de resíduos orgânicos ao meio ambiente, diminuindo conseqüentemente o impacto negativo. O uso de partes não convencionais de frutas contribui para o enriquecimento nutricional para a população, já que são ricas em micronutrientes, macronutrientes e fibras. Além do aproveitamento para preparações culinárias, os componentes bioativos oriundos desses frutos podem apresentar uma série de atividades biológicas que são capazes de auxiliar no combate de doenças.

A prospecção tecnológica e o desenvolvimento econômico de resíduos agroindustriais estão surgindo com uma ampla gama de usos que ainda não atingiram seu pleno potencial, podendo representar novas possibilidades para as indústrias farmacêuticas, de cosméticos e mesmo a alimentícia, resultando em uma produção sustentável e

inovadora.

No entanto, a adoção dessa prática é uma atividade que exige esforço recíproco entre o governo e a sociedade, sendo necessária a implantação de ações educativas que gerem a consciência da importância de se buscar uma alimentação mais saudável para os indivíduos e sustentável para o meio ambiente.

Faz-se necessários maiores investimentos por parte da indústria alimentícia quanto a um destino sustentável para os resíduos orgânicos, através da identificação dos compostos bioativos, pode-se direcionar o uso para a preparação receitas culinárias, enriquecendo o alimento nutricionalmente além disso, podem ser confeccionados extratos vegetais e óleos essenciais com ação farmacológica para aplicabilidade biológica, direcionando assim o reaproveitamento e redução de perdas de recursos naturais bem como minimização dos custos do mercado.

## Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior (CAPES), - Código de Financiamento 001, a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), a Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e ao laboratório de Ciências biomédicas da Universidade Ceuma.

## Referências

- Augusto, A., Supervisor, A., Carlos, Domingos, J., & Resumo, A. (2020). Estudo da possibilidade de Reaproveitamento de casca de banana Combinado com restos de Hortaliça para a produção de Adubo Orgânico *Study of possibility of reusing banana peels combined with remains of vegetable*.
- Bastos, K. D. O., Peixoto, M. C. R., & Nascimento, R. C. B. (2020). Análise sensorial de cookies de banana e casca de banana. *Estudos Aplicados à Análise Sensorial de Alimentos*, 20.
- Begnini, M. L., Santos, N. R., de Toledo, A. L. O., Oliveira, G. N. R., Silva, L. T. G., & de Oliveira, T. T. (2019). Obtenção de bioplástico com antocianina reforçado com nanocelulose extraída da fibra da banana. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 28405-28415.
- Brasil. Resolução N° 001, 23 de janeiro de 1986. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> .
- Bressiani, J., Schwarz, K., Gatti, R. R., Demário, R. L., & Freire, P. L. I. (2017). Desperdício alimentar X aproveitamento integral de alimentos: elaboração de bolo de casca de banana. *Uniciências*, 21(1), 39-44.
- da Silva, L. A. S., de Oliveira, V. C., & Mendes, F. B. (2020). Principais aplicações dos resíduos da laranja e sua importância industrial. *Revista Artigos. Com*, 22, e5139-e5139.
- da Silveira, M. S., Bedê, T. P., & dos Santos Nicomedes, W. H. (2021). Aproveitamento Integral de Alimentos: Uma possível ferramenta de consumo sustentável Integral use of food: A possible tool for sustainable consumption. *Brazilian Journal of Development*, 7(8), 80729-80738.
- Damiani, C., Martins, G. A. D. S., & Becker, F. S. (2020). Aproveitamento de resíduos vegetais: potenciais e limitações.
- de Moraes, S. L., Massola, C. P., Saccoccio, E. M., da Silva, D. P., & Guimarães, Y. B. T. (2017). Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. *Revista IPT: Tecnologia e Inovação*, 1(4).
- de Sousa, T. L., da Silva, J. P., da Silva, R. M., & Egea, M. B. (2018). APROVEITAMENTO DE CASCA DA BANANA PARA PRODUÇÃO DE DOCE CRISTALIZADO. *Informe Goiano (ISSN 2525-6866)*.
- de Souza, J. F., Amaral, V. A. A., Alves, T. F. R., Batatin, F., de Moura Crescencio, K. M., de Barros, C. T., ... & Chaud, M. V. (2020). Polyphenols isolated from pomegranate juice (*Punica granatum L.*): Evaluation of physical-chemical properties by FTIR and quantification of total polyphenols and anthocyanins content. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 45355-45372.
- Dias, J. D. S. R., Mendes, F. Z. C., Nolasco, M. V. F. M., & Bogo, D. (2020). Obtenção de farinha de inhame para elaboração de barra de cereal como suplemento alimentar e funcional. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 15716-15735.
- dos Santos, C. D., Menezes, R. C. R., & Dal Bosco, S. M. (2021). Releitura de pão de queijo: Versão vegetariana com farinha de oliveira. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 16(2), 159-163.
- dos Santos, L. A., Valença, R. B., da Silva, L. C. S., de Barros Holanda, S. H., da Silva, A. F. V., Jucá, J. F. T., & Santos, A. F. M. S. (2020). Methane generation potential through anaerobic digestion of fruit waste. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120389.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [página na internet]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Ciência que Transforma:

- Resultados e Impactos Positivos da Pesquisa Agropecuária na Economia, no Meio Ambiente e na Mesa do Brasileiro [acesso em 20 de julho de 2022]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/agroindustria>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [página na internet]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Perda e desperdício de alimentos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/sobre-o-tema>
- Ercole, F. F., Melo, L. S. D., & Alcoforado, C. L. G. C. (2014). Revisão integrativa versus revisão sistemática. *Revista Mineira de Enfermagem*, 18(1), 9-12.
- Estrela, C. (2018).. Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. Editora Artes Médicas
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2022. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>
- FAO. 2021a. ONU: 17% de todos os alimentos disponíveis para consumo são desperdiçados. <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1379033/>
- FAO. 2021b. Faostat, Brazil. <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1379033/>
- Ferrentino, G., Asaduzzaman, M. D., & Scampicchio, M. M. (2018). Current technologies and new insights for the recovery of high valuable compounds from fruits by-products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3), 386-404.
- Figueiredo, E. S., Jung, E., Ribeiro, L., Kunigami, C., & Nascimento, F. (2019). Farinha da casca de banana madura: Uma matéria-prima para a indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, 11(6).
- Giannoni, J. A., Imamura, K. B., Venâncio, A. C., Nascimento, R. R., Freitas, V. J., & Marinelli, P. S. (2017). Aproveitamento de resíduos orgânicos para o desenvolvimento de " beijinho" a base de mandioca amarela e rosada. *Revista da Associação Brasileira de Nutrição-RASBRAN*, 8(2), 50-57.
- Jimenez, P., Garcia, P., Quitral, V., Vasquez, K., Parra-Ruiz, C., Reyes-Farias, M., ... & Soto-Covasich, J. (2021). Pulp, leaf, peel and seed of avocado fruit: A review of bioactive compounds and healthy benefits. *Food Reviews International*, 37(6), 619-655.
- Kowalska, H., Czajkowska, K., Cichowska, J., & Lenart, A. (2017). What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 150-159.
- Kumar, P. S., Saravanan, A., Sheeba, N., & Uma, S. (2019). Structural, functional characterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (*Musa* spp.). *LWT*, 116, 108524.
- Leandro-Silva, E., Pipi, A. R. F., Magdalena, A. G., & Piacenti-Silva, M. (2020). Application of Langmuir and Freundlich models in the study of banana peel as bioadsorbent of copper (II) in aqueous medium. *Revista Materia*, 1-12.
- Lima, S. M. N., Monte, L. E. M., Santos, C. M. N., & da Silva Sousa, C. (2021). Revisão de literatura sobre a pitaya (*hylocereus* spp.) Na produção de alimentos e cosméticos. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(2), 7120-7124.
- Luiz, A. A. O., Santos, M. B., & Azeredo, E. M. (2019). Elaboração e análise sensorial de preparações a partir do aproveitamento integral de alimentos. *Revista da Associação Brasileira de Nutrição-RASBRAN*, 10(2), 52-58.
- Mattsson, L., Williams, H., & Berghel, J. (2018). Waste of fresh fruit and vegetables at retailers in Sweden—Measuring and calculation of mass, economic cost and climate impact. *Resources, Conservation and Recycling*, 130, 118-126.
- Nogueira-de-Almeida, C. A., Ued, F. D. V., Almeida, C. C. J. N. D., Almeida, A. C. F., Del Ciampo, L. A., Ferraz, I. S., ... & Oliveira, A. F. D. (2018). Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (*Persea americana*): uma revisão integrativa. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21.
- Panelli, M. F., Pierine, D. T., De Souza, S. L. B., Ferron, A. J. T., Garcia, J. L., Santos, K. C. D., ... & Corrêa, C. R. (2018). Bark of *Passiflora edulis* treatment stimulates antioxidant capacity, and reduces dyslipidemia and body fat in db/db mice. *Antioxidants*, 7(9), 120.
- Paritosh, K., Kushwaha, S. K., Yadav, M., Pareek, N., Chawade, A., & Vivekanand, V. (2017). Food waste to energy: an overview of sustainable approaches for food waste management and nutrient recycling. *BioMed research international*, 2017.
- Ramos, R. V. R., de Oliveira, R. M., Teixeira, N. S., de Souza, M. M. V., Manhães, L. R. T., & Lima, E. C. D. S. (2020). Sustentabilidade: utilização de vegetais na forma integral ou de partes alimentícias não convencionais para elaboração de farinhas. *DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde*, 15, 42765.
- Saldarriaga-Hernández, S., Velasco-Ayala, C., Flores, P. L. I., de Jesús Rostro-Alanis, M., Parra-Saldivar, R., Iqbal, H. M., & Carrillo-Nieves, D. (2020). Biotransformation of lignocellulosic biomass into industrially relevant products with the aid of fungi-derived lignocellulolytic enzymes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 161, 1099-1116.
- Santos, P. V. S., & Leite, Â. A. M. (2020). Identificação de produtos secundários da vinificação: um estudo de caso. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(1), 650-666.
- Silva, A. F. V., Santos, L. A., Valença, R. B., Porto, T. S., Sobrinho, M. D. M., Gomes, G. J. C., ... & Santos, A. F. M. S. (2019). Cellulase production to obtain biogas from passion fruit (*Passiflora edulis*) peel waste hydrolysate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(6), 103510.
- Souza, M. T. D., Silva, M. D. D., & Carvalho, R. D. (2010). Integrative review: what is it? How to do it?. *Einstein (São Paulo)*, 8, 102-106.

- Cui, Y., Dong, X., Tong, J., & Liu, S. (2017). Degradation of lignocellulosic components in un-pretreated vinegar residue using an artificially constructed fungal consortium. *BioResources*, 10(2), 3434-3450.
- Silva, I. G. D., Andrade, A. P. C. D., Silva, L. M. R. D., & Gomes, D. S. (2019). Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22.
- Silva, M. A., Albuquerque, T. G., Alves, R. C., Oliveira, M. B. P., & Costa, H. S. (2020). Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods?. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 181-189.
- Tonin, L. T. D., Teixeira, B. S., & Suzuki, R. M. (2020). CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS BIOATIVOS DOS FRUTOS DE *Pouteria glomerata* (LARANJINHA-DE-PACU). *Revista Tecnológica*, 29(2), 291-308.
- Vieira, L. M., Barcellos, M. D. D., Araujo, G. P. D., & Matzembacher, D. E. (2021). Abordagens metodológicas para enfrentar o desperdício de alimentos: Avançando a agenda. *Revista de Administração de Empresas*, 61.

**ARTIGO 2**

*“Musa sapientum* L. (banana): potential for drug development”

Artigo publicado na revista International Journal of Biological and Natural Sciences - ISSN

2764-1813

v. 2, n. 6, 2022

International  
Journal of  
**Biological  
and Natural  
Sciences**

***Musa sapientum* L.  
(banana): potential for  
drug development**

---

*Ludmylla Fernanda Almeida Pereira*

*Wellyson da Cunha Araújo Firmo*  
<http://lattes.cnpq.br/2261911621272178>

*Denise Fernandes Coutinho*  
<http://lattes.cnpq.br/7346399893912346>

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Abstract:** Fruits are sources of vitamins, sugars and bioactive compounds associated with reducing the risk of diseases, such as those related to the heart system, gastrointestinal tract, bacterial infections, diabetes, among others. In addition to being widely used in the production of functional foods, in recent years, the pharmaceutical industry has been researching various fruits to be used in the production of medicines. Among the plant species that produce fruits appreciated all over the world, *Musa sapientum* L., popularly known as banana tree, stands out. The objective of this article was to carry out an integrative review of the scientific literature on the plant species *Musa sapientum* L. (Musaceae), highlighting its biological properties already demonstrated in pre-clinical tests. The search was carried out in Pubmed, Google Scholar and ScienceDirect databases, using appropriate descriptors and inclusion and exclusion criteria. A total of 735 files were identified, after the screening process, 52 articles were selected and analyzed. The results showed that the fruit of this species has already been extensively studied from the point of view of biological activities, especially antibacterial, antioxidant, antidiabetic, anti-inflammatory. The scientific articles analyzed confirm the traditional use of this fruit in the treatment of diseases and that many have already been evaluated through pre-clinical trials. However, no clinical study has ever been conducted with this fruit. Thus, it is concluded that there are numerous proven biological properties for the species *M. sapientum*, data that can encourage further research, generating more use and elucidating issues that have not yet been clarified for the development of effective and safe drugs.

**Keywords:** Musaceae; Traditional medicine; banana tree.

## INTRODUCTION

Fruits are essential foods in a healthy diet, as they present several essential elements for health, such as vitamins, minerals, fibers and other bioactive compounds that favor the maintenance of health [1].

The species *Musa sapientum* L., popularly known as banana tree, belonging to the Musaceae family, is a typical tropical fruit tree, whose fruit is considered a basic and important food in this region. It is cultivated in several countries, mainly in tropical and subtropical regions, being originally from Southeast Asia [2,3].

The fruits of this species, called silver banana, are a source of vitamins, sugars and bioactive compounds associated with reducing the risk of diseases, such as those related to the gastrointestinal tract, bacterial infections and diabetes. It is a tree, forming shoots that turn into fruiting stems and these fruits are green or yellow, long in shape and produced in clusters. Its leaves appear in the center of the pseudostem [3].

Several studies indicate that the fruits of this species have a varied chemical composition, being significant sources of phenolic compounds, including phenolic acids, flavonoids and glycosides. They stand out for having antioxidant action, mainly related to carotenoids, vitamin C (ascorbic acid) and vitamin A (retinol), in addition to phenolic components [4].

Historically, products from medicinal plants originated in common sense knowledge and were scientifically proven through research with the advancement of science, ranging from pre-clinical to clinical studies, enabling the development of safe and effective drugs [5]. Considering the importance of proving the pharmacological actions of plant species, this research aimed to carry out a study of the species *Musa sapientum*, in order to identify the scientific advances associated with its

biological properties, especially its fruits, for the dissemination of updated information and identification of gaps in their studies.

## MATERIAL AND METHODS

This is an integrative review study, as well as a critical one, which was carried out in the electronic databases: Pubmed, Google Scholar, Periódicos CAPES and ScienceDirect. The descriptors were used: *Musa sapientum*, biological activity, using the Boolean operator "AND". The inclusion criteria adopted in this research were articles with full text available, published between 2011 and 2021, which presented an evaluation of the biological activities of *M. sapientum* extracts.

Review articles, dissertations, theses, books, duplication of articles on different platforms, name of another species of *Musa* spp. in the title, articles that did not describe which part of *M. sapientum* used and did not understand biological activity. Those that could not be read in full were also excluded.

To complement the research, clinical studies with this species were raised with the following descriptors "Musa sapientum" and "clinical trial", in the same databases described above.

After the selection, the reference list of the selected ones was also verified to carry out the crossing of the data found, within the established inclusion criteria. Then, they were submitted to an exploratory and selective reading on the topic to identify the related data according to the objective. After analyzing the titles and abstracts, the files that met the criteria were read in full. Data were organized in a Microsoft® Excel spreadsheet. The process is described in Figure 1.

## RESULTS AND DISCUSSION

From the analysis of the 52 articles included in the review, it was identified that the species *Musa sapientum* has already been

submitted to numerous pre-clinical biological assays, highlighting the most studied actions: antibacterial (19%), antioxidant (18%), antidiabetic (13 %), anticarcinogenic (7%), antiulcerogenic (6%), anti-inflammatory (4%), hepatoprotective (4%), antiparasitic (4%), antihypercholesterolemic (3%), antidiarrheal (3%). The other activities such as: healing, antifungal, anticonvulsant, analgesic, anxiolytic, antidepressant, anti-wrinkle, antimelanogenesis, diuretic, anti-atherosclerosis and anti-colitis were found in only 1 article each, totaling 1% each, such information is shown in the Figure 2. These numbers are independent of the number of articles in total included, but the quantity of identified biological activity, since different biological activities are studied in several articles.

