



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

**MAYDLA DOS SANTOS VASCONCELO**

**ENRIQUECIMENTO NUTRICIONAL DE FARELOS DE ESPÉCIES  
OLEAGINOSAS DO CERRADO E FARINHA DE ARARUTA (*Maranta  
arundinacea*) TRATADAS COM OS FUNGOS *Pleurotus Ostreatus* E *Pleurotus  
Sajor-Caju* VISANDO A ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO PARA  
ALIMENTAÇÃO HUMANA**

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

Dourados, MS.  
Outubro, 2022.

**MAYDLA DOS SANTOS VASCONCELO**

**ENRIQUECIMENTO NUTRICIONAL DE FARELOS DE ESPÉCIES  
OLEAGINOSAS DO CERRADO E FARINHA DE ARARUTA (*Maranta  
arundinacea*) TRATADAS COM OS FUNGOS *Pleurotus Ostreatus* E *Pleurotus  
Sajor-Caju* VISANDO A ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO PARA  
ALIMENTAÇÃO HUMANA**

**Orientadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Rozanna Marques Muzzi

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade  
Federal da Grande Dourados, como um dos requisitos  
necessários para a obtenção do título de doutora em  
Ciência e Tecnologia Ambiental, na área de  
concentração de Tecnologia Ambiental.

Dourados, MS.  
Outubro, 2022.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V331e Vasconcelo, Maydla Dos Santos

ENRIQUECIMENTO NUTRICIONAL DE FARELOS DE ESPÉCIES OLEAGINOSAS DO CERRADO E FARINHA DE ARARUTA (*Maranta arundinacea*) TRATADAS COM OS FUNGOS *Pleurotus Ostreatus* E *Pleurotus Sajor-Caju* VISANDO A ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO PARA ALIMENTAÇÃO HUMANA [recurso eletrônico] / Maydla Dos Santos Vasconcelo. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Rozanna Marques Muzzi.

Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

I. Resíduos agroindústrias. 2. bioconversão. 3. *Pleurotus*. 4. macaúba. 5. gergelim. I. Muzzi, Dr<sup>a</sup> Rozanna Marques. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).


©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

## Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADA, para a tese intitulada: "Enriquecimento Nutricional de Farelos de Espécies Oleaginosas do Cerrado e Farinha de Araruta (maranta Arundinacea) Tratadas com os Fungos *Pleurotus Ostreatus* e *Pleurotus Sajor-caju* Visando a Elaboração de Um Produto para Alimentação Humana", de autoria de MAYDLA DOS SANTOS VASCONCELO, apresentada ao Programa de Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.

Prof.ª Dr.ª Rozanna Marques Muzzi  
Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. Eduardo José de Arruda  
Membro Examinador(UFGD)

 Documento assinado digitalmente  
SIDNEI AZEVEDO DE SOUZA  
Data: 04/11/2022 14:45:28-0306  
Verifique em <https://verificador.it.br>

Prof. Dr. Sidnei Azevedo de Souza  
Membro Examinador (UFGD)

Prof.ª Dr.ª Silvia Maria Martelli  
Membro Examinador (UFGD)

Prof. Dr. Fabio Vandresen  
Membro Examinador (UTFPR)

Ativ  
Acess

Dourados/MS, 31 de outubro de 2022.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me sustentado e permitido chegar aonde cheguei, dando-me forças, sabedoria, coragem e, principalmente, saúde. Sempre comigo, ajudando-me a vencer todos os obstáculos da vida.

Aos meus familiares, amigos, em especial ao pai da minha filha Adriano (que contribuiu de forma direta e indireta para realização deste trabalho) e a minha filha, que estiveram ao meu lado, me incentivando e apoiando, para que eu pudesse seguir em frente e vencer mais um desafio em minha vida. Obrigado por tudo, sem vocês não teria chegado até aqui.

À minha orientadora, Dr<sup>a</sup> Rozanna Marques Muzzi, por toda atenção, paciência, dedicação e empenho com o qual me orientou na elaboração deste trabalho. Obrigada por tudo.

Agradeço aos professores Dr. Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes Dr. Pedro de Magalhães Padilha e Dr<sup>a</sup> Alessandra Mayumi Tokura Alovisi, por permitir o uso dos seus laboratórios, possibilitando a realização dos ensaios experimentais.

À UFGD, por possibilitar este trabalho, e a todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Aos técnicos dos laboratórios da UFGD Gisa, João e Lígia, em especial a Phaena Moraes Faria pela parceria e todo auxílio na realização das análises.

Aos meus amigos e colegas de laboratório: Cláudia, Phaena, Bruna e Cássia por toda paciência, compreensão e companheirismo.

À Capes, pela bolsa concedida.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

**“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará  
ao seu tamanho original”**

*Albert Einstein*

## RESUMO

Setores produtivos no Brasil, como a agroindústria, geram uma variedade de resíduos, como bagaços, cascas de frutas, sementes e farelos oriundos da extração de óleos, potencialmente ricos em diversos nutrientes. Na alimentação animal esses resíduos já estão sendo aproveitados como componentes nutricionais ou volumosos em rações. Para alimentação humana, os resíduos têm grande potencial como ingredientes ricos em proteína, fibras, minerais e antioxidantes, dentre outros. Dessa forma, os resíduos de extração de óleo de espécie nativa ou adaptada da região foram submetidos a processos microbiológicos com fungos comestíveis, visando a formulação de produtos de alta eficiência nutricional na dieta humana além de, agregar valor comercial e econômico. Neste trabalho, foi avaliado o potencial de enriquecimento nutricional de diferentes substratos obtidos na extração de óleo da macaúba (*A. aculeata*), do gergelim (*Sesamum indicum*) e da farinha de araruta (*Maranta arundinacea*) como fonte de carboidrato, com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*. Foram avaliados os parâmetros nutricionais dos substratos e suas misturas, antes e após a bioconversão. A técnica de bioconversão melhorou os parâmetros nutricionais de todas as amostras, destacando-se nos teores de fibras alimentares e proteínas. O melhor desempenho foi observado com o fungo *Pleurotus sajor-caju*. Comparativamente o farelo de gergelim, que apresentou os melhores resultados nutricionais, todas as misturas também apresentaram incrementos nos valores nutricionais após a bioconversão tanto com *P. ostreatus* como com *P. Sajor-caju*.

**Palavras-chaves:** Resíduos agroindústrias; bioconversão; *Pleurotus*; macaúba; gergelim; araruta.

## ABSTRACT

Productive sectors in Brazil, such as agro-industry, generate a variety of residues, such as bagasse, fruit peels, seeds and bran from the extraction of oils, potentially rich in several nutrients. In animal feed, these residues are already being used as nutritional components or roughage in rations. For human food, waste has great potential as ingredients rich in protein, fiber, minerals and antioxidants, among others. Thus, the oil extraction residues of native species or adapted from the region were subjected to microbiological processes with edible fungi, aiming at the formulation of products of high nutritional efficiency in the human diet, in addition to adding commercial and economic value. In this work, the potential for nutritional enrichment of different substrates obtained in the extraction of macaúba (*A. aculeata*), sesame (*Sesamum indicum*) and arrowroot (*Maranta arundinacea*) oil was evaluated, with the fungi *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju*. The nutritional parameters of substrates and their mixtures, were evaluated before and after bioconversion. The bioconversion technique improved the nutritional parameters of all samples, especially in terms of dietary fiber and protein. The best performance was observed with the fungus *Pleurotus sajor-caju*. Compared to sesame bran, which showed the best nutritional results, all mixtures also showed increases in nutritional values after bioconversion with both *P. ostreatus* and *P. Sajor-caju*.

**Keywords:** Agro-industrial waste; bioconversion; *Pleurotus*; macaúba; sesame; arrowroot.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representação da organização estrutural da parede celular vegetal.....	27
<b>Figura 2.</b> Frutos da macaúba. (A) Mesocarpo (polpa). (B) Endocarpo e Endosperma (castanha). (C) Cacho.....	30
<b>Figura 3.</b> Fenótipo de quatro sementes representativas de gergelim. WS-sementes brancas, YS-sementes amarelas, RS-sementes marrons e BS-sementes pretas.....	34
<b>Figura 4.</b> Rizomas da araruta.....	36
<b>Figura 5.</b> Evolução e crescimento dos fungos (a) <i>Pleurotus sajor caju</i> e (b) <i>Pleurotus ostreatus</i> para a amostra de CM 100%.....	66
<b>Figura 6.</b> Evolução e crescimento dos fungos (a) <i>Pleurotus sajor caju</i> e (b) <i>Pleurotus ostreatus</i> para amostra de GB/CM 50/50.....	67
<b>Figura 7.</b> Resultados obtidos para análise de matéria seca das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	71
<b>Figura 8.</b> Resultados obtidos para análise de umidade das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	72
<b>Figura 9.</b> Resultados obtidos para análise de cinzas das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca .....	72
<b>Figura 10.</b> Resultados obtidos para análise de matéria orgânica teórica das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	73
<b>Figura 11.</b> Resultados obtidos para análise de proteína bruta das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	74
<b>Figura 12.</b> Resultados obtidos para análise de extrato etéreo das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	75
<b>Figura 13.</b> Resultados obtidos para análise de fibra bruta das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	76

<b>Figura 14.</b> Resultados obtidos para análise de FDN das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	76
<b>Figura 15.</b> Resultados obtidos para análise de FDA das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	77
<b>Figura 16.</b> Resultados obtidos para análise de lignina das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	78
<b>Figura 17.</b> Resultados obtidos para análise de celulose das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	78
<b>Figura 18.</b> Resultados obtidos para análise de hemicelulose teórica das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	79
<b>Figura 19.</b> Resultados obtidos para análise de valor calórico das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	80
<b>Figura 20.</b> Resultados obtidos para análise de carboidratos totais das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), em base seca.....	80
<b>Figura 21.</b> Resultados do macromineral enxofre (S) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	88
<b>Figura 22.</b> Resultados do macromineral potássio (K) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	89
<b>Figura 23.</b> Resultados do macromineral fósforo (P) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	90
<b>Figura 24.</b> Resultados do macromineral cálcio (Ca) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	90

<b>Figura 25.</b> Resultados do macromineral magnésio (Mg) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	91
<b>Figura 26.</b> Resultados do micromineral cobre (Cu) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	92
<b>Figura 27.</b> Resultados do micromineral mangânes (Mn) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	92
<b>Figura 28.</b> Resultados do micromineral ferro (Fe) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	93
<b>Figura 29.</b> Resultados do micromineral zinco (Zn) presentes nas amostras controles (sem fungos) e após a bioconversão com os fungos PSC ( <i>Pleurotus sajor-caju</i> ) e PO ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	94

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Disponibilidade de culturas agrícolas e seus resíduos no Brasil.....	25
<b>Tabela 2.</b> Resultados das análises centesimais realizadas para as amostras: 100% de farelo de gergelim (GG 100), 100% de farelo da castanha da macaúba (CM 100), 100% de farelo da polpa da macaúba (PM 100) e 100% de farinha da araruta (AR 100), em base úmida.....	56
<b>Tabela 3.</b> Resultados das análises centesimais realizadas para as amostras: 100% de farelo de gergelim (GG 100), 100% de farelo da castanha da macaúba (CM 100), 100% de farelo da polpa da macaúba (PM 100) e 100% de farinha da araruta (AR 100), em base úmida.....	57
<b>Tabela 4.</b> Resultados das análises centesimais realizadas para as misturas do farelo de gergelim (GG), do farelo da castanha da macaúba (CM), do farelo da polpa da macaúba (PM) e da farinha da araruta (AR), corrigidos para base seca.....	63
<b>Tabela 5.</b> Umidades testadas nas amostras, fungos utilizados e resultados da miceliação. Quantidade de água adicionada nas amostras, para testes de umidade 01 e 02.....	65
<b>Tabela 6.</b> Resultados das análises centesimais realizadas para o farelo de gergelim (GG), o farelo da castanha da macaúba (CM), o farelo da polpa da macaúba (PM) e a farinha da araruta (AR), antes (controle) e após miceliação com os fungos <i>Pleurotus sajor-caju</i> (PSC) e <i>Pleurotus ostreatus</i> (PO), corrigidos para base seca.....	68
<b>Tabela 7.</b> Resultados das análises centesimais realizadas para o farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM) e farinha da araruta (AR), bem como suas misturas, antes (controle) e após miceliação com os fungos <i>Pleurotus sajor-caju</i> (PSC) e <i>Pleurotus ostreatus</i> (PO), corrigidos para base seca.....	69
<b>Tabela 8.</b> Resultados das análises dos macrominerais ( <b>S, K, P, Ca e Mg</b> ) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), antes (controle) e após miceliação com os fungos <i>Pleurotus sajor-caju</i> (PSC) e <i>Pleurotus ostreatus</i> (PO).....	84
<b>Tabela 9.</b> Resultados das análises dos microminerais ( <b>Cu, Mn, Fe, Zn, Se, I e Cr</b> ) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), antes (controle) e após miceliação com os fungos <i>Pleurotus sajor-caju</i> (PSC) e <i>Pleurotus ostreatus</i> (PO) .....	84