In producing countries, bananas, such as Brazil, play a major role in the social and economic impact, serving as income for producers who use the crop to employ several people, considering that it contributes to the development of the region [6].

Another important point to note is the question of plant metabolism. Plants represent true living laboratories that produce different metabolites classified as primary and secondary. The primary ones are related to the vital processes of these species, such as carbohydrates, proteins, lipids, nucleic acids, among others. Secondary metabolites are produced to relate plants to the environment in which they live, allowing their survival. The main examples of secondary metabolites are flavonoids, tannins, alkaloids, terpenes, etc [7]. fruits present the pulp as part used in food, and their peels are considered by-products, as they are wasted in this process. The pulp of the fruit of *Musa sapientum* L. stands out for having a high content of sugars (carbohydrates) and vitamins. Its peels have already been studied and the presence of

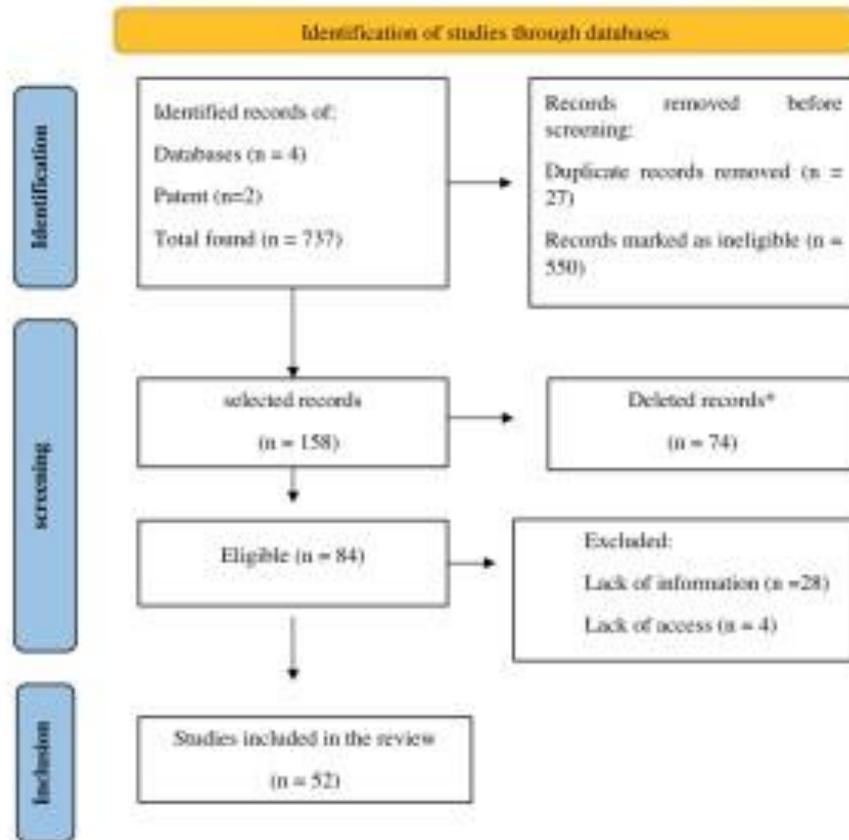


Figure 1. Flowchart PRISMA 1 - Identification of studies via databases. Source: PRISMA adapted by the author (2022). \* means outside the inclusion criteria.

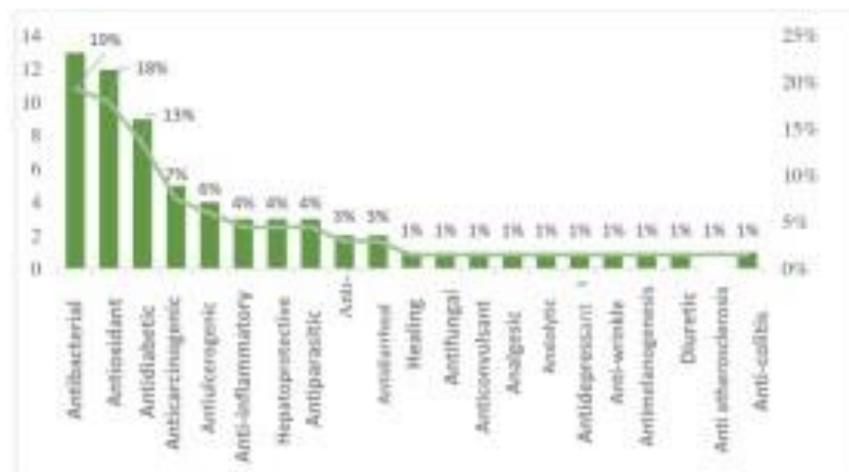


Figure 2. Distribution of articles in relation to the biological activity performed. Source: Authors ( 2022).

steroids, flavonoids, tannins, leukocyanidin has been verified. These metabolites have different physicochemical properties, such as polarities, and are the main responsible for their biological activities, highlighting the secondary metabolites.

To carry out a study of the biological activity of a plant, these metabolites need to be extracted. When these are not volatile, the classic extraction involves the participation of one or more solvents and the product of the process is called extract. From a plant species, several extracts of different polarities and consequently different chemical compositions can be obtained [7]. To determine the quality of an extract, there are basic parameters: part of the plant used, the solvent, the concentration (drug-solvent) used, the extraction method and time. The ethanolic solvent or its mixture with alcohol, corresponds to the extract most used in phytochemical studies, due to its cost-benefit, being able to extract large amounts of both primary and secondary metabolites, and despite being polar, they can also extract nonpolar components. Ethanol or hydroethanolic extracts are considered the most appropriate for the scientific study of the biological activity of plants and may present several metabolites such as tannins, polyacetylenes, flavonols, terpenoids, steroids, alkaloids, etc. [8].

Com a finalidade de sintetizar os dados obtidos, a Tabela 1 foi elaborada para classificar a parte utilizada da banana no estudo, bem como o tipo de extrato e qual atividade biológica foi exercida. In this survey carried out on *M. sapientum*, it was observed that the most used extract for the studies of the biological activities of this species was the ethanolic extract (51.46%), followed by the methanolic extracts (23.30%), aqueous (13.59%), hexane (3.88%), acetone (3.88%), chloroform (1.94%) and ethyl acetate (0.97%).

## ANTIMICROBIAL ACTIVITY

In fourteen selected articles on antimicrobial activity, the extraction methodology was used, using different solvents, and the following extracts were evaluated: ethanolic, aqueous alkaline, acetone, methanolic, hexane and ethyl acetate. These studies confirmed the activity against Gram negative bacteria such as: *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp., *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* and Gram-positive bacteria: *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Propionibacterium acnes*, *Salmonella* spp., *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus* spp, *Lactobacillus* sp. One of the studies cited antibiofilm activity caused by *Candida albicans* [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 52, 55, 56, 57].

The most used method to evaluate this activity was disk diffusion followed by broth microdilution, both methods are necessary to obtain reliable results, but not necessarily the same result will be obtained in the different methods, since there is the influence of diffusion in media. different culture. Just as the choice of method can change the result, the choice of different solvents can also lead to different actions, by distinguishing the metabolites obtained in the different extractions [11].

Siddique et al. (2018) [14] evaluated antibacterial activity on different microorganisms *S. aureus*, *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, using different extracts, aqueous and ethanolic. The results show that the aqueous extract obtained from the peel of the fruit of *M. sapientum* showed greater antibacterial activity compared to the ethanolic extract of the same part. Sithya et al. (2018) [2] showed greater sensitivity against *S. aureus* compared to *E. coli* bacteria when using *M. sapientum* flower alkaline extract, making Gram-positive bacteria more

| Biological activity | used part              | Extract   | Methodology  | Reference                         |                       |
|---------------------|------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------------|
| antibacterial       | fruit peel             | ethanolic and aqueous                                   | disk broadcast   | Siddique et al (2018)             |                       |
|                     | Flower                 | alkaline extraction                                     | disk broadcast   | Sinhyu et al (2018)               |                       |
|                     | Leaves and pseudostem  | Ethanol and acetone                                     | Microdiffusion in broth  | Jouaneghani et al (2020)          |                       |
|                     | bark                   | methanolic  | disk broadcast   | Mendi et al (2016)                |                       |
|                     | Pseudostem and rhizome | Chloroform, acetone, hexane, methanol and ethyl acetate | MIC  | Kandasamy (2016)                  |                       |
|                     | Seed                   | methanolic  | disk broadcast   | Hossain (2011)                    |                       |
|                     | fruit peel             | AT  | disk broadcast   | Ruangtong (2020)                  |                       |
|                     | fruit peel or          | ethanolic   | disk broadcast   | Kusuma (2020)                     |                       |
|                     | Sheets                 | methanolic  | disk broadcast   | Saha (2013)                       |                       |
|                     | fruit peel             | Aqueous   | well diffusion   | Chaback (2013)                    |                       |
|                     | Pulp                   | Aqueous, hexane and ethanolic                           | disk broadcast   | Ned (2015)                        |                       |
|                     | fruit peel             | Ethanol, methanol, acetone and aqueous                  | well diffusion   | Aboul-Eneim (2016)                |                       |
|                     | fruit peel             | Aqueous   | culture medium   | Lini (2011)                       |                       |
|                     | antioxidant            | fruit peel  | ethanolic and aqueous  | DPPH and ferric reducing activity | Siddique et al (2018) |
|                     |                        | leaves and pulp   | methanolic   | DPPH                              | Ayoola (2017)         |
| Bark, pulp and seed |                        | methanolic  | DPPH, iron reducing activity, reducing ability of cupric ion and phosphomolybdenum       | Imam (2011)                       |                       |
| Pulp                |                        | AT  | Ability to scavenge the 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate (ABTS) radical | Adedayo (2016)                    |                       |
| Flower              |                        | ethanolic   | DPPH   | Khangkhon (2017)                  |                       |
| spadix              |                        | methanolic  | DPPH   | Choudhary (2019)                  |                       |
| fruit peel          |                        | methanolic  | DPPH   | Ajah (2020)                       |                       |
| bark and pulp       |                        | Hexanic and Ethanolic                                   | DPPH   | Dalhous (2015)                    |                       |
| Sheets              |                        | methanolic  | DPPH   | Saha (2013)                       |                       |
| fruit peel          |                        | ethanolic   | Total antioxidant capacity and DPPH assay  | Baskar (2011)                     |                       |
| fruit peel          |                        | Ethanol, methanol, acetone and aqueous                  | DPPH   | Aboul-Eneim (2016)                |                       |
| Sheets              |                        | ethanolic   | DPPH   | Yoo (2016)                        |                       |

|                          |               |                        |  |                   |
|--------------------------|---------------|------------------------|--|-------------------|
| <b>antidiabetic</b>      | Fruit         | ethanolic              | Determination of glucose adsorption capacity, glucose uptake by yeast cells <i>in vitro</i>                              | Ehinger (2018)    |
|                          | Sheets        | methanolic             | Alloran- induced diabetes <i>in vivo</i>   | Adewoye (2016)    |
|                          | Flower        | ethanolic              | Streptozotocin -induced diabetes <i>in vivo</i>  | Borah (2017)      |
|                          | fruit peel    | ethanolic              | <i>In vivo</i> induced diabetes  | Narghare (2017)   |
|                          | fruit peel    | methanolic             | <i>In vivo</i> oral glucose tolerance tests  | Al- Mahmud (2018) |
|                          | fruit peel    | methanolic             | <i>In vivo</i> oral glucose tolerance tests  | Morshed (2019)    |
|                          | Sheets        | methanolic             | Alloran -induced diabetes <i>in vivo</i>   | Adewoye (2013)    |
|                          | fruit peel    | ethanolic              | Diabetes induction, cytokine estimation  | Kumar (2013)      |
|                          | Stalk         | Aqueous                | <i>In vivo</i> test from the measurement of glucose uptake, subcellular membrane fractionation and western blot analysis | Jaber (2013)      |
| <b>anti-inflammatory</b> | Flower        | ethanolic              | Inhibitory effect of nitric oxide  | Khongkhon (2017)  |
|                          | fruit peel    | methanolic             | <i>In vivo</i> colitis induction   | Ajah (2020)       |
|                          | fruit peel    | ethanolic              | Inhibitory effect of nitric oxide  | Mpharm (2012)     |
| <b>anticarcinogenic</b>  | bark and pulp | Hexanic and Ethanolic  | <i>in vitro</i> cell culture   | Dahham (2015)     |
|                          | Flower        | ethanolic              | Culture of leukemia cells from marine macrophages  | Khongkhon (2017)  |
|                          | shoot*        | ethanolic              | <i>In vivo</i> assay, histology and enzymatic evaluation   | Akinola (2021)    |
|                          | fruit peel    | AT                     | cell culture   | Ruangtong (2020)  |
| <b>hepatoprotective</b>  | Sheets        | hydromethanolic        | cell culture   | Bayala (2020)     |
|                          | Stalk         | Aqueous                | Antioxidant parameters of liver tissue <i>in vivo</i>  | Dikabit (2016)    |
|                          | Re bertu*     | ethanolic              | <i>In vivo</i> assay of enzymatic evaluation   | Akinola (2021)    |
| <b>antiulcerogenic</b>   | Sheets        | methanolic             | Measurement of the lipid peroxidation marker <i>in vivo</i>  | Dikabit (2016)    |
|                          | Stalk         | Ethanol and chloroform | <i>In vivo</i> ulcer induction   | Gangwar (2014)    |
|                          | Fruit         | Aqueous                | <i>In vitro</i> aspirin-induced ulcer  | Goodies (2017)    |
|                          | fruit peel    | ethanolic              | Evaluation of induced gastric ulcer healing  | Kumar (2013)      |
| <b>Healing</b>           | fruit peel    | Aqueous                | Gel production from the extract, <i>in vitro</i> observation of the healing process                                      | Lima (2011)       |

|                                  |                 |            |  |                          |
|----------------------------------|-----------------|------------|--|--------------------------|
| <b>antidiarrheal</b>             | flower and bark | methanolic | Castor oil induction of diarrhea, intestinal motility test   | Panda (2018)             |
|                                  | Seed            | methanolic | Diarrhea induced <i>in vivo</i> by castor oil and magnesium sulfate  | Husain (2011)            |
| <b>antiparasitic</b>             | fruit peel      | ethanolic  | Parasitoma suspension at 0.5% in a 96-well plate   | Laosombun (2019)         |
|                                  | Stalk           | ethanolic  | Collection and evaluation of activity at different concentrations against <i>Pheretima posthuma</i>            | Adithya (2019)           |
| <b>antifungal</b>                | Sheets          | methanolic | Disk diffusion, determination of minimum inhibitory concentration, minimum fungicidal concentration            | Ije (2015)               |
| <b>anticonvulsant</b>            | Stalk           | Aqueous    | Pentylenetetrazole -induced seizures <i>in vivo</i>  | Reddy (2018)             |
| <b>analgesic</b>                 | bark            | ethanolic  | <i>in vitro</i> acetic acid induction tests  | Sumathy (2014)           |
| <b>anxiolytic</b>                | Stalk           | Aqueous    | Animal models for anxiety, elevated plus maze test and open field  | Reddy (2017)             |
| <b>antidepressant</b>            | Sheets          | Aqueous    | Forced swimming test (FST) and tail suspension test (TST), while <i>in vivo</i> elevated plus maze (EPM) tests | Salako (2019)            |
| <b>anti-wrinkle</b>              | Sheets          | ethanolic  | Cell culture, ELISA, RT-PCR and <i>in vivo</i> clinical test   | Yoo (2016)               |
| <b>anti-melanogenesis</b>        | fruit peel      | ethanolic  | Cell culture, tyrosine and melanin assay, <i>in vitro</i> protein determination                                | Phacharapipornkul (2021) |
| <b>diuretic</b>                  | Flower          | ethanolic  | Measurement of total volume, concentration of sodium, potassium and chloride ions in urine <i>in vivo</i>      | Mitra (2011)             |
| <b>anti-hypercholesterolemic</b> | Stalk           | methanolic | Serum lipid profile and atherogenic index  | Dinkhit (2016)           |
|                                  | Sheets          | methanolic | Serum lipid profile measurement  | Adewoye (2016)           |
| <b>anti-atherosclerosis</b>      | fruit peel      | ethanolic  | Atherogenic diet <i>in vivo</i> and histopathological  | Prameswari (2017)        |
| <b>anti-colitis</b>              | fruit peel      | methanolic | Induced colitis, stool consistency assessment and histological analysis  | Adigbola (2016)          |

Table 1. Biological Activities of the species *Musa sapientum* L., highlighting the part used, type of extract, biological activity and method used.

Source: Authors (2022). NA: not reported. \*rebento é o estágio inicial de uma planta, representando o broto.

susceptible due to lack of outer membrane.

The study carried out by Kandasamy et al. (2016) [12] showed in descending order the antibacterial activity of the analyzed solvents, namely chloroform, acetone, hexane, methanolic and ethyl acetate. The chloroform extract showed inhibition against all bacteria tested, namely *S. aureus*, *E. fecalis*, *B. cereus* and *B. subtilis*. Among the Gram-negatives, hexane showed inhibition against *Salmonella typhi*, *P. aeruginosa* and *E. coli*. Unlike the study produced by Jouneghani et al. (2020) [15] who showed less activity using the solvent hexane and significant activity when using acetone and ethanol against Gram-positive *B. cereus* and *E. faecalis* and between Gram-negative *S. enterica* and *S. sonnei*. This differentiation can be attributed to the different collection sites, including seasonality, circadian rhythm, part used, development, climate, as well as the polarity of the solvents used [9].

Kusuma et al. (2020) [16] used the disk diffusion method to assess whether the ethanolic extract of *M. sapientum* bark has activity against the microorganisms that cause acne *Propionibacterium acnes* and *S. epidermidis*, in *in vitro* tests. This property of inhibiting the growth of these bacteria, destacando-se a casca, dessa espécie para ser empregada na produção de um natural anti-acne agent.

Antibiofilm activity, using broth microdilution, with extract obtained from leaves and pseudostem of *M. sapientum* against *C. albicans* was proven in the ethanolic, acetone and hexane extracts and no activity was verified in the aqueous extract (JUNEGHANI et al., 2020). Crude methanolic extract obtained from the peel of the fruit of *M. sapientum* showed antimicrobial activity in disc diffusion against *Bacillus* spp., *E. coli*, *Pseudomonas* spp., *Klebsiella pneumoniae*, *S. aureus* and *Streptococcus* spp [13].

The antifungal action obtained from a

preliminary study involving methanolic extract of *M. Sapientum* leaves demonstrated activity against *Trichophyton rubrum* and *Trichophyton canis*. Given the global context of the limitation of antifungals, preliminary research involving micro-organisms is important to follow up on more robust studies in order to develop new drugs [65].

For antidiarrheal activity, the major agents causing diarrhea caused by *S. aureus*, *E. coli*, *S. typhi* and *C. albicans* were described. The methanolic extract of seeds from *M. sapientum* exerted an antidiarrheal function after observing the reduction of feces [10] this may be related to the promotion of the growth of *Lactobacillus* sp. and reduced growth of *E. coli* and *S. typhi* as demonstrated in the study developed by Jiurong et al (2020) [17]. Furthermore, Panda et al. (2018) and Hossain et al. (2011) [64,10] induced diarrhea with castor oil to test the methanolic extract, obtained through the flower and bark and seed, respectively, obtaining a positive result regarding the reduction of effects.

#### ANTIOXIDANT ACTIVITY

The antioxidant activity of vegetables may be related to several metabolites, highlighting phenolic compounds, carotenoids and vitamins A and C. due to their ability to act as reducing agents, scavengers of free radicals [18]. Given this concept, each extract, obtained with a certain solvent, may present a different concentration of bioactive compounds and consequently different antioxidant actions.

Antioxidants are generally defined as substances that delay or prevent the oxidation of the substrate, DPPH is a chemical method that has the ability to determine the antioxidant capacity of a compound in the scavenging of free radicals, it is the first choice because it is a fast, practical method and good stability, presenting more solubility in organic solvents [19].

Siddique et al. (2018) [14], Ayoola et al. (2017) [20] and Adedayo et al. (2016) [21] demonstrated in their studies a direct and positive correlation in the radical scavenging activity of total phenolic content (CFT), total flavonoid content (CTF) and DPPH. Indicating that the amount of total flavonoid phenols acts directly in the elimination of free radicals.

Different parts of *M. sapientum* used for antioxidant activity tests, such as fruit peel, pulp, seed and flower, showed antioxidant potential of the plant, especially the fruit in different concentrations and different solvents used in the extraction [20, 22, 23, 58, 59, 56, 60].

In gas chromatography and mass spectrometry analysis of the methanolic extract obtained from *M. sapientum flower powder*, the presence of phytosterols, phenols, carboxylic acid and vitamins were described as main components being responsible for antioxidant and anti-inflammatory activity [24].

#### ANTIDIABETIC ACTIVITY

The antidiabetic activity of the fruit (banana) of *Musa sapientum* can be attributed to the insulin-secreting activity, increasing serum insulin in the groups previously treated with the extract. Decreased intestinal glucose absorption is probably due to the presence of alkaloids, pectins, saponins, tannins and gallic acid [24, 29, 30].

Bhinge et al. (2018) [29] used *M. sapientum bark powder* obtained after extraction with ethanol solvent to reduce postprandial glucose levels *in vitro*, using yeast cells, obtaining a mechanism mediated by increased glucose adsorption which decreased the rate of diffusion at the cellular level, which may characterize the fruit as a potential for antidiabetic activity.

Results showed that the methanolic and ethanolic extracts of *M. sapientum fruit peels in vitro*, have the ability to reduce high blood glucose when used for treatment, both in oral glucose tolerance tests to evaluate antihyperglycemic activity and in animals hyperglycemic [31, 32, 33, 61, 62].

Borah et al. (2017) [30] used ethanolic extracts from the stem and flower of *M. sapientum*, demonstrating in their study that the flower extract showed greater antihyperglycemic activity in diabetic animals, with an increase in serum insulin compared to the extract of the flower stalk.

Another work showed that the juice of the peel of the fruit of *M. sapientum* significantly reduces the level of glucose in the blood of diabetic rats. The authors also concluded that *M. sapientum fruit peel juice*, when ingested with the drug metformin, improves bioavailability and increases the maximum concentration of the drug in plasma compared to the control group [34], emphasizing that *M. sapientum* can be used as an auxiliary component for glycemic control.

#### ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY

In the study reported by Ajah et al. (2020) [25], where they evaluated the anti-inflammatory activity of the methanolic extract of *M. sapientum fruit peel*, observed a decrease in the degree of inflammation and depth of necrosis after inducing colitis in rats, due to the fact that banana peel exhibits DPPH radical scavenging properties, as they have high concentrations of phenolic components, thus being a source of antioxidant with anti-inflammatory capacity.

As well as the presence of components such as nitric oxide, phytosterols, phenols, vitamins from *M. sapientum* contribute to ensure the anti-inflammatory activity developed by this fruit [23,24, 63].

#### ANTICARCINOGENIC ACTIVITY

The aqueous extract of *M. sapientum* fruit peel, when treated with zinc acetate, has been shown to inhibit the growth of a range of cancer cells, present in skin cancer, colorectal cancer and liver cancer, without affecting normal cells, showing potential anticancer activity [35]. *M. sapientum* is cited as a promising source of anticancer components in the study which demonstrated that hexane extract from banana peel inhibited the growth of the colon cancer cell line [36].

The ethanolic extract of *M. sapientum* fruits has anticancer potential, due to its chemical components that can target cancer stem cells. In the study developed, they evaluated the genes of resistance to multiple drugs and a biomarker of cancer stem cells (CSCs) and the result indicates that there is a compound in the fruit of *M. sapientum* capable of specifically eliminating CSCs and, in addition, confers the potential of antiproliferation and drug resistance when comparable to standard anticancer drugs. These results are preliminary and require further evaluations for the discovery of specific compounds that can eliminate cancer cells and act on the genes studied [37].

Despite being a promising anticancer source, hydroethanolic extract of *M. sapientum* leaves showed no inhibitory effect on LNCap of prostate cancer and HeLa cervical cancer cells with IC<sub>50</sub> > 1000 µg/mL [38].

#### HEPATOPROTECTIVE ACTIVITY

For evaluation a ação hepatoprotetora of *M. sapientum*, an anthracene - induced hepatotoxicity (DMBA) protocol in rats was used. Rats with damaged livers were treated with an ethanolic extract from the stem of the species under study, which showed a regenerating effect on the liver [37]. Another study showed that the aqueous extract of the stem of *M. sapientum* has a

hepatoprotective effect comparable to the standard drug, by preventing the increase in the level of liver enzymes such as aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase and alkaline phosphatase. This species-specific hepatoprotective effect is probably due to the antioxidant property present [42].

#### ANTI-ULCEROGENIC ACTIVITY

Gangwar et al. (2014) and Kumar et al. (2013) [43,61] performed the extraction of the stem of *M. sapientum* using the ethanolic solvent and chloroform to treat ulcer that was induced in vivo in rats, obtaining a positive and favored result due to the flavonoids present, producing a cytoprotection affirming the efficacy.

Aqueous extract of *M. sapientum* showed anti-ulcerogenic activity with a significant decrease ( $p < 0.05$ ) in the induced ulcer in an experimental model, the effect being potentiated with the addition of vitamin C [44].

#### ANTI-PARASITIC ACTIVITY

*Muse* spp. is traditionally used to treat worms that cause intestinal infections, the study developed by Ezea et al. (2019) [39] used the methanolic extract of the root to verify the anthelmintic activity, against *Ascaris lumbricoides*, *Moniezia benedenti* (sheep tapeworm) and *Eisenia fetid*. The results showed paralysis of the worms as well as death in accordance with the study developed by Adithya et al. (2019) [40] where the ethanolic extract from the stem of *M. sapientum* acted against *Pheretima posthuma*, which showed anthelmintic activity dose-dependente.

As for the anti-plasmodium and anti-toxoplasma activity, the ethanolic extract of the bark do fruto de *M. sapientum* e, inhibited the growth of *Toxoplasma gondii* with IC<sub>50</sub> of 90.4 µg/mL. In that same study, the extract was less effective in inhibiting the growth

of *Plasmodium falciparum*, necessitating further research. Therefore, the data show that the ethanol extract of *M. sapientum* is a potential source of new drugs for the treatment of infection caused by *T. gondii* [41].

#### ANTICONVULSANT ACTIVITY

Another important activity described for *M. sapientum* was the anticonvulsant activity of the aqueous extract of its stem. In pentylenetetrazole induced seizures, the extract showed a significant increase between the latency period for the onset of spasms and decreased seizure duration compared to the control group, suggesting that the natural product has potential in the use of epilepsy. However, further studies are needed that can identify all active compounds to relate to the pharmacodynamic profile of this pathology [46].

#### ANALGESIC ACTIVITY

Sumathy et al. (2014) [26] evaluated the analgesic capacity of *M. sapientum* bark of the ethanolic extract, through *in vivo* tests in hot plate, tail flick and acetic acid induction, which corresponds to a fast and reliable model of evaluation. The results showed that the bioactive compounds, present in the extract of this fruit, have analgesic capacity in the tests evaluated.

#### ANXIOLYTIC ACTIVITY

Reddy et al (2017) [47], using the elevated plus maze test and open field in an experimental model in mice, were able to observe that the aqueous stem extract of *M. sapientum* reduced spontaneous motor activity, compared to the drug diazepam in rats or mice, with significant anxiolytic activity being observed. To determine this assessment, the antioxidant activity of *M. sapientum* was verified, since oxidative

stress is cited as an important factor in the development of anxiety disorder. Other results also show antidepressant activity of the fruit extract, through the mediation between the  $\alpha 1$  adrenergic and D2 dopaminergic receptors through the forced swimming, tail suspension and elevated cross maze tests [48].

#### ANTI-WRINKLE ACTIVITY

Aesthetics is an area that is growing in the market, thus necessitating the search for natural cosmetics that have the ability to combat the main complaints. Fibroblasts are responsible for the production of collagen and elastin that contribute to the fight against aging in the aesthetic context, Yoo et al. (2016) [60] concluded that the ethanolic extract of *M. sapientum* leaves has the ability to promote the expression of pro-collagen and COL1A1 genes, demonstrating the ability to be a raw material of a cosmetic with efficacy in wrinkles.

#### ANTIMELANOGENESIS ACTIVITY

O *M. sapientum* bark ethanolic extract proved to be an effective depigmenting agent da pele, tendo potencial para a cosmetics area. Este extrato, through the AKT signaling pathway, decreased the expression of the MITF gene that induces the expression of enzymes in melanin synthesis. All results indicate that it can serve as an anti-inflammatory activity, melanogenesis [45].

#### DIURETIC ACTIVITY

The concentration of ions such as sodium, potassium and chloride in the urine serve for evaluation in terms of diuresis. Furosemide is the standard drug on the market, in the research developed by Mishra et al. (2011) [66] showed significant activity in comparison with the drug present on the market, through the evaluation of ion concentrations.

#### ANTI-HYPERCHOLESTEROLEMIC ACTIVITY

In the study developed by Adewoye et al. (2016) [28], *M. sapientum* leaves were used for methanolic extraction, having the ability to electrolyte restoration of sodium, potassium and phosphate ions, significantly reducing ( $p < 0.05$ ) the altered lipid profile such as cholesterol, triglycerides, LDL and the increase in HDL in diabetic animals, corroborating the study developed by Dikshit et al. (2016) [28] who investigated the action of the methanolic extract in hypercholesterolemic rats, obtaining the reduction after treatment with the extract, demonstrating anti-hypercholesterolemic activity.

#### ANTI-ATHEROSCLEROSIS ACTIVITY

Banana peel has shown effectiveness in preventing atherosclerosis, a disease that forms inside the arteries. This bark contains flavonoids that are able to inhibit the translocation of nuclear factor kappa B (NF- $\kappa$ B) and increase the expression of the enzyme endothelial nitric oxide synthase (eNOS), which are essential for the homeostasis of the vascular system. The linear regression analyzed shows that the extract decreased NF- $\kappa$ B activity by 82.1% and increased eNOS by 95.2%, showing efficacy in disease prevention [49].

#### ANTI-HEMOLYTIC ACTIVITY

Islam et al. (2017) [50] report that the methanolic extract of *M. sapientum* leaf has an anti-hemolytic effect, protecting human erythrocytes from lysis induced by hydrogen peroxide. O teste de hemólise é um teste presuntivo de toxicidade de espécies vegetais [51].

#### CLINICAL STUDY

No clinical studies were registered in scientific articles according to the review performed.

#### PATENT

Mendonça (2016, 2020) [52,53] has two patent deposits, one identified with the number BR 10 2016 030105 0 A2 of a gel produced from the bark of 10% green *M. sapientum* capable of healing tissue injuries. The other patent is under the number BR 10 2020 013887 1 A2 of the powder composed of the green banana peel (*M. sapientum*) for the treatment of peristomal dermatitis, being evaluated the effectiveness as well as the healing time.

#### CONCLUSION

The use of medicinal plants by the population, in the treatment of various pathological conditions, serves as a theoretical basis for developing research, in order to scientifically prove their biological activities. The plant *Musa sapientum* L. is popularly known as banana-prata, and is used by the population for traditional treatments of various problems. The present review analyzed the pre-clinical studies already carried out with several parts of the *M. sapientum* species, in which the biological activities already tested in relation to this plant were identified. It was found that the fruit was the most studied part, highlighting that it presents the peel, considered a by-product of the food industry that is normally discarded, generating environmental impacts. The most tested biological action was antibacterial, having been verified activity against several positive Gram and negative Gram bacteria. The studies were carried out with different extracts that may have different compositions and actions, even though they are produced from the same part of the plant.

Although the fruits of *Musa sapientum* have already been submitted to several pharmacological action studies, no clinical study has been carried out to date, even though there are two products with healing action and for dermatitis.

The data found can serve as an incentive to complement scientific studies, including pre-clinical and clinical studies, which allow the development of safe and effective drugs to be used by the population. These works can also generate possible important patents in the pharmaceutical, cosmetic and food areas and can reduce the generation of by-products that lead to the accumulation of garbage and consequent environmental impact on our planet.