**Tabela 10.** Resultados das análises dos macrominerais (**S, K, P, Ca e Mg**) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), bem como suas misturas, antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO).....85

**Tabela 11.** Resultados das análises dos microminerais (**Fe, Cu, Mn, Zn, Se, I e Cr**) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), bem como suas misturas, antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO) .....86

## LISTA DE ABREVIATURAS

PO – *Pleurotus Ostreatus*

PSC – *Pleurotus Sajor-caju*

UM – umidade

MM – Cinzas

EE – Extrato etéreo

PB – Proteína bruta

FB – Fibra bruta

FDN – Fibra em detergente neutro

FDA – Fibra em detergente ácido

LIG – Lignina

CEL – Celulose

HT – Hemicelulose teórica

MO – Matéria orgânica teórica

CT – Carboidratos totais

VC – Valor calórico

RDC – Resolução da diretoria colegiada

IDR – Ingestão diária recomendada

OMS – Organização Mundial da Saúde

IN – Instrução normativa

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
2.1. Objetivo Geral.....	23
2.2. Objetivos Específicos.....	23
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>24</b>
3.1. Resíduos agroindustriais.....	25
3.1.1. Resíduos lignocelulósico e bioconversão.....	27
3.1.2. Potenciais resíduos agrícolas obtidos na região.....	29
3.1.2.1. Macaúba ( <i>Acrocomia aculeata</i> ).....	30
3.1.2.2. Gergelim ( <i>Sesamum indicum L.</i> ).....	34
3.1.2.3. Araruta ( <i>Maranta arundinaceae L.</i> ).....	36
3.2. Enriquecimento nutricional com fungos.....	38
<b>4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>43</b>
4.1. Obtenção dos substratos para formulação das amostras.....	44
4.2. Formulação das amostras.....	45
4.3. Testes de umidade.....	45
4.4. Bioconversão por microrganismos.....	46
4.4.1. Preparo das amostras para bioconversão por microrganismo.....	47
4.5. Análises para caracterização inicial das amostras e após tratamento com fungo....	47
4.5.1. Matéria seca – MS.....	48
4.5.2. Cinzas ou Matéria Mineral – MM.....	47
4.5.3. Proteína Bruta – PB.....	47
4.5.4. Fibra em Detergente Neutro – FDN.....	49
4.5.5. Fibra em Detergente Ácido – FDA.....	49
4.5.6. Lignina – LIG.....	50
4.5.7. Celulose – CEL.....	50
4.5.8. Extrato Etéreo ou Gordura – EE.....	50

4.5.9. Fibra Bruta – FB.....	51
4.6. Análises de macro e microminerais.....	51
4.6.1. Determinação de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica (e.a.a.).....	52
4.6.2. Determinação de potássio por fotometria de chama.....	52
4.6.3. Determinação de fósforo por espectrofotometria com amarelo de vanadato de amônio.....	52
4.6.4. Determinação de enxofre por espectrofotometria.....	53
4.6.5. Determinação de cobre, ferro, manganês e zinco por espectrometria de absorção atômica.....	53
4.7. Fator de correção para base seca.....	54
4.8. Tratamento estatístico.....	55
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>56</b>
5.1. CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS.....	57
5.1.1 Caraterização da araruta e dos farelos de gergelim, da polpa e da castanha da macaúba.....	57
5.1.2 Caraterização das misturas dos substratos.....	63
5.2 BIOCONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO POR MICRORGANISMOS.....	64
5.2.1 Variação da umidade e crescimento micelial.....	64
5.3. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS APÓS BIOCONVERSÃO.....	67
5.3.1. Composição centesimal dos substratos 100% e misturas antes (controle) e após tratamento com os fungos PO e PSC.....	67
5.4. Composição em macro e microminerais dos substratos 100% antes (controle) e após tratamento com os fungos PO e PSC.....	81
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>97</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>100</b>



*Capítulo I*  
*Introdução*

## 1. INTRODUÇÃO

---

No Brasil o desenvolvimento econômico está relacionado ao processo de interdependência entre os ramos industriais e os demais setores produtivos, como a agricultura. A agroindústria produz grande quantidade de resíduos lignocelulósicos, cujo aproveitamento pode gerar ganhos econômicos, menores impactos ambientais e novos produtos.<sup>1,2</sup>

O Cerrado brasileiro apresenta um dos biomas mais ricos em biodiversidade, destacando-se as classes de frutos, com características sensoriais intrínsecas, alta qualidade nutricional e a presença de compostos bioativos. Essas características são interessantes para os setores alimentícios, farmacêuticos e de cosméticos, entre outros.<sup>3</sup>

Os frutos são fontes de elementos essenciais, como minerais e fibras alimentares, os quais são importantes para auxiliar no bom funcionamento do organismo humano. Estudar e analisar os compostos presentes nos frutos e em seus resíduos, como os obtidos da extração de seus óleos, permitem o desenvolvimento de produtos alimentícios com maior valor nutricional agregado.<sup>4</sup>

Em estudos utilizando Camundongos, avaliou-se o potencial antitumorigênico, antimutagênico, imunomodulador e apoptótico dos óleos da *Acrocomia aculeata* sozinha e em combinação com um agente antitumoral, por meio dos resultados encontrados foi possível evidenciar que os óleos da polpa e da amêndoa podem ser caracterizados como alimentos funcionais com propriedades quimiopreventivas, com potencial nutracêutico para a prevenção do câncer.<sup>5</sup> Já os farelos oriundos da extração de óleos com o da

---

<sup>1</sup> AKPINAR, M.; UREK, R. O. Peach and Cherry Agroindustrial Wastes: New and Economic Sources for the Production of Lignocellulolytic Enzymes. **Acta Chimica Slovenica**, v. 64, n. 2, p. 422-430, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17344/acs.2017.3265>.

<sup>2</sup> DO NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

<sup>3</sup> REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, e2017150, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.

<sup>4</sup> DOS SANTOS ROLIM, C. S.; DE OLIVEIRA, R. T.; DO NASCIMENTO ROLIM, L.; SARAIVA-BONATTO, E. C.; SARAIVA, M. D. G. G.; DE OLIVEIRA, R. P. M.; LAMARÃO, C. V. Análise da composição centesimal, físico-química e mineral da polpa e casca do fruto de *Endopleura uchi*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16368-16383, 2020.