## REFERENCES

1. DA SILVA, C.B; DA SILVA, K.B; OLIVEIRA, E. L.S; SOARES, V. F; COSTA, J. G; SANTOS, A. F. A importância da ação antioxidante de óleos essenciais em benefício da saúde. *Diversitas Journal*, v. 2, n. 1, p. 52-55, 2017.
2. SITHYA, K., DEVKOTA, L., SADIQ, M.B e ANAL, A.K. Extraction and characterization of proteins from banana (*Musa Sapientum* L) flower and evaluation of antimicrobial activities. *J Food Sci Technol* 55, 658-666 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2975-z>
3. SINGH, B. JANTINDER, P.S; AMRITPAL, K. NARPENDER, S. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits-A review. *Food Chemistry*, v. 206, p. 1-11, 2016.
4. MONDAL, A. BANERJEE, S. BOSE, S. DAS, P. P. SANDBERG, E. ATANASOV, A. BISHAYEE, A. Cancer Preventive and Therapeutic Potential of Banana and Its Bioactive Constituents: A Systematic, Comprehensive and Mechanistic Review. *Frontiers in oncology* vol. 11 697143. 7 de julho de 2021, doi: 10.3389/fonc.2021.697143
5. ILÖCHL, Ö. N. CHUEMERE, A.N. OLOBUNFEMI, O.J. AMAH-TARIAH, F.S. Evaluation of pharmacognostic, matricentric and phytotherapeutic constituents of unripe *Musa sapientum* hydromethanolic extracts. *Journal of Phytopharmacology*, v. 10, n. 3, p. 156-161, 2021.
6. OLIVEIRA, M. C. F; BANDOLFI, M.A.C. Estudo bibliográfico: aproveitamento integral na elaboração de subprodutos na indústria alimentícia. *Revista Interface Tecnológica*, v. 17, n. 1, p. 797-806, 2020.
7. SIMÕES, C.M.O; SCHENKEL, E.P; MELLO, J.C.P; MENTZ, L.A; PETROVICK, P.R. (org.) *Farmacognosia: do produto natural ao medicamento*. Artmed Editora, 2016.
8. INGLE, K. P. DESHMUKH, A.G; PADOLE, A. D; DUDHARE, M.S; MOHARIL, M. P; KHELURKAR, V. C. Phytochemicals: Extraction methods, identification, and detection of bioactive compounds from plant extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 6, n. 1, p. 52-36, 2017.
9. GOBBO-NETO, L; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química nova*, v. 30, p. 374-381, 2007.
10. HOSSAIN, M. S. ALAM, M.B; ASADUJJAMAN, M; ZAHAN, R; ISLAM, M. M; MAZUMDER, M. E.H; HAQUE, M.E. Antidiarrheal, antioxidant and antimicrobial activities of the *Musa sapientum* Seed. *Aricenta Journal of Medical Biotechnology*, v. 3, n. 2, p. 95, 2011.

## DECLARATION OF CONFLICT OF INTEREST

No conflict of interest.

## THANKS

We are grateful to the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), - Financing Code 001, the Foundation for Support to Research and Scientific and Technological Development of Maranhão (FAPEMA), the Federal University of Maranhão (UFMA) and the Biomedical Sciences at Ceuma University.

11. BONA, E. A. M.; PINTO, E.G.S; FRUET, T. K; MARINHO, T. C; MOURA, J.A.C. Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e etanólicos. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 81, p. 218-225, 2004.
12. KANDASAMY, S; RAMU, S; ARADHYA, S. M. In vitro functional properties of crude extracts and isolated compounds from banana pseudostem and rhizome. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 96, n. 4, p. 1347-1355, 2016.
13. MORDE, R. C; FADIARO, A.E; OWOYEYE, T.F; OLANREWAJU, I.O; UZOAMAKA, G.C. OOLORUNSHOLA, S. J. Identification by GC-MS of the components of oils of banana peels extract, phytochemical and antimicrobial analysis. *Research Journal of Phytochemistry*, 2016.
14. SIDDIQUE, S. NAWAZ, S. MUHAMMAD, F. AKHTAR, B. ASLAM, B. Phytochemical screening and in-vitro evaluation of pharmacological activities of pods of *Musa sapientum* and *Careca papaya* fruit. *Natural product research*, v. 32, n. 11, p. 1333-1336, 2018.
15. JOUNEGHANI, R. S. CASTRO, A. H.F; PANDA, S.K. SWENNEN, R. LUYTEN, W. Antimicrobial activity of selected banana cultivars against important human pathogens, including candida biofilm. *Fooda*, v. 9, n. 4, p. 435, 2020.
16. KUSUMA, S. A. F; HADISOEBROTO, G. ROHMAT, EN. In vitro antibacterial activity of the ethanolic extract of Ambon banana (*Musa paradisiaca*) peel powder against *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis*. *Drug Invention Today*, v. 14, n. 6, 2020.
17. JIURONG; SARI, Dary Puspita; HAKIM, Luchman. Medicinal Plants for Traditional Treatment Used by the Malays in South Bangka Regency, Indonesia. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, v. 14, n. 1, p. 125-134, 2022.
18. FERRERA, T. S. et al. Substâncias fenólicas, flavonóides e capacidade antioxidante em ervas sob diferentes coberturas de solo e sombreamento. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 18, p. 588-596, 2016.
19. SUCUPIRA, N. R. SILVA, A. B. PEREIRA, G. COSTA, J.N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. *Journal of Health Sciences*, v. 14, n. 4, 2012.
20. AYDOLA, I. O. et al. Antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibition of field and in vitro grown *Musa L.* species. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 11, n. 2, p. 488-499, 2017.
21. ADEDAYO, Bukola C. et al. Antioxidant and antihyperglycemic properties of three banana cultivars (*Musa* spp.). *Scientifica*, v. 2016, 2016.
22. SAHAA, Repon Karim et al. Medicinal activities of the leaves of *Musa sapientum* var. *elyosteris* in vitro. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, v. 5, n. 6, p. 476-482, 2013.
23. KHONGKHON, Somjet; RUANGNOO, Srisopha; ITTHARAT, Aranyorn. Inhibition of LPS-induced nitric oxide production in RAW 264.7 cell lines, DPPH radical scavenging and total phenolic content of banana (*Musa sapientum*) blossom extracts. *Journal of the Medical Association of Thailand*, v. 100, n. 6, p. 67, 2017.
24. CHOUDHURY, Deep Kr; BARMAN, Trishna; RAJBONGSHI, Jitmani. Qualitative phytochemical screening and GC-MS analysis of *Musa Sapientum* Spadix. *Journal of pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 8, n. 1, p. 2456-2460, 2019.
25. AJAH, Austin Anabuke et al. ANTI-COLITIC ACTION OF METHANOL EXTRACT OF *MUSA SAPIENTUM* (BANANA) PEELS ON ACETIC ACID INDUCED COLITIS IN DIABETIC RATS. *World J Pharm.* Volume 9, Issue 3, 116-130. 2020. DOI: 10.20938/wjpe20203-16827
26. SUMATHY, C. et al. Analgesic activity and phytochemical screening of ethanolic extract of *musa sapientum* on inflammation induced rats. *World journal of pharmaceutical research*, v. 3, p. 4404-4412, 2014.
27. ADEWOYE, E. O.; IGE, A. O. Lipid profile and electrolyte composition in diabetic rats treated with leaf extract of *Musa Sapientum*. *Journal of dietary supplements*, v. 13, n. 1, p. 106-117, 2016.
28. DIKSHIT, Piyush et al. Antihypercholesterolemic and antioxidant effect of sterol rich methanol extract of stem of *Musa sapientum* (banana) in cholesterol fed wistar rats. *Journal of food science and technology*, v. 53, n. 3, p. 1690-1697, 2016.

29. BHINGE, Somnath Devidas et al. In vitro hypoglycemic effects of unripe and ripe fruits of *Musa sapientum*. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 53, 2018.
30. BORAH, Makandam; DAS, Swarnamoni. Antidiabetic, antihyperlipidemic, and antioxidant activities of *Musa balbisiana* Colla. in Type 1 diabetic rats. *Indian journal of pharmacology*, v. 49, n. 1, p. 71, 2017.
31. NAVGHARE, V. V.; DHAWALE, S. C. In vitro antioxidant, hypoglycemic and oral glucose tolerance test of banana peels. *Alexandria journal of medicine*, v. 53, n. 3, p. 237-243, 2017.
32. AL-MAHAMUD, Rahut et al. Variations in oral glucose tolerance is present in different sub-cultivars of fruit skins of *Musa sapientum* L. (banana). *World J Pharm. Res.*, v. 7, n. 18, p. 192-199, 2018. DOI: 10.20959/wjpr201818-13602
33. MORSHED, Md Zakaria; RAHMATULLAH, Mohammed. ORAL GLUCOSE TOLERANCE EFFICACY OF FRUIT SKINS OF *MUSA SAPIENTUM* FROM MUNSHIGANJ AND NARSINGDI DISTRICTS. *World J Pharm. Bangladesh*, 2019. DOI: 10.20959/wjpr20193-14462
34. DARVHEKAR, Vibhav et al. Influence of *Musa sapientum* L. on pharmacokinetic of metformin in diabetic gastroparesis. *Chinese journal of integrative medicine*, v. 22, n. 10, p. 783-788, 2016.
35. RUANGTONG, Jittiporn et al. Green synthesized ZnO nanosheets from banana peel extract possess anti-bacterial activity and anti-cancer activity. *Materials Today Communications*, v. 24, p. 101224, 2020.
36. DAHHAM, Saad Sabbar et al. Antioxidant activities and anticancer screening of extracts from banana fruit (*Musa sapientum*). *Academic Journal of Cancer Research*, v. 8, n. 2, p. 28-34, 2013.
37. AKINLOLU, A. A. et al. *Moringa oleifera* and *Musa sapientum* ameliorated 7, 12-Dimethylbenz [a] anthracene-induced upregulations of Ki67 and multidrug resistance 1 genes in rats. *International Journal of Health Sciences*, v. 15, n. 3, p. 26, 2021.
38. BAYALA, Bagura et al. Antioxidant and antiproliferative activities on prostate and cervical cultured cancer cells of five medicinal plant extracts from Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, v. 14, n. 3, p. 652-663, 2020.
39. EZEA, Blessing O.; OGBOLE, Omonike O.; AJAIYEGBA, Edith O. In vitro antihelmintic properties of root extracts of three *Musa* species. *J. Pharm. Biosciour*, v. 16, n. 2, p. 145-151, 2019.
40. ADITHYIA, G. Manish et al. Assessment of Antihelmintic Activity of Ethanolic Extract of *Musa sapientum* Stem: An In-Vitro Approach. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, v. 9, n. 3, p. 319-324, 2019.
41. LEESOMEBUN, Arporn; BOONMASAWAI, Seokraetia; NISHIKAWA, Yoshifumi. Ethanol extracts from Thai plants have anti-plasmodium and anti-toxoplasma activities in vitro. *Acta parasitologica*, v. 64, n. 2, p. 257-261, 2019.
42. DEKSHIT, Piyush et al. Hepatoprotective effect of stem of *Musa sapientum* Linn in rats intoxicated with carbon tetrachloride. *Annals of hepatology*, v. 10, n. 3, p. 333-339, 2016.
43. GANGWAR, Anil Kumar; GHOSH, Ashoke K. To estimate the anticancer activity of leaves of *Musa sapientum* Linn. by ethanol induced method in rats. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, v. 6, n. 1, p. 53-55, 2014.
44. GOODIES, Moke Emmanri et al. Anti-ulcerogenic Activity of Aqueous Extract of Unripe Fruit of *Musa sapientum* Linn in Combination with Vitamin C on Ulcer Induced Models in Experimental Rats. *European Journal of Medicinal Plants*, p. 1-6, 2017.
45. PHACHARAPYANGKUL, Naphichaya et al. The Ethanol Extract of *Musa sapientum* Linn. Peel Inhibits Melanogenesis through AKT Signaling Pathway. *Cosmetics*, v. 8, n. 3, p. 70, 2021.
46. REDDY, Aditya J. et al. Anticonvulsant and antioxidant effects of *Musa sapientum* stem extract on acute and chronic experimental models of epilepsy. *Pharmacognosy Research*, v. 10, n. 1, p. 49, 2018.
47. REDDY, Aditya Jieldla et al. Effects of *Musa sapientum* stem extract on experimental models of anxiety. *Avicenna journal of phytomedicine*, v. 7, n. 6, p. 495, 2017.

48. SALAKO, Olanrewaju A. et al. Investigation of Antidepressant, Anxiolytic and Sedative Activities of the Aqueous Leaf Extract of *Musa sapientum* Linn. (Banana; Musaceae). *Drug research*, v. 69, n. 03, p. 136-143, 2019.
49. PRAMESWARU, Arlinda Silva et al. The Effectiveness of Ambon Banana Peel Extract (*Musa sapientum*) as Atherosclerosis Prevention through Inhibition of NF- $\kappa$ B and Increased eNOS Expression in Atherogenic Rat Model. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, v. 6, n. 9, p. 114-120, 2017.
50. ISLAM, Muhammad Tarequl. Re-submitting *Musa sapientum* L. sp. *sylvestris* for more phytochemical and pharmacological investigations. *International Journal of Biotech Trends and Technology (IJBT)*, v. 7, 2017.
51. SANTOS, Renata Andreia dos et al. Produção de prodiginina por *Serratia marcescens* UCP 1549 sob fermentação em estado sólido e avaliação do seu potencial antimicrobiano. 2020.
52. MENDONÇA, Adriana Rodrigues dos Anjos (2016). Gel da casca de *Musa sapientum* verde a 10% como cicatrizante de lesões teciduais. Brasil patente BR 10 2016 030105 0 A2.
53. MENDONÇA, Adriana Rodrigues dos Anjos (2020). Pó composto da casca da banana verde (*Musa sapientum*) para tratamento da dermatite perioral. Brasil patente BR 10 2020 013887 1 A2.
54. CHABUCK, Zainab Adil Ghani et al. antimicrobial effect of aqueous banana peel extract, Iraq. *Res. Gate. Pharm. Sci*, v. 1, p. 73-5, 2013.
55. NEDD, GINEL et al. Antimicrobial properties of the fruit pulp of three local fruits: *Morinda citrifolia*, *Persia americana* and *Musa sapientum* in Guyana. *Journal of Biology and Nature*, v. 3, n. 3, p. 87-93, 2015.
56. ABOUL-ENEIN, Ahmed M. et al. Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradisiaca* L.) as antioxidant and antimicrobial agents. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, v. 8, n. 4, p. 46-55, 2016.
57. LINO, Priscila B. et al. Evaluation of post-surgical healing in rats using a topical preparation based on extract of *Musa sapientum* L. Musaceae, spicarp. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 21, p. 491-496, 2011.
58. IMAM, Mohammad Zafar et al. Antioxidant activities of different parts of *Musa sapientum* L. sp. *sylvestris* fruit. *Journal of applied pharmaceutical science*, v. 1, n. 10, p. 68-72, 2011.
59. BASKAR, Ramakrishnan et al. Antioxidant potential of peel extracts of banana varieties (*Musa sapientum*). *Food and Nutrition Sciences*, v. 2, 2011. DOI:10.4236/fns.2011.210151.
60. YOO, Dae Sung et al. Antiaging effects of *musa sapientum* L. (Banana) leaf extract. *KSBB Journal*, v. 31, n. 2, p. 128-134, 2016.
61. KUMAR, Mohan et al. Healing effects of *Musa sapientum* var. *paradisiaca* in diabetic rats with co-occurring gastric ulcer-cytokines and growth factor by PCR amplification. *BMC complementary and alternative medicine*, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2013.
62. JABER, Hwaida et al. Anti-hyperglycemic effect of the aqueous extract of banana infructescence stalks in streptozotocin-induced diabetic rats. *Plant foods for human nutrition*, v. 68, n. 1, p. 83-89, 2013.
63. MPHAIKM, Srisopa Raangnoo. Anti-inflammatory and antioxidant activities of extracts from *Musa sapientum* peel. *J Med Assoc Thai*, v. 95, n. 1, p. S142-S146, 2012.
64. PANDA, Gourahari et al. Investigation of Antidiarrhoeal and Antimotility Activities of Methanolic Extract of *Musa Sapientum* Flowers and Fruit Peels. *American Journal of pharmacy and health research*. 2018.
65. IGE, A. O. et al. Antidermatophytic activities of *Musa sapientum* methanol leaf extract in-vitro. *Microbiology Research Journal International*, p. 1-7, 2015.
66. MISHRA, Ashutosh et al. Diuretic Activity of Alcoholic Extract of *Musa sapientum* L. Flower. *Pharmacognosy Journal*, v. 3, n. 25, p. 91-93, 2011.
67. ADEGOKE, Gbemisola A. et al. Ameliorative effects of *Musa sapientum* peel extract on acetic acid-induced colitis in rats. *The Journal of Basic & Applied Zoology*. V. 77, p. 49-55, 2016.

**ARTIGO 3**

“Avaliação química, antioxidante, antibacteriana contra *Staphylococcus* e toxicidade do extrato bruto hidroalcoólico de *Musa sapientum* Linn.”

A ser submetido a Environmental and Social Management Journal (Revista de Gestão Social e Ambiental e-ISSN: 1981-982X).