<sup>5</sup> MAGOSSO, M. F.; CARVALHO, P. C.; SHNEIDER, B. U. C.; PESSATTO, L. R.; PESARINI, J. R.; SILVA, P. V. B.; CORREA, W. A.; KASSUYA, C. A. L.; MUZZI, R. M.; OLIVEIRA, R. J. *Acrocomia aculeata* prevents toxicogenetic damage caused by the antitumor agent cyclophosphamide. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, p. 1-14, 2016.

macaúba, são ricos em proteínas, vitaminas, minerais, fibras e antioxidantes, atualmente são utilizados como ração animal. <sup>6</sup>

Por meio de estudos realizados do óleo do gergelim (*Sesamum indicum*) pelo nosso grupo de pesquisa, foi possível evidenciar seu alto teor de ácidos graxos insaturados, obtendo maiores teores de ácido linoleico (49%) e oleico (34%). Esses compostos possuem propriedades antioxidantes que são interessantes do ponto de vista da saúde humana. <sup>7</sup> E ainda, o gergelim possui alto valor nutritivo, sendo rico em proteína, fibra, cálcio, fósforo e ferro. <sup>8</sup> Sendo assim, os óleos quanto os farelos contêm propriedades nutricionais importantes, que quando acrescidos a alimentação humana podem auxiliarem na manutenção da saúde humana.

A utilização de resíduos agroindustriais como substrato em processos microbiológicos, tais como a produção de cogumelos comestíveis, é uma alternativa para agregar valor a este subproduto da agroindústria. Neste contexto, a biotecnologia apresenta uma abordagem promissora para utilização dos materiais lignocelulósicos de forma eficiente, econômica e segura. <sup>9, 10</sup>

O gênero *Pleurotus* é o segundo cogumelo comestível mais distribuído em todo o mundo, possui alto valor nutricional e propriedades terapêuticas. Os fungos desse gênero são conhecidos pelo fácil cultivo, pois dispensa tratamento químico ou biológico, devido ao seu sistema enzimático. A presença de aminoácidos essenciais, como arginina, glutamina e ácido glutâmico, bem como vitaminas, minerais, alto teor de proteínas e fibras são características desse gênero. <sup>4, 11</sup>

---

<sup>6</sup> TOLEDO E SILVA, S. H.; SILVA, L. B.; EISNER, P.; BADER-MITTERMAIER, S. Production of Protein Concentrates from Macauba (*Acrocomia aculeata* and *Acrocomia totai*) Kernels by Sieve Fractionation. **Foods**, v. 11, n. 22, p. 3608, 2022.

<sup>7</sup> VASCONCELOS, M. D. S.; PASSOS, W. E.; LESCANOS, C. H.; PIRES DE OLIVEIRA, I.; TRINDADE, M. A. G.; CAIRES, A. R. L.; MUZZI, R. Fluorescence spectroscopy applied to monitoring biodiesel degradation: correlation with acid value and UV absorption analyses. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, v. 2018, 2018.

<sup>8</sup> PATHAK, N.; BHADURI, A.; RAI, A. K. Sesame: Bioactive compounds and health benefits. **Bioactive molecules in food**, p. 181-200, 2019.

<sup>9</sup> DE PAIVA, G. A.; DA SILVA, A. P. R.; MEDEIROS, J. D.; DAVID, G. Q.; WEIHS, M. L.; DE ALMEIDA, A. A. S. D.; DE FIGUEIREDO, A. M. D. C. Edible mushroom production in agro-industrial residues in Mato Grosso Amazonia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e548101422523-e548101422523, 2021.

<sup>10</sup> DE CARVALHO, P. Í. A.; SALES, M. R. B.; NETO, J. C. A.; FERREIRA, F. V. Resíduos agroindustriais como substrato para cultivo indoor de cogumelos comestíveis da espécie *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 4, p. 330-339, 2021.

<sup>11</sup> SEKAN, A. S.; MYRONICHEVA, O.S.; KARLSSON, O.; GRYGANSKYI, A.P.; BLUME Y. Green potential of *Pleurotus* spp. in biotechnology. **PeerJ** 7:e6664, v.7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.6664>.

A adaptação das espécies de *Pleurotus* a novos subprodutos representa, atualmente, um dos principais processos de bioconversão de resíduos agroindustriais em produtos comestíveis, devido sua capacidade de degradar inúmeros resíduos e sua elevada qualidade sensorial.<sup>12</sup>

A produção e a utilização de cogumelos comestíveis têm aumentado devido a vários fatores como o seu alto valor nutritivo, propriedades benéficas à saúde e capacidade de adaptação ao clima brasileiro, além de, constituir numa fonte de renda para pequenos e médios produtores.<sup>5</sup> Considera-se que a produção de cogumelos do gênero *Pleurotus* seja aproximadamente duas mil toneladas por ano no país.<sup>13</sup>

A composição química dos cogumelos é diretamente influenciada pela composição química do substrato em que foi cultivado, fator que permite o acúmulo de determinados macro e microminerais. As principais espécies comestíveis cultivadas no Brasil são *Agaricus bisporus* (Champignon de Paris), *Lentinus edodes* (Shiitake) e *Pleurotus ostreatus* (Shimeji, Hiratake, Brown Hiratake).<sup>14</sup>

No processo biotecnológico para aproveitamento de resíduos agroindustriais destacamos o tratamento dos resíduos da extração de óleos vegetais com fungos do gênero *Pleurotus*.

Nosso grupo de pesquisa tem investigado a produção de concentrados para alimentação animal, através da bioconversão de resíduos de extração de óleos de frutos do cerrado, como a macaúba (*Acrocomia aculeata*). Esses resíduos mostraram excelente desempenho no tratamento com os fungos *Pleurotus sajor-caju* e *Pleurotus ostreatus*, o qual foi observado aumento significativo de proteína bruta nos resíduos. Além disso, outros nutrientes foram acrescidos, como micronutrientes (apresentando melhores valores para os minerais cálcio e magnésio).<sup>15</sup> Além disso, os frutos da macaúba têm

---

<sup>12</sup> LESA, K. N.; KHANDAKER, M. U.; MOHAMMAD R. I., F.; SHARMA, R.; ISLAM, F.; MITRA, S.; EMRAN, T. B. Nutritional Value, Medicinal Importance, and Health-Promoting Effects of Dietary Mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Journal of Food Quality**, v. 2022, 2022.

<sup>13</sup> ARAÚJO, N. L.; AVELINO, K. V.; HALABURA, M. I. W.; MARIM, R. A.; KASSEM, A. S. S.; LINDE, G. A.; DO VALLE, J. S. Use of green light to improve the production of lignocellulose-decay enzymes by *Pleurotus* spp. in liquid cultivation. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 149, p. 109860, 2021.

<sup>14</sup> CARRASCO-GONZÁLEZ, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. ; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: potencial use as food ingredient. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 58, p. 69-81, 2017.

<sup>15</sup> REVELLO, C. Z. P.; GOES, R. H. T. E. B. ; RAPOSO JUNIOR, J. L. ; MUZZI, R.M. Avaliação do Valor Nutricional de Resíduos do Processamento da Macaúba como Potencial Ingrediente para Ração Animal. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, p. 000-011, 2020.

características atraentes devido a sua composição química (rica em antioxidantes, como  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -tocoferol e ácido oleico).<sup>16</sup>

A população, devido à preocupação com uma melhor qualidade de vida, está buscando por alimentos nutritivos e com compostos bioativos, principalmente quando relacionado à ingestão de alimentos balanceados que permitem a prevenção e o tratamento de problemas de saúde. Nesse contexto, o desenvolvimento de alimentos funcionais, pela incorporação de fibras e/ou antioxidantes ou pela redução do teor de gordura, poderá desempenhar um papel importante na indústria alimentícia para essa nova tendência de mercado.<sup>9, 17</sup> Desta forma, os cogumelos comestíveis oriundos da bioconversão de resíduos, podem servir muito bem a esse propósito.

Buscando o reaproveitamento dos resíduos agroindústrias e outros resíduos como a farinha de araruta, sendo uma ótima fonte de carboidratos, oriundos da região, este trabalho visa estudar e caracterizar os resíduos obtidos do processo de extração dos óleos da macaúba (polpa e castanha) e de gergelim, e a farinha da araruta (*Maranta arundinacea*), beneficiando-se de suas características nutricionais, promovendo o enriquecimento dos mesmos através da técnica de bioconversão, com a finalidade de gerar um produto final que possa ser incorporado a alimentação humana, com valor nutricional agregado.

---

<sup>16</sup> COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C.; DIAZ, B. G.; FERRARI, R. A. Macauba: A promising tropical palm for the production of vegetable oil. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, v. 25, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2017038>.

<sup>17</sup> SAFRAID, G. F.; PORTES, C. Z.; DANTAS, R. M.; BATISTA, Â. G. Profile of functional food consumer: identity and habits. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022.

# *Capítulo II*

## *Objetivos*

## 2. OBJETIVOS

---

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar o potencial de enriquecimento nutricional de diferentes substratos obtidos após a extração dos óleos de espécies nativas do cerrado, como a macaúba e outras espécies adaptadas, como o gergelim e a farinha da araruta, oriundas da região, usando processos de bioconversão com os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, visando a elaboração de um produto destinado à alimentação humana.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Miceliar os cogumelos comestíveis em diferentes substratos (farelos da polpa e castanha da macaúba, farelo de gergelim e farinha de araruta, bem como suas misturas);
- Avaliar os parâmetros nutricionais dos substratos e suas misturas, antes e após o processo de bioconversão - massa seca (MS), cinzas ou matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), extrato etéreo ou gordura bruta (EE), fibra bruta (FB), macro e microminerais;
- Avaliar o desempenho de miceliação e o crescimento dos fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju* nas amostras.

*Capítulo III*  
*Revisão Bibliográfica*



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

#### 3.1. Resíduos agroindustriais

Com o crescimento da população mundial consequentemente aumenta a demanda por alimentos. Ao mesmo tempo, os desastres naturais estão aumentando em número e intensidade. Pragas e doenças continuam a provocar crises em sistemas agrícolas e alimentares, impactando na produtividade e na saúde humana.<sup>18</sup>

Um terço dos alimentos produzidos para consumo humano é perdido ou desperdiçado. A gestão desses resíduos é uma questão crucial para a segurança alimentar global, sendo impossível contar apenas com os recursos da fauna silvestre como alimento. No Brasil, o desperdício de alimentos chegam por volta de 35% da produção anual, ficando entre os 10 países que mais desperdiçam alimentos no mundo.<sup>19, 20</sup>

O Brasil produz milhões de toneladas de resíduos por ano, durante o processo de beneficiamento ou processamento de alimentos. Vários segmentos do mercado da agroindústria estão se mobilizando através de medidas preventivas que reduzam a quantidade de resíduos gerados, incentivando o uso desses resíduos na alimentação animal, na adubação ou no abastecimento de caldeiras para produção de energia, entre outros. Os resíduos agroindustriais, necessitam de destinos adequados, pois, além de gerar potenciais problemas ambientais, representam perdas de matérias-primas e energia, exigindo investimentos significativos em sistemas de tratamentos para controlar a poluição causada pelos resíduos.<sup>21, 22</sup>

Com o desenvolvimento tecnológico é possível reaproveitar a biomassa agroindustrial, tornando essa estratégia eficaz na gestão do excedente desse tipo de subproduto. Entretanto, para utilização e transformação dessas biomassas de forma segura e eficaz, é imprescindível o desenvolvimento de pesquisas, onde cientistas, governos e fabricantes devem trabalhar coletivamente para garantir que as tecnologias

---

<sup>18</sup> FAO. 2017. *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>>. Acesso em: 11/01/2022.

<sup>19</sup> MARQUES-SEULLNER, L. B.; DA COSTA, M. C.; CORRADI-PERINI, C. A multidimensionalidade da insegurança alimentar sob a ótica de agentes comunitários de saúde. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e325111234588-e325111234588, 2022.

<sup>20</sup> BARSHTEYN, V.; KRUPODOROVA, T. Utilization of agro-industrial waste by higher mushrooms: modern view and trends. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 2021, p. 563-577, 2021.

<sup>21</sup> SILVA, M. F. F. Avaliação do Potencial Energético de Resíduos Agroindustriais. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 1, 2022.

<sup>22</sup> BUENO, A. M. C.; TORRES, D. A. P. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da agenda 2030 e bioeconomia: oportunidades e potencialidades para atuação da Embrapa. 2022.

em escala de laboratório possam ser usadas em produtos comerciais em grande escala, beneficiando a humanidade e o meio ambiente. <sup>15, 23</sup>

O setor agroindustrial corresponde a aproximadamente 5,9% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, influenciando diretamente no crescimento da economia do país. Entretanto, esse setor desperdiça anualmente 1,3 bilhão de toneladas de alimentos ao longo da cadeia produtiva. <sup>24</sup> Na Tabela 1 é possível observar a quantidade de resíduos gerados de algumas culturas agrícolas no Brasil, destacando-se as culturas de cana de açúcar e a soja. Esses resíduos são geralmente ricos em materiais lignocelulósicos, os quais podem ser utilizados como substrato para a fermentação em estado sólido, desenvolvendo novos produtos.