## AVALIAÇÃO QUÍMICA, ANTIOXIDANTE, ANTIBACTERIANA CONTRA *Staphylococcus* E TOXICIDADE DO EXTRATO BRUTO ETANÓLICO DE *Musa sapientum* LINN

**Objetivo:** Realizar a bioprospecção química e das atividades antioxidante, antibacteriana contra *Staphylococcus* e da toxicidade de *Musa sapientum* Linn (banana-prata).

**Referencial teórico:** *Staphylococcus* são patógenos oportunistas e emergentes, causadores de diversos problemas de saúde, já apresentaram resistência a vários antibióticos, incluindo os que são utilizados como primeira escolha no tratamento de infecções.

**Método:** *M. sapientum* foram coletados no município de São José de Ribamar em janeiro de 2022. Da casca fresca preparou-se o Extrato Bruto Hidroalcoólico de *M. sapientum* (EBHMS) a partir da maceração com etanol 70%. Foi realizado a fitoquímica do EBHMS, a análise química por CLAE-EM. Avaliou-se a atividade antioxidante pelo método do DPPH e a atividade antibacteriana pelas técnicas de difusão em ágar, pelo método em poço e disco, e por microdiluição para determinar a Concentrações Inibitória Mínima (CIM) e Bactericida Mínima (CBM) contra três amostras de *Staphylococcus*. A toxicidade foi determinada por meio de ensaios com larvas de *Artemia salina* e por hemácias humanas.

**Resultados e conclusão:** A espécie vegetal apresentou metabólitos secundários tais como: taninos, flavonoides, catequinas e saponinas. Na CLAE-EM foi possível identificar ácido cafeoilglucárico; Miricetina 3-(-2"-galoil glucosídeo; Luteolina 3'-metil éter-7-glucuronos-glicuronídeo; Luteolina 5-glicosídeo; Luteolina 5-glicosídeo; Isovitexina; Kaempferol-3-O glucuronosídeo; Rutina; Kaempferol 3-O -rutinoside 7-O-rutinoside; Isorhamnetin 3-O-alpha-beta-galactopyranoside e Sophoraflavanone 6. A concentração eficiente 50% para inibição do DPPH foi de 0,08501±0,0002256g/mL. O EBHMS inibiu o crescimento de todas as amostras de *Staphylococcus* na concentração de 0,1g/mL por difusão em ágar (método em poço), sendo o maior halo de 10,0±1,4 contra *S. aureus* ATCC. Enquanto o método em disco em todas as concentrações do EBHMS inibiu as amostras de *Staphylococcus*, sendo o maior halo de 12,5±0,7 para *S. aureus* 3003. Em relação a CIM e CBM, só apresentou para *S. epidermidis* com 0,00078125g/mL. A concentração letal 50% frente *A. salina* foi de 0,03801604g±0,03641792g/mL e a concentração eficiente 50% para atividade hemolítica foi de 0,05704±0,00263g/mL. Diante do exposto, faz-se importante a busca de novos ativos com atividades biológicas, com ênfase na atividade antibacteriana que é o foco da pesquisa em questão devido à preocupação da capacidade de propagação, resistência e virulência de espécies de *Staphylococcus*.

**Implicações da pesquisa:** A investigação das características de resíduos vegetais que contém propriedades farmacológicas, tem aumentado potencialmente nos últimos anos, principalmente para otimizar o uso do subproduto e especial que apresentem contra agentes microbianos.

**Originalidade/valor:** Amplia a compreensão sobre a sustentabilidade, fornecendo alternativa para uso eficiente de recurso natural, em especial de subproduto que apresenta composto que seja capaz de inibir crescimento bacteriano caracterizando um avanço na saúde pública tanto no quesito médico quanto ambiental.

**Palavras-chave:** Atividades biológicas; Banana; Composição química; Frutos; *Staphylococcus*; Toxicidade.

Environmental and Social Management Journal (RGSA)

## AVALIAÇÃO QUÍMICA, ANTIOXIDANTE, ANTIBACTERIANA CONTRA *Staphylococcus* E TOXICIDADE DO EXTRATO BRUTO ETANÓLICO DE *Musa sapientum* LINN

**Objective:** Carry out chemical bioprospecting and antioxidant and antibacterial activities against *Staphylococcus* and *Musa sapientum* Linn (silver banana) toxicity.

**Theoretical framework:** *Staphylococcus* are opportunistic and emerging pathogens, causing various health problems, and have already shown resistance to several antibiotics, including those used as the first choice in the treatment of infections.

**Method/design/approach** *M. sapientum* were collected in the municipality of São José de Ribamar in January 2022. From the fresh bark, the *M. sapientum* Hydroalcoholic Crude Extract (EBHMS) was prepared from maceration with 70% ethanol. EBHMS phytochemistry, chemical analysis by HPLC-MS was performed. The antioxidant activity was evaluated by the DPPH method and the antibacterial activity by agar diffusion techniques, by the well and disc method, and by microdilution to determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) against three samples of *Staphylococcus*. Toxicity was determined by testing with *Artemia salina* larvae and human red blood cells.

**Results and conclusion:** The plant species presented secondary metabolites such as: tannins, flavonoids, catechins and saponins. In HPLC-MS it was possible to identify caffeoylglucaric acid; Myricetin 3-(-2"-galloyl glucoside; Luteolin 3'-methyl ether-7-glucuronides-glucuronide; Luteolin 5-glucoside; Luteolin 5-glucoside; Isovitexin; Kaempferol-3-O glucuronoside; Rutin; Kaempferol 3-O -rutinoside 7-O-rutinoside, Isorhamnetin 3-O-alpha-beta-galactopyranoside and Sophoraflavanone 6. The 50% efficient concentration for DPPH inhibition was  $0.08501 \pm 0.0002256$  g/mL. EBHMS inhibited the growth of all *Staphylococcus* samples at a concentration of 0.1 g/mL by agar diffusion (well method), with the largest halo of  $10.0 \pm 1.4$  against *S. aureus* ATCC. While the disc method at all concentrations of EBHMS inhibited *Staphylococcus* samples, with the highest halo of  $12.5 \pm 0.7$  for *S. aureus* 3003. Regarding MIC and CBM, it only showed  $0.00078125$  g/mL for *S. epidermidis*. The lethal concentration was 50% against *A. salina* was  $0.03801604 \pm 0.03641792$  g/mL and the 50% efficient concentration for hemolytic activity was  $0.05704 \pm 0.00263$  g/mL ca of new actives with biological activities, with emphasis on the antibacterial activity that is the focus of the research in question due to the concern of the propagation capacity, resistance, and virulence of *Staphylococcus* species.

**Research implications:** The investigation of the characteristics of plant residues that contain pharmacological properties has potentially increased in recent years, mainly to optimize the use of the by-product and special that they present against microbial agents.

**Originality/value:** It broadens the understanding of sustainability, providing an alternative for the efficient use of natural resources, especially a by-product that contains a compound that can inhibit bacterial growth, characterizing an advance in public health in both medical and environmental terms.

**Keywords:** Biological activities; Banana; Chemical composition; Fruits; *Staphylococcus*; Toxicity.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.



## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização humana, já se fazia o uso de plantas como alimento e remédio, através da prática popular que ao longo dos séculos obteve devidas comprovações, as que curavam e aquelas que eram tóxicas ao organismo. A utilização de plantas com caráter medicinal ainda existe no mundo todo e a Organização Mundial de Saúde (OMS) já reconheceu a fitoterapia como prática eficiente e segura (WHO, 2002; SALVAGNINI et al., 2019; ANGÉLICO et al., 2020).

A resistência microbiana tem sido uma ameaça crescente para o tratamento eficaz de infecções, com o crescimento no número de casos, resulta numa menor eficácia do tratamento usual. Existem diversos fatores que impactam na taxa de resistência, tais como a má regulação, o acesso descontrolado, falta de adesão, doses, interrupção precoce, falta de acesso a saneamento, água potável, higiene, prevenção precária de infecções e conhecimento. A partir disso, há o interesse de pesquisadores na avaliação da atividade antibacteriana de plantas medicinais como alternativa de tratamento (WHO, 2020; UKUHOR, 2021).

É evidente que a resistência microbiana é um problema de saúde pública. Estudos apontam que a pandemia da COVID-19 causou uma intensificação na incidência de resistência antimicrobiana que pode ser associada ao uso excessivo e prescrição generalizada, não sendo possível ainda medir o impacto

que isso causará no futuro (LAI et al., 2021).

Uma das alternativas ao desenvolvimento de resistência de microrganismos é a utilização de produtos de composição complexa, como os extratos vegetais. Assim diversos estudos vêm sendo intensificados como uso de extratos obtidos por diversas espécies vegetais e o Brasil se destaca por apresentar uma das maiores biodiversidades do mundo (SILVA et al., 2017).

*Musa sapientum* Linn, é uma espécie arbórea, conhecida popularmente como banana-prata, que produz uma casca mais espessa em relação a outras espécies do mesmo gênero. O Brasil é um dos maiores produtores de *M. sapientum* para exploração econômica de seu fruto que é apreciado na alimentação, sendo sua casca considerado um subproduto. É tradicionalmente utilizada como antibacteriana, antifúngica, anti-helmíntica, anti-inflamatória e cicatrizante. Análises fitoquímicas apontam que os principais metabólitos encontrados na planta são flavonoides, taninos, terpenoides, saponinas e fenóis (IMAM et al., 2011; RAO et al., 2014).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo de realizar a bioprospecção química e das atividades antioxidante, antibacteriana contra *Staphylococcus* e da toxicidade de *M. sapientum*, de forma a contribuir com estudos que possam subsidiar o desenvolvimento de produtos farmacologicamente ativos e diminuir o não aproveitamento de subprodutos da indústria alimentícia.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

### 2.1 Coleta do material vegetal

Os frutos de *M. sapientum* foram coletados no município de São José de Ribamar no estado do Maranhão, em janeiro de 2022. Foi preparada exsicata e realizada a identificação e o registro pelo Herbário do Maranhão (MAR) na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), sendo número do tomo MAR 12495.

### 2.2 Preparação do extrato bruto etanólico e determinação do peso seco

As cascas frescas de *M. sapientum* foram trituradas com auxílio de liquidificador, resultando em uma massa grossa. A partir dessa massa, foi pesado 800g para preparação do Extrato Bruto Hidroalcoólico de *M. sapientum* (EBHMS), por meio da técnica de extração por maceração com álcool a 70%, utilizando o hidromódulo 1:10, durante 10 dias, com agitação diária e sob abrigo da luz. Em seguida, passou por filtração a vácuo e concentrado em evaporador rotativo (FIRMO et al., 2014). O peso seco do EBHMS foi determinado por método gravimétrico, em recipiente previamente pesado, adicionado 3 mL do EBHMS, e submetido a calor para evaporação total do solvente, e a cada meia hora o recipiente era transferido para dessecador e pesado frio até obter o peso constante (BETONI et al., 2006). Esse procedimento foi feito em triplicata

### 2.3 Caracterização química

#### 2.3.1 Triagem fitoquímica

O extrato seco do EBHMS foi submetido a testes fitoquímicos de acordo com a metodologia de Matos (2009). Os testes avaliaram fenóis e taninos (reação com cloreto férrico), flavonoides (teste de variação de pH), esteroides e triterpenos (teste de Liebermann-Burchard) e saponinas (teste de espuma).

#### 2.3.2 Análise química por Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas

O EBHMS foi analisado, utilizando um sistema de Cromatografia Líquida (CL) Shimadzu Prominence, com duas bombas injetor automática Shimadzu LC-20AD (SIL-20A HT). Como fase estacionária, utilizou-se uma coluna C18 Phenomenex Gemini (250 x 4,6mm – 5µm). A fase móvel foi composta por água ultrapura acidificada (0,1% HCOOH) e o metanol de grau HPLC, também acidificado (0,1% HCOOH), a uma vazão de 1,0mL/min, com o gradiente de metanol: 20-100% metanol em 0-35min e 100% em 50min. O volume de injeção foi de 10,0µL. A CL estava acoplado a um Espectrômetro de Massa (Amazon X, Bruker, Massachusetts, EUA) equipado com ionização eletrospray (ESI) e um analisador tipo ion-trap (TI) no modo negativo, sob as seguintes condições: tensão capilar de 5kV, temperatura capilar de 325°C, gás de entrada (N<sub>2</sub>) fluxo de 12L/min, pressão de nebulizador de

nitrogênio a 10. A faixa de aquisição foi m/z 100-1500, com dois ou mais eventos (ARAÚJO et al., 2017).

#### **2.4 Avaliação da atividade antioxidante pelo sequestro do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)**

O método utilizado do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) foi descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Preparou-se solução estoque do EBHMS e em seguida foram obtidas soluções metanólicas em diferentes concentrações (0,1, 0,05, 0,025 e 0,0125 e 0,00625g/mL) das quais se retirou alíquotas de 0,5mL e adicionou-se 3,5mL da solução do DPPH (40µg/mL). Após 30 minutos de reação, ao abrigo da luz em temperatura ambiente, as absorbâncias foram lidas em comprimentos de onda de 517nm em espectrofotômetro ultravioleta visível. O metanol foi utilizado como branco e a solução do DPPH como controle. A porcentagem da atividade sequestradora (%AS) foi calculada pela equação:  $\%AS = 100 \times (A_{\text{controle}} - A_{\text{amostra}}) / A_{\text{controle}}$ . Onde  $A_{\text{controle}}$  é absorbância do controle (solução com DPPH e metanol). E  $A_{\text{amostra}}$  é a absorbância do DPPH na presença do EBHMS. Todos os experimentos foram realizados duas vezes em duplicata.

#### **2.5 Avaliação da atividade antibacteriana**

##### **2.5.1 Microrganismos utilizados no estudo**

Para realização dos testes de atividade antibacteriana, foram utilizados três microrganismos, sendo uma amostra padrão de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), uma amostra clínica de *Staphylococcus aureus* (3003) e uma de *Staphylococcus epidermidis*. As amostras foram cultivadas por 24h a 37°C em meio Ágar Muller-Hinton (AMH) (MISSIAKAS; SCHNEEWIND, 2013).

##### **2.5.2 Técnica de difusão em ágar a partir do poço**

Foram confeccionados poços de 10mm de diâmetros em placas de Petri contendo o meio AMH. Com auxílio de swab estéril, as suspensões bacterianas preparadas em salina estéril com turvações correspondentes a Densidade Óptica (D.O.) 0,08, foram semeadas nas placas. Os poços foram preenchidos com aproximadamente 200µL do EBHMS nas concentrações de 0,1, 0,08 e 0,05g/mL e em seguida as placas foram incubadas em estufa 24h por 37°C. Após o período de incubação, foi medido com uma régua (milímetro) os halos de inibição ao redor dos poços. Para controle positivo, foi utilizado cloranfenicol (30µg/mL) e dimetilsulfóxido (DMSO) a 1% solvente utilizado para diluição do EBHMS, como controle negativo (FIRMO et al., 2014; MIRANDA et al., 2015).

##### **2.5.3 Técnica de difusão em ágar a partir do disco**

Discos de papel de filtro (6mm de diâmetro) estéreis foram embebidos com o EBHMS e depositados sobre as placas de Petri contendo meio de cultura AMH inoculadas com as suspensões de microrganismos correspondente a D.O. de 0,08 preparados em salina. Foi utilizado a concentração de 0,1, 0,08 e 0,05g/mL, diluídos em DMSO a 1% e solução salina. As placas foram incubadas a 24h por 37°C e, transcorrido este período, foram medidos os diâmetros dos halos de inibição do crescimento, quando presentes. Como controle positivo, foi utilizado cloranfenicol (30µg/mL) e como controle negativo, DMSO 1% (FIRMO et al., 2014).

##### **2.5.4 Avaliação da concentração inibitória e bactericida mínima**

A determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) foi realizada através da técnica de microdiluição em microplaca. Sendo assim, foi preparado suspensões microbianas correspondentes a D.O. de 0,08 que foram diluídas em meio de cultura na proporção 1:10. Foi realizado a diluição seriada na proporção de 1:2 do EBHMS com concentração inicial de 0,2g/mL e adição de meio de cultura e 10µL do inóculo bacteriano em placas de 96 poços. O volume final de cada poço foi de 200µL. A microplaca foi incubada a 37°C por 24h. O controle negativo foi o meio de cultura e inóculo e o controle positivo meio de cultura, cloranfenicol (30µg/mL) e inóculo bacteriano, o controle da pureza, o meio de cultura. A revelação do ensaio foi feita pela adição de 30µL de resazurina (0,03%) em cada poço da microplaca, a qual foi incubada novamente por 60 minutos. A CIM foi determinada pela menor concentração do EBHMS onde não houve mudança de coloração do azul para o róseo. Para a Concentração Bactericida Mínima (CBM), uma alíquota de 10µL dos poços que não apresentarem

crescimento microbiano visível foi retirado e inoculada a placa de AMH, que foram incubadas a 37°C por 24h (SANTURIO et al., 2007).