**Tabela 1:** Disponibilidade de culturas agrícolas e seus resíduos no Brasil.

<i>Culturas agrícolas</i>	<i>Resíduos (milhões/ton)</i>	<i>Culturas agrícolas</i>	<i>Resíduos (milhões/ton)</i>
<i>Cana de açúcar</i>	201.418.487	<i>Mandioca</i>	23.786.281
<i>Soja (grãos)</i>	41.8621.29	<i>Coco</i>	405.009
<i>Milho (grãos)</i>	29.432,678	<i>Café (grãos)</i>	1.220.029
<i>Arroz (cascas)</i>	2.530.355	<i>Uva</i>	300.459
<i>Laranja</i>	8.825.276	<i>Castanha de caju</i>	80.484
<i>Feijão (grãos)</i>	1.847.984	<i>Banana (cachos)</i>	99.640
<i>Trigo (grãos)</i>	3.033.315	<i>Cacau (sementes)</i>	83.025

Fonte: SIQUEIRA et al (2022) <sup>22</sup>

Os resíduos agroindustriais no Brasil diferem em vários tipos de biomassa, como biomassa oleaginosa, biomassa sacarídica, biomassa amilácea e biomassa lignocelulósica, sendo a última mais abundante. <sup>25</sup>

A biotecnologia está se destacando nos últimos anos, devido às possibilidades inerentes de gerar soluções para diversos problemas na sociedade moderna. As estratégias

<sup>23</sup> TEO, H.L.; WAHAB, R.A. Towards an eco-friendly deconstruction of agro-industrial biomass and preparation of renewable cellulose nanomaterials: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 161, p. 1414-1430, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.076>.

<sup>24</sup> SIQUEIRA, M. U.; CONTIN, B.; FERNANDES, P. R. B.; RUSCHEL-SOARES, R.; SIQUEIRA, P. U.; BARUQUE-RAMOS, J. Brazilian Agro-industrial Wastes as Potential Textile and Other Raw Materials: a Sustainable Approach. **Materials Circular Economy**, v. 4, n. 1, p. 1-21, 2022.

<sup>25</sup> SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, T. G.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA, M. B. P.; COSTA, H. S. Melon (*Cucumis melo L.*) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 98, p. 181-189, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.005>.

biotecnológicas estão focadas na produção de energia (ou combustíveis), biopolímeros e produtos de valor agregado, como enzimas, esporos ou outros recursos biológicos.<sup>26</sup>

Os fungos têm sido utilizados para a bioconversão de material lignocelulósico, biodegradando os resíduos através de fermentação em estado sólido. Nos processos de bioconversão, os componentes principais dos resíduos lignocelulósicos, a celulose, a lignina e a hemicelulose, são utilizados pelos fungos como fonte de carbono e energia. Uma das finalidades desta bioconversão é a produção de cogumelos comestíveis.<sup>27</sup>

O aproveitamento de resíduos agroindústrias para produção de proteína alimentar na forma de biomassa fúngica, agrega valor a esses subprodutos, considerando que a produção de cogumelos comestíveis é uma atividade comercial já bem estabelecida e rentável. São inúmeros os benefícios dessa bioconversão, como o fornecimento de alimentos com compostos bioativos relacionados com propriedades anticarcinogênicas, antidiabéticas, anti-hipertensivas, anti-inflamatórias, imunostimulantes, além de auxiliar no controle da geração de resíduos, redução de impactos ambientais e ser fonte de renda familiar.<sup>21, 22</sup>

### 3.1.1. Resíduos lignocelulósico e bioconversão

A biomassa agroindustrial composta por resíduos lignocelulósicos é barata, renovável, abundante e fornece um recurso natural para a coleta de bioenergia em larga escala, com boa relação custo-benefício. Para converter a maioria dos resíduos agrícolas sólidos, as ferramentas de biotecnologia que estão em evolução podem reduzir os custos de conversão e também aumentar o rendimento do produto de interesse. Neste contexto, a biotecnologia verde apresenta uma abordagem promissora para materiais lignocelulósicos.<sup>23, 28</sup>

Em geral, a composição da lignocelulose depende muito de sua origem, seja ela derivada de madeira dura, macia ou gramíneas, entre outros. Os materiais vegetais são compostos de carboidratos, celulose, hemicelulose e lignina. Na figura 1, é possível

---

<sup>26</sup> GARCIA-GALINDO, I.; GÓMEZ-GARCÍA, R.; PALÁCIOS-PONCE, S.; VENTURA, J.; BOONE, D.; RUIZ, H. A.; AGUILAR-GONZÁLEZ, C. N. New Features and Properties of Microbial Cellulases Required for Bioconversion of Agro-industrial Wastes. **Enzymes in Food Biotechnology**, p. 535-550, 2019.

<sup>27</sup> AKPINAR, M.; UREK, R. O. Peach and Cherry Agroindustrial Wastes: New and Economic Sources for the Production of Lignocellulolytic Enzymes. **Acta Chimica Slovenica**, v. 64, n. 2, p. 422-430, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17344/acsi.2017.3265>.

<sup>28</sup> EL-RAMADY, H.; ABDALLA, N.; FAWZY, Z.; BADGAR, K.; LLANAJ, X.; TÖRÖS, G.; PROKISCH, J. Green Biotechnology of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.): A Sustainable Strategy for Myco-Remediation and Bio-Fermentation. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3667, 2022.

observar os componentes principais da biomassa lignocelulósica, sendo diferenciadas em hemicelulose (15-35%), celulose (30-50%) e lignina (10-20%).<sup>29, 30</sup>

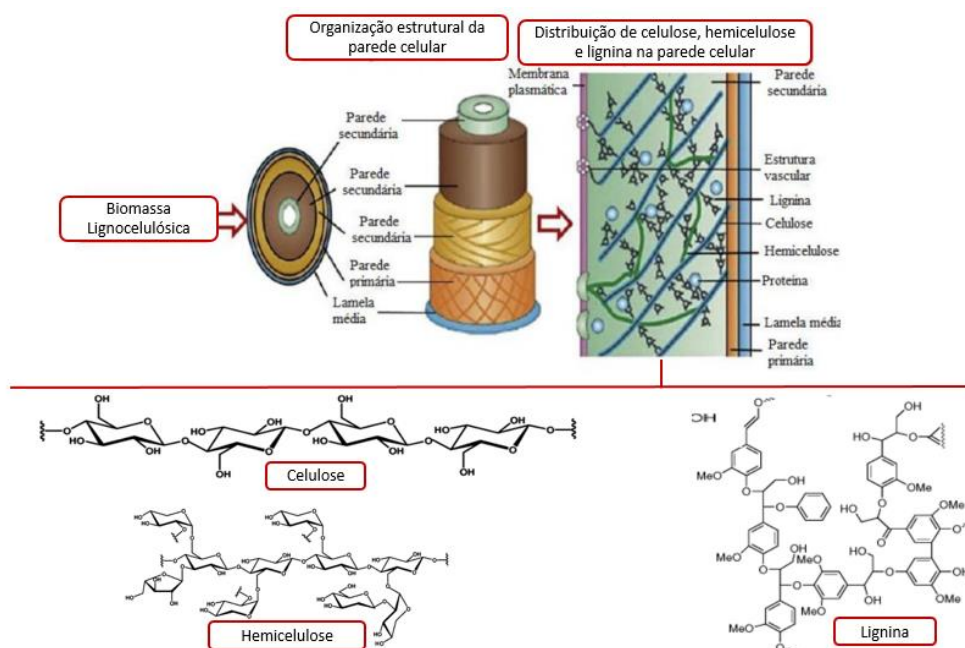


Figura 1: Representação da organização estrutural da parede celular vegetal e das estruturas químicas das principais substâncias que a compõe .

Fonte: adaptado de Menon; Rao (2012)<sup>31</sup>

A bioconversão de resíduos lignocelulósicos está sendo utilizada nos ramos da química fina, ração animal, biocombustíveis, enzimas, papel e celulose, entre outros, devido às suas propriedades nutricionais e funcionais. A etapa mais complexa na utilização eficaz das matérias-primas lignocelulósicas é a deslignificação, que divide a separação dos principais componentes da biomassa (celulose, hemicelulose e lignina).<sup>32</sup>

Organismos seletivos, especialmente fungos de podridão branca (FPB), podem degradar eficientemente materiais lignocelulósicos, devido ao seu sistema enzimático. Para a bioconversão da lignocelulose, seus sistemas enzimáticos são formados por

<sup>29</sup> BILAL, M.; ASGHER, M.; IQBAL, H. M.; HU, H.; ZHANG, X. Biotransformation of lignocellulosic materials into value-added products-A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 447-458, 2017.

<sup>30</sup> FATMA, S.; HAMEED, A.; NOMAN, M.; AHMED, T.; SHAHID, M.; TARIQ, M.; TABASSUM, R. Lignocellulosic Biomass: A Sustainable Bioenergy Source for the Future. **Protein & Peptide Letters**, v. 25, n. 2, 2018.

<sup>31</sup> MENON, V.; RAO, M. Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 38, p. 522-550, 2012.

<sup>32</sup> EL-RAMADY, H.; ABDALLA, N.; BADGAR, K.; LLANAJ, X.; TÖRÖS, G.; HAJDÚ, P.; PROKISCH, J. Edible Mushrooms for Sustainable and Healthy Human Food: Nutritional and Medicinal Attributes. **Sustainability**, v. 14, n. 9, p. 4941, 2022.

enzimas hidrolíticas e ligninolíticas. As hidrolíticas são divididos em dois grupos: celulolítico e hemicelulolíticos. Outro sistema enzimático é grupo ligninolítico, que inclui lacase, manganês peroxidase e peroxidase.<sup>24, 25</sup> A produção de enzimas ligninolíticas, como as lacases são empregadas para na produção de bioetanol, branqueamento de celulose e biorremediação.<sup>33</sup> Já as enzimas celulolíticas estão sendo aplicadas em diversas finalidades como processamento têxtil, melhoramento de ração animal, processamento de alimentos e produção de biocombustíveis.<sup>25</sup>

Os materiais lignocelulósicos (MLs) são considerados promissores entre outros materiais com alto valor agregado, por serem recursos abundantes, renováveis e recicláveis. A biomassa lignocelulósica poder ser convertida em uma variedade de produtos, como polímeros sintéticos, biocombustíveis e produtos químicos (etanol, sorbitol, butanol, glicerol), entre outros. Nos setores agrícola e florestal, a utilização de MLs poderiam ajudar a reduzir o uso de recursos petroquímicos, proporcionando uma alternativa sustentável de gestão de resíduos. Sendo assim, os MLs é socialmente aceitável e comercialmente viável, ocasionando um impacto importante na sociedade industrial.<sup>24, 34</sup>

Os substratos lignocelulósicos da silvicultura, agricultura e demais resíduos agroindustriais são abundantes, renováveis e geram fontes de energia de baixo custo, podendo ser utilizados para a produção de novos produtos, como etanol, aditivos alimentares, ácidos, enzimas e outros devido à sua composição baseada em açúcares e outros compostos de interesse.<sup>24</sup>

### 3.1.2. Potenciais resíduos agrícolas obtidos na região

No estado de Mato Grosso do Sul (MS), o desenvolvimento econômico está relacionado aos setores da agropecuária e agroindústria. O estado situa-se em uma região rica em biodiversidade, com grande potencial econômico, social e cultural.<sup>35</sup> Estima-se que a safra de cereais, leguminosas e oleaginosas deve alcançar 21,583 milhões de

---

<sup>33</sup> TÖRÖS, G. H. R.H.; EL-RAMADY, H.; PROKISCH, J. Edible Mushroom of Pleurotus spp.: A Case Study of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus L.). **Environment, Biodiversity and Soil Security**, v. 6, n. 2022, p. 51-59, 2022.

<sup>34</sup> OKOLIE, J. A.; NANDA, S.; DALAI, A. K; KOZINSKI, J. A. Chemistry and specialty industrial applications of lignocellulosic biomass. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, n. 5, p. 2145-2169, 2021.

<sup>35</sup> CASTELAO, R. A.; DE OLIVEIRA BEZERRA, W. A.; VERONEZ, A. C. C. S.; DE SOUZA BRUNO, G.; DE SOUZA, C. C.; BONO, J. A. M.; DUARTE, L. D. F. C. Estimativa da produção agropecuária de assentamentos rurais de Mato Grosso do Sul utilizando lógica fuzzy. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e28110313121-e28110313121, 2021.

toneladas neste ano, conseqüentemente gerando uma grande quantidade de resíduos. Os três principais produtos obtidos no estado são arroz, milho e a soja.<sup>36</sup>

Buscando a valorização, integração das cadeias produtivas e incentivo ao cultivo de espécies nativas do cerrado e de outras espécies já bem adaptadas nesse bioma neste trabalho estudamos o enriquecimento nutricional dos resíduos de extração do óleo da macaúba e do gergelim, consorciadas ou não com farinha de araruta.