## 2.6 Avaliação da toxicidade

### 2.6.1 Ensaio com *Artemia salina*

O teste de toxicidade utilizando *Artemia salina* foi realizado segundo a metodologia de Meyer et al. (1982), com algumas adaptações. Após a eclosão dos ovos e o tempo para as larvas alcançarem o estágio de metanúplio (24h), as larvas foram transferidas para tubos de ensaio, ficando 10 larvas em cada, contendo 5mL de solução salina e 1mL da solução do EBHMS nas concentrações de 0,1, 0,05, 0,025, 0,0125 e 0,00625g/mL. Como controle positivo utilizou o Dicromato de potássio e o controle negativo, utilizou-se, solução salina e DMSO a 0,01%. Após 24h de contato, contaram-se os animais mortos. O experimento foi realizado em triplicata.

### 2.6.2 Atividade hemolítica

Para o ensaio hemolítico foram obtidas hemácias de humano voluntário e saudável (com nenhum histórico recente de antibioterapia ou uso de drogas anti-inflamatórias e/ou doenças infecciosas ou inflamatórias 3 semanas antes da coleta da amostra). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Ceuma sob o número do parecer: 1.732.522.

O ensaio foi realizado segundo o método de Yang et al. (2005). Coletou-se o sangue e uma alíquota de 4mL foi lavada três vezes com solução salina (0,9%) por centrifugação a 3000rpm, durante 5 minutos, sendo o sobrenadante descartado. Os eritrócitos sedimentados no tubo foram diluídos em solução salina até a obtenção de uma suspensão a 1%. Um volume de 0,5mL desta suspensão de células foi misturado a 0,5mL de soluções contendo concentrações de 0,1, 0,05, 0,0025, 0,0125 e 0,00625g/mL do EBHMS. As misturas foram incubadas a 37°C, com agitação contínua, durante 60 min. As soluções foram, então, centrifugadas a 3000rpm por 5 min. Depois transferidas para uma microplaca para a leitura da absorbância do sobrenadante, que foi medida a 620nm. As suspensões de hemácia acrescidas de solução salina e de água destiladas foram, respectivamente, os controles hemolíticos mínimo e máximo. Para eliminar a interferência do EBHMS na absorbância, foram preparadas soluções controle (branco), não havendo adição da solução de hemácias. Todos os experimentos foram realizados duas vezes em duplicata.

## 2.7 Análise estatística

Utilizou o programa GraphPad Prism® 6 para análises dos dados, na atividade antibacteriana em difusão em ágar foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão, assim como foi realizado o teste de Tukey para significância estatística entre os resultados com  $p < 0,05$ . Os testes que determinaram a concentração eficiente utilizaram-se regressão linear e não linear. Para análise da concentração letal com *A. salina* foi realizada através do teste de Probit através do programa Statistical Package for Social Science versão 28.01.1 (15).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Peso seco e rendimento do extrato

Os constituintes de interesse para análise fitoquímica apresentam solubilidade em mistura hidroalcoólica, desta forma costuma-se empregar esta mistura com maior frequência (SOARES et al., 2016). A concentração obtida do peso seco do EBHMS, sendo 21,07mg/mL, foi utilizada para realização dos ensaios biológicos. O bom rendimento obtido no extrato hidroalcoólico, determinado por 94,5%, deve-se ao fator da polaridade conferindo uma melhor propriedade extrativa corroborando com pesquisa realizada por Ribeiro et al. (2019) que apresentaram um bom rendimento a partir da extração utilizando o etanol, mostrando a capacidade extrativa de compostos provenientes da casca de *Musa* spp.

### 3.2 Caracterização fitoquímica

O metabolismo das plantas é dividido em dois tipos, sendo o metabolismo primário no qual caracteriza os glicídios, protídios e lipídios contribuindo para a bioquímica e o metabolismo secundário que são descritos os compostos pertencentes a química de produtos naturais, sendo eles os terpenos,

alcaloides, glicosídeos. A composição química de um extrato pode ser conhecida através de testes qualitativos rápidos e de baixo custo, verificando as possíveis classes de metabólitos secundários de interesse (MATOS, 1997).

Pela análise fitoquímica, foi possível identificar classes de metabólitos secundários de interesse farmacológico presente no extrato em estudo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Perfil fitoquímico do extrato hidroalcoólico de *Musa sapientum* L.

| Metabólitos secundários        | Resultados |
|--------------------------------|------------|
| Fenois                         | +          |
| Taninos condensados            | +          |
| Flavonoides                    | +          |
| Antocianidinas e antocianidas  | -          |
| Flavonas, xantonas e flavonois | +          |
| Chalconas e auronas            | -          |
| Leucoantocianidinas            | -          |
| Catequinas                     | +          |
| Flavononas                     | +          |
| Triterpenos                    | +          |
| Esteroides                     | -          |
| Saponinas                      | +          |

Presença: (+); Ausência: (-)

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Alguns dos metabólitos secundários observado na casca do fruto do presente estudo, tais como fenois e taninos também foram relatados por Zafar (2011), Ehiowemwenguan (2014) e Siddique (2018). Para Souza et al. (2019), esses compostos podem ser encontrados em folhas e cascas de frutos e apresentarem atividades antidiarreica, homeostática e antibacteriana.

O EBHMS apresentou resultado positivo para flavonas, flavonois, xantonas e catequinas. No estudo desenvolvido por Santos e Rodrigues (2017), a catequina é reportada um composto que possui atividades conhecidas, tais como antioxidante, anti-inflamatória, antiviral e antimicrobiana. A ação antioxidante é atribuída pela atuação como agentes redutores, minimizando os efeitos causados pelos radicais livres (AMARAL et al., 2018). Os flavonoides favorecem à diminuição considerável da ocorrência de patologias, tais como infarto, trombose, entre outras (ZHAO et al., 2017).

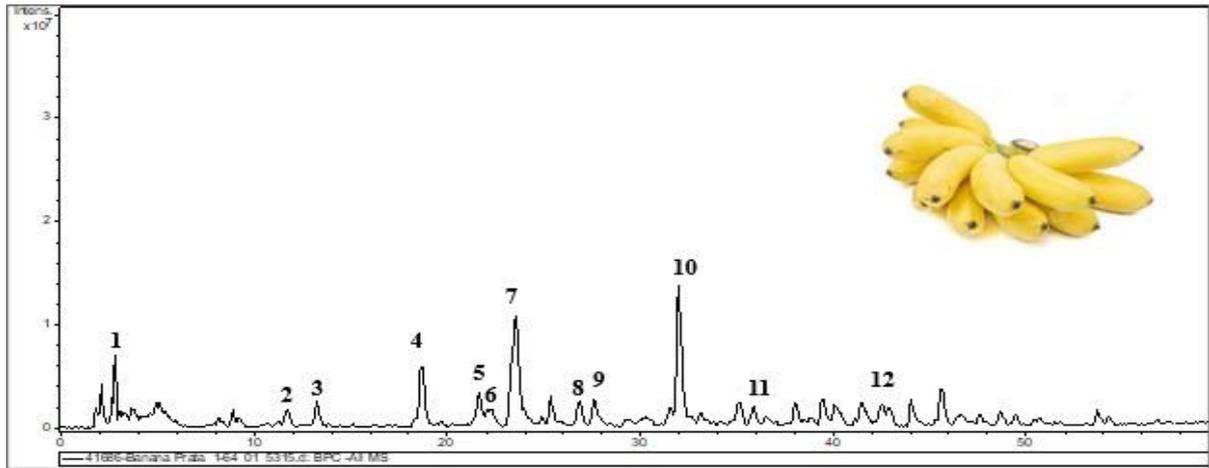
Os triterpenoides apresentam atividades anti-inflamatória, antibacteriana, antiviral e analgésica (DZUBAK et al., 2006). Esse resultado foi correlacionado com pesquisas anteriores que confirmam a presença de triterpenos e esteroides na espécie vegetal *M. sapientum* (ZAFAR et al., 2011; SIDDIQUE et al., 2018).

A presença de saponina corrobora com os estudos realizados por Zafar et al. (2011), Siddique et al. (2018) e Puraikalan et al. (2018) e as saponinas destacam-se por ter ação expectorante, diurética e antiplaquetária (SIEDENTOPP, 2008; REZENDE et al., 2021).

#### 4.3 Caracterização química por Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas

Na análise do cromatograma obtido por CL/UV em fase reversa do extrato hidroalcoólico das cascas de *M. sapientum*, observou-se vários picos com tempo de retenção baixos, caracterizando substâncias polares, com característica de açúcares. Considerando a prospecção fitoquímica realizada nesse extrato, foram identificados presença de fenois em geral pelo teste com cloreto férrico e de flavonoides, que forma um tipo de metabólitos fenólicos, nos testes de variação de pH.

Visando identificar esses componentes fenólicos identificados e caracterizar essas substâncias de alta polaridade no cromatograma de CL/UV, foi realizado a CL/EM, em modo de ionização negativo, fase reversa, obtendo o cromatograma presente na Figura 1.



**Figura 1.** Cromatograma do extrato hidroalcoólico de *Musa sapientum* L., obtido por CL/EM.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Observou-se vários picos no cromatograma com tempos de retenção de 2 a 50 minutos. A análise dos espectros de massa obtidos, permitiu identificar 10 compostos, todos pertencentes à classe fenólica, sendo 9 flavonoides e um ácido fenólico. Dos flavonoides, 8 estão glicosilados e um apresentando uma unidade isoprênica que foi exatamente o menos polar, caracterizando um meroterpeno flavonoídico. Todos os glicosídeos flavônicos encontrados no extrato analisado foram O-glicosídeos, com exceção de um que é C-glicosídeo. A substância, com o menor TR identificado, foi um ácido fenólico simples. A identificação desses componentes, sendo majoritariamente formado por glicosilados, coincide com os achados da CL-UV. Todas as substâncias identificadas no EBHMS e seus fragmentos mais importantes encontram-se descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Substâncias identificadas e os principais fragmentos do extrato hidroalcoólico das cascas de *Musa sapientum* L. obtidos por CL/EM.

| ID | TR (min) | [M-H] (m/z) | MS/MS (m/z) | Identificação proposta                              |
|----|----------|-------------|-------------|---|
| 1  | 2,4      | 371         | 191         | Caffeoylglucaric acid                               |
| 2  | 11,9     | 631         | 325         | Myricetin 3-(-2''-galoil glucoside                  |
| 3  | 13,3     | 651         | 443         | Luteolin 3'-methyl ether-7-glucuronosil-glucuronide |
| 4  |          |             |             | NI*   |
| 5  |          |             |             | NI*   |
| 6  | 22,2     | 447         | 269         | Luteolin 5-glucoside                                |
| 7  | 23,5     | 431         | 153         | Isovitexin  |
| 8  | 27,1     | 461         | 149         | Kaempferol-3-O glucuronoside                        |
| 9  |          |             |             | NI*   |
| 10 | 32       | 609         | 301         | Rutine  |
| 11 | 36,1     | 623         | 315; 185    | Isorhamnetin 3-O-alpha-beta-galatopyranoside        |
| 12 | 42,7     | 423         | 299         | Sophoraflavanone 6                                  |

\*Não identificado

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

As substâncias, presentes no EBHMS que foram identificadas através da análise de seu espectro de massa, foram: ácido cafeoilglucárico; Miricetina 3-(-2''-galoil glucosídeo; Luteolina 3'-metil éter-7-glucuronos-glicuronídeo; Luteolina 5-glicosídeo; Luteolina 5-glicosídeo; Isovitexina; Kaempferol-3-O glucuronosídeo; Rutina; Kaempferol 3-O -rutinoside 7-O-rutinoside; Isorhamnetin 3-O-alpha-beta-galatopyranoside e Sophoraflavanone 6.

Os flavonoides apresentam dois anéis aromáticos e uma cadeia de 3 carbonos intermediária (C<sub>6</sub>C<sub>3</sub>C<sub>6</sub>). Essa cadeia intermediária pode apresentar-se aberta como nas chalconas ou fechada,

normalmente formando anel pirano. Os flavonoides mais comuns apresentam essa configuração, denominada fenilbenzopirano. Dentre os flavonoides que apresentam a cadeia de 3C fechada, pode-se observar vários padrões como presença de carbonila em C4 e dupla ligação entre C2-C3. Essas diferenças em sua estrutura permitem dividir os flavonoides em vários subgrupos, destacando-se: flavonas, flavonóis, flavanonas, flavanóis, isoflavonas e antocianidinas (SIMÕES et al., 2017). No extrato da casca de *M. sapientum*, foram identificados flavonoides com estas estruturas fundamentais, sendo a maioria classificado como flavonas e apenas um é da subclasse das flavanonas.

Sophoraflavanone (13) é da classe das flavononas, pois apresentam carbonila no carbon C4 mas não apresentam dupla entre C2 e C3. Esse flavonoide, em particular, apresenta duas unidades isoprênicas ligada ao C9, o que o caracteriza como um meroterpeno, ou seja, substâncias de várias classes que apresentam unidades isoprênicas ligadas. Meroterpenos com flavonoides não são comuns na natureza, sendo esta a primeira citação desses compostos para a casca de *M. sapientum*.

Os resultados demonstraram a presença de 2 glicosídeos derivados da luteolina que é um flavonoide da classe das flavonas, apresentando carbonila no C4 e dupla entre os C2 e C3. Os glicosídeos da luteolina identificados foram luteolin 3'-methyl ether-7-glucuronosil-glucuronide e luteolin 5-glucoside com tempos de retenção de 13,3 e 22,5 minutos, respectivamente. O luteolin 3'-methyl ether-7-glucuronosil-glucuronide é um glicosídeo de estrutura complexa como presença de hidroxila metoxilada no anel B e duas unidades de açúcar ligados com ligação C-O no C7 do anel A. Ho e Wong (2021) citaram a existência de um glicosídeo similar no estíma do milho (*Zea mays*) que apresenta uma unidade a mais de açúcar. A luteolin 5-glucoside é mais comum na natureza. Glenne e Harbone (1971) relataram a presença desse composto nas sementes de *Gulega officinalis* L., uma leguminosa. Geibel e Feucht (1991) demonstraram a presença de vários flavonoides glicosilados, com a unidade de açúcar ligado com C5 na casca de *Prunus cerasus*, inclusive a luteolin 5-glucoside. Este composto o também foi identificado na espécie *Hypericum perforatum* no estudo de Dias et al. (1991). Outros autores também já isolaram esse flavonoide de outras espécies (HARBONE, 1967; ROBERT; HAYNES, 1995; KAROTROPAK et al., 2022), no entanto não há descrição dela para *M. sapientum*.

Flavonoides ligados a unidade galoil e glicosilados já vem sendo relatados para a espécie *Acacia farnesiana*, sendo derivadas de narigenina, quercetina e myricetina (BARAKAT et al., 1999). A myricetina ligada ao galoil e a açúcar deste trabalho foi diferente da myricetin 3-(-2''-galoil glucoside), isolado do extrato da casca da *M. sapientum*, neste trabalho. A myricetina é também pertencente a classe das flavonas e podem apresentar diversos derivados como este que foi identifica nesse trabalho. Este derivados de myricetina, myricetin-3-O-(2''-O-galloyl) glucoside, foi isolado de *Periandra dulcis* por Nechi e Tabak (2013). Nesse trabalho, os autores especificaram o tempo de retenção de 22,5 minutos, massa molecular de 631 (M-H) e fragmentos em 479 e 319 m/z. O tempo de retenção não pode ser comparado pois as condições experimentais dos métodos foram diferentes, mas a massa molecular foi a mesma determinada nesse trabalho, onde foi detectado MS/MS de 315 semelhante a um dos picos do trabalho anterior.

O ácido caféico é um polifenol da classe dos ácidos fenólicos, fenóis simples, sendo comum em várias espécies vegetais isolados ou em conjunto com outras estruturas (SIMÕES et al., 2017). No extrato estudado, foi identificado um derivado denominado como ácido cafeoilglucaric, tendo sido a substância com menor tempo de retenção na coluna cromatográfica.

A rutina, um glicosídeo flavônico, que apresenta como aglicona a quercetina, também foi identificado no EBHMS. Tanto a rutina como a quercitina já foram descritos no fruto de diversas espécies de bananeira (DONG; HU; XIE, 2016). Neste estudo, os autores isolaram outros flavonoides que não foram identificados neste trabalho como cianidina-3-O-glicosídeo, catequinas, epicatequina, galocatequinas, além do fenol simples ácido gálico. Esses compostos não foram identificados neste estudo, exceto a rutina. Estes autores avaliaram várias variedades de banana e verificaram a presença desses flavonoides durante todo o desenvolvimento do fruto, sendo que apenas a epicatequina e rutina não foram identificados em todos as etapas do estudo, os autores também demonstraram esses compostos fenólicos apresentam atividade antioxidante que valoriza esse fruto como um alimento funcional.

A rutina já foi submetida a diversos estudos de atividade biológica tendo sido detectados antimicrobiana, vasoprotetora, citoprotetora e cardioprotetora (SCHNEIDER et al., 2015; TONET et al., 2019).

A isovitexina, correspondente ao pico 7, foi identificada nas cascas de *M. sapientum* no nosso

estudo, no entanto não há registro desse flavonoide glicosilado da subclasse flavone, em espécies do gênero *Musa*. Há registro em alguns trabalhos, mas identificadas em outras espécies como *Cepropia hololeuca* (MATIAS; OLIVEIRA, 2019), *Piptadenia gonoacantha* (CARVALHO et al., 2010), *Echinodorus grandiflorus* (DELLAMORA et al., 2014) dentre outras.

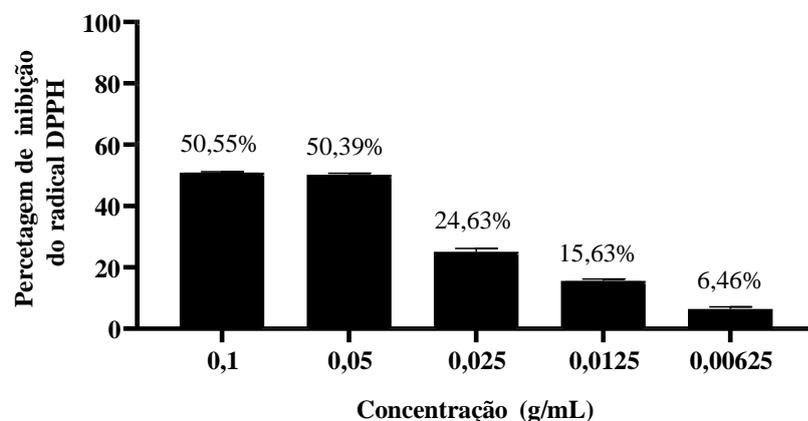
A flavona kaempferol é muito comum no reino vegetal tanto na forma livre como conjugadas a outras moléculas, destacando a união com açúcares, formando a forma glicosilada. No extrato analisado, foi identificado o glicosídeo kaempferol-3-O glucuronoside, sendo apresentado por apenas uma molécula de monossacarídeo e a segunda apresenta duas cadeias de açúcares, cada uma como dois monossacarídeos.

#### 4.4 Avaliação da atividade antioxidante

Os testes que englobam avaliação da atividade antioxidante têm se tornado ferramentas usuais e necessárias para a seleção de substâncias que possam ser utilizadas para produzir um bioproduto, auxiliando os pesquisadores quanto à avaliação das substâncias isoladas de produtos naturais e podem influenciar na escolha das espécies para estudo químico e farmacológico, comprovando a presença de capacidade antioxidante (PIRES et al., 2017).

O DPPH é um radical livre estável que geralmente é usado como substrato para avaliação da atividade antioxidante de um composto, aceitando um radical de elétron ou hidrogênio para se tornar uma molécula estável (HOSSAIN et al., 2011).

Observou-se que na concentração de 0,1g/mL e 0,05g/mL a capacidade sequestradora de radicais do DPPH, tem uma ação média acima de 50% de absorbância, indicando assim um potencial de atividade antioxidante. Na Figura 2, é possível verificar que o valor da CE<sub>50</sub> foi de 0,08501 ± 0,0002256g/mL.



CE<sub>50</sub>: 0,08501 ± 0,0002256g/mL

**Figura 2.** Atividade sequestradora do DPPH do extrato hidroalcoólico de *Musa sapientum* L.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Na pesquisa de Mpharm et al. (2012) extrato hidroalcoólico da casca seca de *M. sapientum* apresentou atividade antioxidante com CE<sub>50</sub> de 7,33 ± 0,55 μg/mL utilizando o DPPH. Para Dahham et al. (2015) o extrato hidroalcoólico de *M. sapientum* no teste antioxidante utilizando o DPPH, apresentou o valor de CE<sub>50</sub> de 19,10 μg/mL. Imam et al. (2011) relatam que a casca e a polpa de *M. sapientum* na capacidade sequestradora de radicais do DPPH apresentaram CE<sub>50</sub> acima de 5000 μg/mL.

Os fitoquímicos presentes no extrato, principalmente os compostos fenólicos, flavonoides e taninos, podem ser responsáveis pela atividade antioxidante, corroborando com a pesquisa de Imam et al. (2011) e Siddique et al. (2018).

#### 4.5 Avaliação da atividade antibacteriana

Nos ensaios de difusão em ágar pelo método do poço, verificou-se que o EBHMS não inibiu em

todas as concentrações testadas os microrganismos em estudo (Tabela 3), entretanto na concentração 0,1g/mL as espécies de *Staphylococcus* foram inibidas, sendo a amostra *S. aureus* ATCC a que mais sofreu inibição pelo extrato com halo 10,0±1,4mm. Não houve diferença significativa entre a inibição do crescimento das bactérias e as concentrações testadas.

**Tabela 3.** Atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico de *Musa sapientum* L. por difusão em ágar pelo método do poço contra *Staphylococcus*.

| Concentrações      | Microrganismos              |                       |                       |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                    | <i>S. aureus</i> ATCC 25923 | <i>S. aureus</i> 3003 | <i>S. epidermidis</i> |
| 0,1g/mL            | 10,0±1,4 <sup>a</sup>       | 9,5±1,4 <sup>a</sup>  | 9,0±1,4 <sup>a</sup>  |
| 0,08g/mL           | 9,5±0,7 <sup>a</sup>        | ND                    | ND                    |
| 0,05g/mL           | ND                          | ND                    | ND                    |
| Controle positivo* | 46,5±2,1 <sup>b</sup>       | 40,0±2,8 <sup>b</sup> | 41,0±2,8 <sup>b</sup> |

Resultados representam médias e desvio padrão do experimento realizado em duplicata. Letras diferentes na mesma linha e coluna, são considerados significativo pelo teste de Tukey. Halos expressos em mm. \*Cloranfenicol (30µg/mL). ND: Não foi identificado formação de halo.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Em contrapartida, dos resultados pelo método do poço, a realização da técnica do disco, foi possível observar a inibição de todas as bactérias testadas nas concentrações utilizadas. Sendo a concentração 0,1g/mL a mais ativa contra os todos microrganismos. Não houve diferença significativa entre a inibição do crescimento das bactérias e as concentrações testadas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico de *Musa sapientum* L. por difusão em ágar pelo método em disco contra *Staphylococcus*.

| Concentrações      | Microrganismos              |                       |                       |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                    | <i>S. aureus</i> ATCC 25923 | <i>S. aureus</i> 3003 | <i>S. epidermidis</i> |
| 0,1g/mL            | 11,0±1,4 <sup>a</sup>       | 12,5±0,7 <sup>a</sup> | 10,5±0,7 <sup>a</sup> |
| 0,08g/mL           | 10,5±1,4 <sup>a</sup>       | 12,0±1,4 <sup>a</sup> | 10,0±1,4 <sup>a</sup> |
| 0,05g/mL           | 10,0±0,7 <sup>a</sup>       | 11,0±1,4 <sup>a</sup> | 9,0±1,4 <sup>a</sup>  |
| Controle positivo* | 42,5±2,1 <sup>b</sup>       | 39,0±1,4 <sup>b</sup> | 32,5±3,5 <sup>b</sup> |

Resultados representam médias e desvio padrão do experimento realizado em duplicata. Letras diferentes na mesma linha e coluna, são considerados significativo pelo teste de Tukey. Halos expressos em mm. \*Cloranfenicol (30µg/mL).

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Ehiowemwenguan et al. (2014) observaram que o extrato hidroalcoólico de *M. sapientum* inibiu *S. aureus*, com uma zona de 8mm nas concentrações de 1025 e 512,5mg/mL. Fagbemi et al. (2009) relataram em seu trabalho a atividade antimicrobiana do extrato hidroalcoólico de *M. sapientum* contra todos os microrganismos testados, incluindo *S. aureus*, com diâmetros variando entre 8 a 31mm de inibição. No estudo de Venkatesh et al. (2013), foi evidenciado um nível significativo de inibição bacteriana contra *S. aureus* (17,44±0,50mm) do extrato hidroalcoólico de banana.

Os resultados encontrados de atividade antibacteriana da banana-prata estão de acordo com estudos anteriores tais como o de Zafar et al. (2011) que relataram em seu estudo o extrato metanólico da casca de *M. sapientum* mostrou atividade contra *S. aureus* com uma zona de inibição de 8mm, assim como Saha et al. (2013) também mostraram uma zona de inibição de 11mm contra *S. aureus* a partir do extrato metanólico de *M. sapientum*. Nedd et al. (2015) através do extrato hidroalcoólico de *M. sapientum* encontraram uma zona de inibição de 11,75mm contra *S. aureus*.

Apesar desses resultados promissores por difusão em ágar, na técnica de microdiluição, não foi possível determinar a CIM para os isolados *S. aureus* ATCC 25923 e *S. aureus* 3003, apenas para o isolado *S. epidermidis* (0,00078125g). A partir da CIM, foi realizado a CBM e constatou-se que para

essa amostra sugere-se que o EBHMS possui ação bacteriostática.

O extrato hidroalcoólico da casca da banana proveniente da pesquisa de Ehiowemwenguan et al. (2014) apresentou CIM de 512,5mg/mL contra *S. aureus* corroborando com o resultado encontrado por Fagbemi et al (2009).

Quanto à comparação dos métodos e diferentes resultados expostos, as três metodologias possibilitaram a visualização inibitória do extrato quanto utilizado em maiores concentrações, porém houve diferença no método de difusão em ágar pela técnica de poço e microdiluição para técnica de CIM. A ausência de visualização da inibição não significa necessariamente que o extrato seja ineficaz contra determinada espécie de microrganismo, principalmente por apresentar resultado positivo nas três técnicas, mas sim que a difusão exposta não foi completa, em especial para os compostos que apresentam menos polaridade e se difundem lentamente no meio de cultura (BONA et al., 2014).

#### 4.6 Avaliação da toxicidade

Algumas plantas podem apresentar toxicidade devido aos metabólitos secundários presentes, que a partir do consumo ou contato prévio com esses vegetais podem ocasionar alterações fisiológicas. Dessa forma, o uso popular das plantas não as certifica como eficazes e seguras, pois é dependente da quantidade, ou seja, a partir da Dose Letal 50 (DL<sub>50</sub>), o modo de preparo ou parte de determinada planta podem ser tóxicas (CAMPOS et al., 2016).

Diante disto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA) publicou, em 24 de Fevereiro de 2000, a Resolução n° 17 que determina que os medicamentos fitoterápicos precisam ser submetidos a análises pré-clínicas e ensaios clínicos toxicológicos e farmacológicos a fim de assegurar a segurança dos fitomedicamentos (BRASIL, 2000).

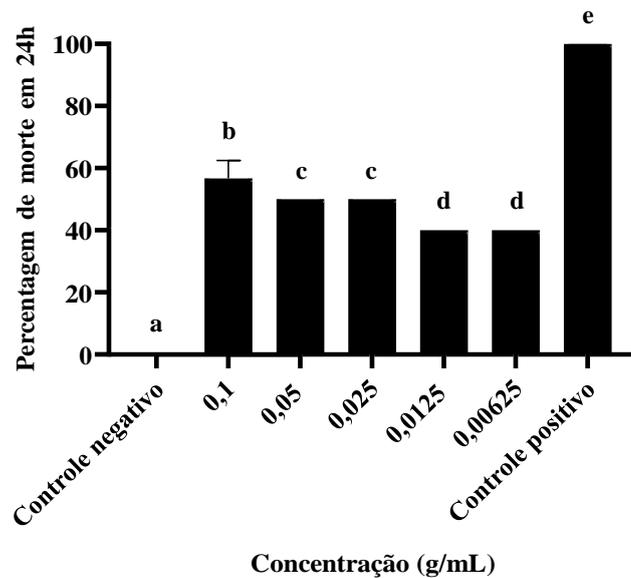
Os testes não clínicos são importantes na triagem do estudo de uma planta, podendo ser realizados testes *in vivo* e *in vitro* (OLIVEIRA et al., 2013). Como os modelos experimentais alternativos, utilizou-se *A. salina* e hemácias humanas, nesse estudo.

*A. salina* (Leach, 1819) é um microcrustáceo utilizado para alimentação de peixes devido ao valor nutricional. A vantagem de sua utilização em ensaios de toxicidade é pelo custo-benefício, rapidez, fácil manuseio, adaptável em condições ambientais adversas, podendo estimar a Concentração Letal (CL<sub>50</sub>) (PERCORARO et al., 2021).

Dessa forma, o EBHMS foi testado entre 0,1 e 0,00625g/mL, e apresentou uma CL<sub>50</sub> de 0,03801604g±0,03641792g/mL (R<sup>2</sup> = 0,860). Na Figura 3 encontra-se os dados da percentagem de morte em 24h nas determinadas concentrações. É possível também observar que com a diminuição da concentração do EBHMS a percentagem de morte é menor, além de que houve diferença significativa entre algumas concentrações.

Além da relação estabelecida por Meyer et al. (1982), a qual afirma que valores acima de 1000µg/mL e não havendo morte acima de 50% são atóxicos, enquanto, Merino et al. (2015), classificou os valores de CL<sub>50</sub>, sendo que CL<sub>50</sub> inferiores 100µg/mL são considerados altamente tóxicas, valores entre 100 e 500µg/mL são moderadamente tóxicas, entre 500 e 1000µg/mL são levemente tóxicas e acima de 1000µg/mL apresentam baixa toxicidade.

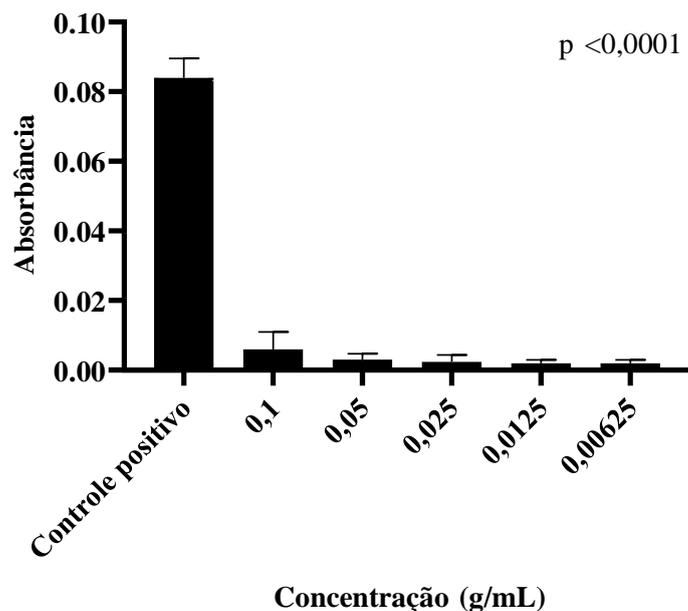
O valor da CL<sub>50</sub> encontrado no presente estudo apresentam baixa toxicidade. Esse resultado testifica o estudo produzido por Zafar et al. (2011), que consideraram que a casca de *M. sapientum* tem baixa toxicidade frente *A. salina*.



**Figura 3.** Avaliação da toxicidade do extrato hidroalcoólico de *Musa sapientum* L. frente *Artemia salina*. Letras diferentes entre as colunas, são considerados significativo pelo teste de Tukey. Controle negativo: Solução salina e DMSO. Controle positivo: Dicromato de potássio.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

A avaliação de atividade hemolítica é considerada um indicador de toxicidade geral e bioatividade, sendo de suma importância na investigação da ação do composto sobre o sangue (FRANÇA, 2020). Quando há uma ruptura do eritrócito com liberação de hemoglobina ocorre a hemólise, essa hemoglobina livre no plasma é prejudicial à saúde, podendo causar danos aos órgãos vitais, assim é necessário a observação desta atividade (BEDNARCZUK et al., 2010).

Em relação à toxicidade sobre hemácias, observou-se que a hemólise apresentada nas concentrações testadas é muito baixa em comparativo com o controle positivo (Figura 4) com significância estatística ( $p < 0,0001$ ), ou seja, os resultados mostram que o extrato não causa ruptura na membrana das hemácias, além disso a  $CE_{50}$  foi  $0,05704 \pm 0,00263$ g/mL.



**Figura 4.** Atividade hemolítica do extrato hidroalcoólico de *Musa sapientum* L.

Controle positivo: Triton X.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Alguns estudos indicam que determinados compostos isolados de plantas, tais como taninos e fenóis, são capazes de promover hemólise (VO et al., 2017). De acordo com Oliveira et al. (2011), saponinas também são conhecidas por apresentarem atividade hemolítica *in vitro* e bem como na pesquisa realizada por Menas Valdes et al. (2015) que quantificou a saponina presente para verificar a relação hemolítica. Apesar do EBHMS apresentar esses compostos, a atividade hemolítica foi mínima, pois é a concentração dos compostos que influenciam na capacidade de causar hemólise.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao fácil acesso e à eficiência que várias espécies vegetais apresentam na busca da cura de doenças, observou-se que fruto utilizado no presente trabalho é empregue pela população buscando a cura de processos infecciosos. Diante do exposto, faz-se importante a busca de novos ativos com atividades biológicas, com ênfase na atividade antibacteriana que é o foco da pesquisa em questão devido à preocupação da capacidade de propagação, resistência e virulência de espécies de *Staphylococcus*.

A análise fitoquímica revelou os compostos metabólicos secundários de *M. sapientum* que são importantes para aplicações terapêuticas. Esses compostos são potencialmente ativos em modelos biológicos. Nesse trabalho, EBHMS apresenta composição complexa, destacando os componentes fenólicos e demonstrou grande poder antioxidante e foram ativos contra *Staphylococcus*, possuindo efeito bacteriostático contra *S. epidermidis*. O extrato estudado não demonstrou toxicidade para *A. salina* e nem hemácias humanas. Esses resultados mostram o potencial para desenvolvimento de fitomedicamentos, diminuindo a produção desses subprodutos da indústria alimentícia, necessitando, para isso estudos complementares.

## REFERÊNCIAS

- Ajah, Austin Azubuike et al. Anti-colitic action of methanol extract of *Musa sapientum* (banana) peels on acetic acid induced colitis in diabetic rats. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2020 DOI: 10.20959/wjpr20203-16827.
- Amaral, Ana Beatriz; Silva, Marcondes Viana da; Lannes, Suzana Caetano da Silva. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors—a review. *Food Science and Technology*, v. 38, p. 1-15, 2018.
- Amparo, Tatiane Roquete et al. Métodos para avaliação *in vitro* da atividade antimicrobiana de plantas medicinais: a necessidade da padronização. *Infarma*, v. 30, n. 1, p. 50-9, 2018.
- Angélico, Elissandra Couras et al. Avaliação das atividades antibacteriana e antioxidante de *Croton heliotropiifolius* Kuntze e *Croton blanchetianus* Baill. 2011.
- Araujo, Sandra Alves et al. In vitro anthelmintic effects of *Spigelia anthelmia* protein fractions against *Haemonchus contortus*. *PloS one*, v. 12, n. 12, p. e0189803, 2017.
- Bednarczuk, V. O. et al. Tests *in vitro* and *in vivo* used in the toxicological screening of natural products. *Visão Acadêmica*, v. 11, n. 2, p. 43-50, 2010.
- Betoni, J. E. C.; Mantovani, R. P.; Barbosa, I. N.; Di Stasi, I. C.; Fernandes Júnior, A. Synergism between plant extract and antimicrobial drugs used on *Staphylococcus aureus* diseases. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 101, p. 387-390, 2006.
- Bona, Eliana Almeida Mira De et al. Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e

etanólicos. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 81, p. 218-225, 2014.

Brand-williams, w.; Cuvelier, m.e.; Berset, c. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol.*, v.28, p.25-30, 1995.

Brasil. Resolução da diretoria colegiada nº17 de 24 fev. 2000. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos. Diário Oficial da União. 25 fev. 2000.

Campos, S. C. et al. Toxicidade de espécies vegetais. *Revista Brasileira de plantas medicinais*, v. 18, p. 373-382, 2016.

Chandraj, s.; Mythily, r.; chidan, Kumar cs. Extraction, isolation and identification of sugars from banana peels (*Musa sapientum*) by HPLC coupled LC/MS instrument and TLC analysis. *J. hem. Pharm. Res*, v. 3, n. 3, p. 312-321, 2011.

De souza, Carla Giselly et al. Fatores antinutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. *Pubvet*, v. 13, p. 166, 2019.

Da silva, Livia Ribeiro et al. Bioativos antimicrobianos produzidos por fungos endofíticos associados a plantas do Semiárido. *Revista Ciência Agrícola*, v. 16, p. 5-7, 2018.

Dahham, Saad Sabbar et al. Antioxidant activities and anticancer screening of extracts from banana fruit (*Musa sapientum*). *Academic Journal of Cancer Research*, v. 8, n. 2, p. 28-34, 2015.

Dzubak P, Hajduch M, Vydra D, Hustova A, Kvasnica M, Biedermann D, Markova L, Urban M, Sarek J. Pharmacological activities of natural triterpenoids and their therapeutic implications. *Nat Prod Rep*. 2006 Jun;23(3):394-411. doi: 10.1039/b515312n. Epub 2006 May 3. PMID: 16741586.

Ehiowemwenguan, g.; Emoghene, a. O.; Inetianbor, j. E. Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel. *Iosr J Pharm*, v. 4, n. 8, p. 18-25, 2014.

Esan, Adewale M. et al. Comparative effects of gibberellic acid, salicylic acid and *Bacillus subtilis* on oxidative stress marker and antioxidant potential of *Musa sapientum* Linn. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, v. 55, n. 5, p. 549-563, 2022.

Fagbemi, Josephine F. et al. Evaluation of the antimicrobial properties of unripe banana (*Musa sapientum* L.), lemon grass (*Cymbopogon citratus* S.) and turmeric (*Curcuma longa* L.) on pathogens. *African Journal of Biotechnology*, v. 8, n. 7, 2009.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4. ed. Parte II/2º fascículo. São Paulo: Atheneu, 2000.

Firmo, w.c.a.; Miranda, m.v.; Coutinho, g.s.l.; Silveira, l.m.s.; Olea, r.s.g. Estudo fitoquímico e avaliação da atividade antibacteriana de *Lafoensia pacari* (Lythraceae). *Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde*, v.20, n.1, p.7-12, 2014.

França, Flávia Dayrell. estudos de toxicidade in vitro de compostos naturais e sintéticos no ceunes/ufes. *Health and Biosciences*, v. 1, n. 1, p. 11-13, 2020.

Hossain, M. Sarowar et al. Antidiarrheal, antioxidant and antimicrobial activities of the *Musa sapientum* Seed. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, v. 3, n. 2, p. 95, 2011.

Imam, Mohammad Zafar et al. Antioxidant activities of different parts of *Musa sapientum* L. ssp. *silvestris* fruit. *Journal of applied pharmaceutical science*, v. 1, n. 10, p. 68-72, 2011.

Koo, h.; Rosalen, p.l.; Cury, j.a.; Ambrosano, g.m.; Murata, r.m.; Yatsuda, r.; Ikegaki, m.; Alencar,

- s.m.; Park, y.k. Effect of a new variety of *Apis mellifera* própolis on mutans *Streptococci*. *Curr Microbiol.* v. 41, p.192-196, 2000.
- Lai, Chih-Cheng et al. Increased antimicrobial resistance during the COVID-19 pandemic. *International journal of antimicrobial agents*, v. 57, n. 4, p. 106324, 2021.
- Matos, F.J.A. Introdução à fitoquímica experimental. 3ª ed. Fortaleza. Editora da UFC; 2009.
- Mena valdés, Licet et al. Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L.(jaboncillo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, v. 20, n. 1, p. 106-116, 2015.
- Merino, F. J. Z. et al. Análise fitoquímica, potencial antioxidante e toxicidade do extrato bruto etanólico e das frações da espécie *Senecio westermanii* Dusén frente à *Artemia salina*. *Revista brasileira de plantas medicinais*, v. 17, p. 1031-1040, 2015.
- Meyer, B. N. et al. *Brine shrimp*: a convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta medica*, v. 45, n. 05, p. 31-34, 1982.
- Miranda, J. A. L.; ROCHA, J. A.; ARAÚJO, K. M.; QUELEMES, P. V.; MAYO, S.J.; ANDRADE, I.M. Atividade antibacteriana de extratos de folhas de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Araceae). *Rev. Bras. Pl. Med.*, v. 17, n.4, p. 1142-1149, 2015.
- Missiakas, d. M; Schneewind, o. "Crescimento e manutenção laboratorial de *Staphylococcus aureus*." *Protocolos atuais em microbiologia*. v. 1. cap 9, 2013.
- Mpharm, Srisopa Ruangnoo. Anti-inflammatory and antioxidant activities of extracts from *Musa sapientum* peel. *J Med Assoc Thai*, v. 95, n. 1, p. S142-S146, 2012.
- Nedd, GINEL et al. Antimicrobial properties of the fruit pulp of three local fruits: *Morinda citrifolia*, *Persea americana* and *Musa sapientum* in Guyana. *Journal of Biology and Nature*, v. 3, n. 3, p. 87-93, 2015.
- Oliveira, A. C. B. et al. Pre-clinical toxicological evaluation of tea from the leaves of *Morus nigra* L.(Moraceae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 15, p. 244-249, 2013.
- Oliveira, Danilo Ribeiro de et al. Ethnopharmacology study of Saracuramirá (*Ampelozizyphus amazonicus* Ducke) in the " Quilombola" communities of Oriximiná, Pará state, Brazil. *Acta Amazonica*, v. 41, n. 3, p. 383-392, 2011.
- Pecoraro, Roberta et al. *Artemia salina*: A microcrustacean to assess engineered nanoparticles toxicity. *Microscopy Research and Technique*, v. 84, n. 3, p. 531-536, 2021.
- Pires, Janaína et al. Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, v. 12, p. 1-6, 2017.
- Puraikalan, Yamunadevi. Characterization of proximate, phytochemical and antioxidant analysis of banana (*Musa sapientum*) peels/skins and objective evaluation of ready to at/cook product made with banana peels. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, v. 6, n. 2, p. 382-391, 2018.
- Rao, US Mahadeva et al. Taxonomical, Phytochemical and Pharmacological Reviews of *Musa sapientum* var. *Paradisiaca*. *Research journal of pharmacy and technology*, v. 7, n. 11, p. 12, 2014.
- Rezende, rubens barbosa; Rabi, larissa teodoro. Compostos bioativos da gabirola (*Campomanesia*

- Xanthocarpa o. Berg.) E suas atividades biológicas e farmacológicas Bioactive composites of gabiropa (Campomanesia Xanthocarpa o. Berg.) And their biological and pharmacological activities. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 4, n. 6, p. 25089-25097, 2021.
- Ribeiro, RSG et al. Avaliação da extração com base no rendimento do extrato obtido a partir da casca da banana verde (*Musa* spp). 1631-1637. 10.5151/cobecic2019-EST24., 2019.
- Rodrigues, T. S. et al. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 13, n. spe, p. 587-590, 2011.
- Rogero, Sizue Ota et al. Teste in vitro de citotoxicidade: estudo comparativo entre duas metodologias. *Materials Research*, v. 6, n. 3, p. 317-320, 2003.
- Sahaa, Repon Kumer et al. Medicinal activities of the leaves of *Musa sapientum* var. *sylvestris* in vitro. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, v. 3, n. 6, p. 476-482, 2013.
- Salako, Olanrewaju A. et al. Investigation of antidepressant, anxiolytic and sedative activities of the aqueous leaf extract of *Musa sapientum* Linn.(Banana; Musaceae). *Drug Research*, v. 69, n. 03, p. 136-143, 2019.
- Salvagnini, Luiz Estevão et al. Evaluation of the antibacterial activity of *Myrtus communis* L.(Myrtaceae) leaves. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 18, n. 2, p. 241-244, 2008.
- Santos, daniel sousa; Rodrigues, mayara mikelle farias. Atividades farmacológicas dos flavonoides: um estudo de revisão. *Estação Científica (UNIFAP)*, v. 7, n. 3, p. 29-35, 2017.
- Santurio, j.m.; santurio, d.f.; pozzatti, p.; moraes, c.; franchin, p.r.; alves, s.h. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de orégano, tomilho e canela frente a sorovares de *Salmonella enterica* de origem avícola. *Ciência Rural*. v. 37, p. 803-808, 2007.
- Schneider, A. L. S. et al. Caracterização química e atividade biológica de extratos aquosos de *Brunfelsia cuneifolia* JA Schmidt (Solanaceae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 17, p. 1103-1111, 2015.
- Siddique, Sarmad et al. Phytochemical screening and in-vitro evaluation of pharmacological activities of peels of *Musa sapientum* and *Carica papaya* fruit. *Natural product research*, v. 32, n. 11, p. 1333-1336, 2018.
- Siedentopp, U. El regaliz, una planta medicinal eficaz para la tos y las efecciones de estómago. *Revista Internacional de Acupuntura [online]*, v.2, n.2, 2008.
- Silva, Natália Cristina Sousa et al. A utilização de plantas medicinais e fitoterápicos em prol da saúde. *Única cadernos acadêmicos*, v. 3, n. 1, 2017.
- Silveira, Luiz Mário da Silva et al. Atividade antibacteriana de extrato de gervão frente cepas de *Staphylococcus aureus* oxacilina-sensíveis e oxacilina-resistentes isoladas de amostras biológicas. *Rev. bras. anal. clin.*, p. 299-301, 2007
- Soares, Nayane et al. Técnicas de prospecção fitoquímica e sua importância para o estudo de biomoléculas derivadas de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, v. 13, n. 24, 2016.
- Tonet, andressa; Zara, ricardo fiori; Tiunan, tatiana shioji. Atividade biológica e quantificação de compostos bioativos em extrato de erva-mate e sua aplicação em hambúrguer de peixe. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 22, 2019.

Ukuhor, Hyacinth O. The interrelationships between antimicrobial resistance, COVID-19, past, and future pandemics. *Journal of Infection and Public Health*, v. 14, n. 1, p. 53-60, 2021.

Venkatesh, Krishna V. et al. Antibacterial activity of ethanol extract of *Musa paradisiaca* cv. Puttabale and *Musa acuminata* cv. grand naine. *Asian J. Pharm. Clin. Res*, v. 6, n. Suppl 2, p. 167-170, 2013.

Vo, nhu ngoc quynh; Fukushima, ery odette; Mranaka, toshiya. Structure and hemolytic activity relationships of triterpenoid saponins and saponinins. *Journal of natural medicines*, v. 71, n. 1, p. 50-58, 2017.

Who 2002. Report on infectious diseases. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Who. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. Printed in France. 256p. 2014<sup>a</sup>

World health organization (Estados Unidos). Antimicrobial resistance. 13 out. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>.

Yang, zhi-gang; Sun, hong-xiang; Fang, wei-huan. Haemolytic activities and adjuvant effect of *Astragalus membranaceus* saponins (AMS) on the immune responses to ovalbumin in mice. *Vaccine*, v. 23, n. 44, p. 5196-5203, 2005.

Zafar, Imam Mohammad et al. Antimicrobial and cytotoxic properties of different extracts of *Musa sapientum* L. subsp. *sylvestris*. *International Res. J. Pharm*, v. 2, p. 62-65, 2011.

Zhang, Ang et al. Simultaneous determination of 14 phenolic compounds in grape canes by HPLC-DAD-UV using wavelength switching detection. *Molecules*, v. 18, n. 11, p. 14241-14257, 2013.

Zhao, Cai-Ning et al. Fruits for prevention and treatment of cardiovascular diseases. *Nutrients*, v. 9, n. 6, p. 598, 2017.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A casca do fruto da banana, embora haja alguns projetos para seu aproveitamento, precisa de mais estudos para possibilitar os desenvolvimentos de cosméticos ou medicamentos de interesse para o homem.

Este material demonstrou apresentar metabólitos secundários importantes para exercer algumas atividades biológicas, alguns deles sendo flavonoides, taninos, saponinas triterpenos e esteroides. Com base nos achados, pode-se supor que os constituintes químicos presentes na casca de *M. sapientum*, conseqüentemente favorecem ao fato desta espécie apresentar uma forte atividade antioxidante.

Mesmo como o avanço constante em pesquisas relacionadas a microbiologia e controle de microrganismos, existe epidemias de microrganismos resistentes a medicamentos e isto representa uma ameaça a saúde pública. Dessa forma, as plantas medicinais com atividade antibacteriana necessitam de mais atenção para elucidar seus mecanismos de ação para conter a situação.

Foi necessária uma concentração mais elevada para que *M. sapientum* apresentasse atividade antibacteriana contra os microrganismos testados. Apesar disso, o extrato não apresentou toxicidade nas determinadas concentrações, tornando o extrato seguro para exercer a atividade. Portanto, apresenta características que podem auxiliar e direcionar o desenvolvimento de compostos farmacologicamente ativos.