### 3.1.2.1. Macaúba (*Acrocomia aculeata*)

A macaúba (também conhecida regionalmente como bocaiuva ou bocajá) é uma palmeira da espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., que produz fruto comestível, encontra-se em regiões tropicais, sendo abundante no cerrado brasileiro, especialmente nos estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais, mas também pode ser encontrada no Maranhão, Rio de Janeiro, Paraná, Pará, Tocantins, Paraíba e Pernambuco.<sup>12, 37</sup>

Os frutos possuem diâmetro de 3 a 5 cm, são esféricos ou ligeiramente achatados, apresentam um mesocarpo fibroso e sabor adocicado. O endocarpo adere fortemente ao mesocarpo e a semente apresenta um grande endosperma, quando madura, a fruta emite um aroma característico e a casca desprende-se facilmente da polpa. Os frutos consistem em aproximadamente 20% de epicarpo/casca, 40% de mesocarpo/polpa, 33% de endocarpo e 7% de endosperma/castanha.<sup>12, 38</sup>

Na figura 2, é possível visualizar os frutos da macaúba e suas subdivisões (cacho, polpa e castanha). O epicarpo (casca) é fino e facilmente quebrado quando maduro. O mesocarpo é fibroso, mucilaginoso, amarelo ou amarelo-amarronzado, doce e rico em glicerídeos. O habitat mais comum desta palmeira é a área de vegetação aberta com alta incidência solar. A palmeira é reconhecida como um indicador de fertilidade do solo e também pode ser comumente encontrada em áreas de pasto. A colheita dos frutos é entre

---

<sup>36</sup> BENITES, S. Estado deve produzir 21,5 milhões de toneladas de grãos. **Correio do Estado**, Campo Grande, 06 de junho de 2022. Disponível em: <<https://correiodoestado.com.br/correio-rural/estado-deve-produzir-215-milhoes-de-toneladas-de-graos/400966>>. Acesso em: 04/10/2022.

<sup>37</sup> REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2017150, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.

<sup>38</sup> JUNQUEIRA, N. T. V.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. DA; ANTONIASSI, R.; BRAGA, M. F.; MALAQUIAS, J. V. Caracterização de populações naturais de macaúba e avaliação do potencial produtivo. Embrapa Cerrados, Documentos 354, 32 p. Planaltina, DF, 2019. ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081.

junho e março, com auge em novembro. Uma palmeira pode produzir de três a seis cachos por ano, com média de 800 frutos por cacho, garantindo a dispersão da planta.<sup>39</sup>

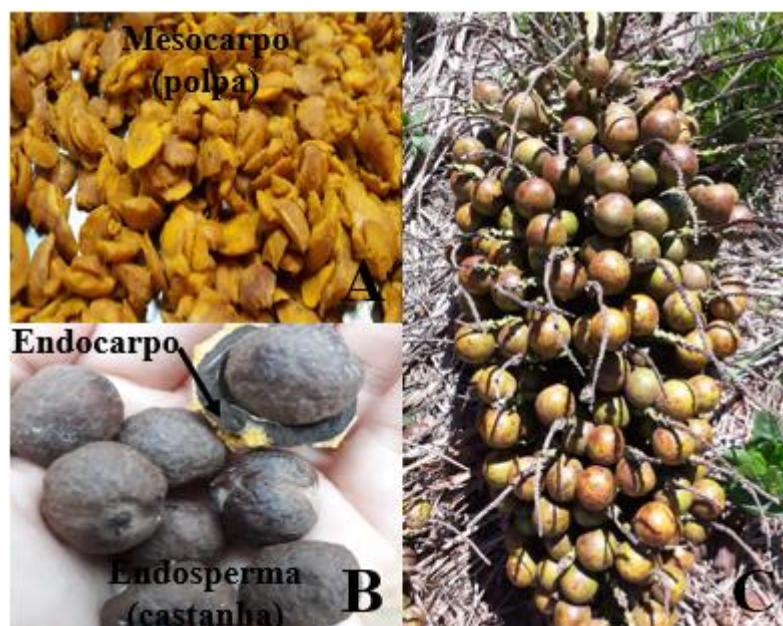


Figura 2: Frutos da macaúba. (A) Mesocarpo (polpa). (B) Endocarpo e Endosperma (castanha). (C) Cacho.

Fonte: Própria autora

O óleo da polpa apresenta em sua composição, tocoferóis, fitoesteróis,  $\beta$ -caroteno, flavonóides e vitamina C. Entre os ácidos graxos mais importantes estão o ácido oleico (70%), seguido do ácido palmítico (16%) e linoleico (5%). Pelo óleo ser rico em ácido oleico, é procurado pela indústria alimentícia devido à sua maior estabilidade oxidativa e operabilidade a baixas temperaturas.<sup>12, 40</sup>

O óleo extraído da castanha é constituído de ácidos graxos saturados de cadeia curta, sendo uma valiosa fonte para uso farmacêutico e cosmético. Apresenta

<sup>39</sup> MONTOYA, S. G.; MOTOIKE, S. Y.; KUKI, K. N.; COUTO, A. D. Fruit development, growth, and stored reserves in macauba palm (*Acrocomia aculeata*), an alternative bioenergy crop. **Planta**, v. 244, n. 4, p. 927-938, 2016.

<sup>40</sup> FATMA, S.; HAMEED, A.; NOMAN, M.; AHMED, T.; SHAHID, M.; TARIQ, M.; TABASSUM, R. A review of the palm genus *Acrocomia*: Neotropical green gold. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 18, p. 151-161, 2018.

principalmente o ácido láurico em sua composição, cerca de 50% dos ácidos graxos presentes na fração lipídica da semente.<sup>12,41</sup>

Na polpa contém 4 a 8% de proteína e 10 a 57% de fibra. A castanha tem 22 a 50% de teor de proteína e 34 a 64% de fibras. Além disso, apresenta quantidades significativas de minerais em ambas as partes do fruto, como macronutrientes: cálcio e magnésio, e micronutrientes: cobre, manganês, ferro e zinco. Estudos comparativos do conteúdo mineral da polpa da macaúba com outras frutas tropicais (abacate, abacaxi, banana, mamão, maracujá, melão e tangerina), apresentaram os teores de cálcio e potássio mais elevados.<sup>12</sup>

A estimativa de produtividade no Brasil em um cenário conservador é de 400 árvores por hectares por ano, produzindo em média 2,5 toneladas de óleo da polpa. No entanto, seguindo um cenário otimista, a produção seria de 5 toneladas de óleo. Tais valores ilustram o grande potencial da macaúba, obtendo valores mais elevados que a do óleo de palma sem o melhoramento de plantas, isto é, somente pelo o plantio de sementes não selecionadas colhidas de plantas silvestres.<sup>12,42</sup>

No Brasil, atualmente, existem três importantes iniciativas de plantio comercial para a macaúba que devem atrair a atenção de outros agricultores. A empresa Entaban Brasil iniciou uma produção de arara de aproximadamente 600 hectares, e outra empresa, a Solea Brasil, plantou mais de 1.000 hectares em 2016-17 e espera alcançar uma área de 5000 hectares nos próximos cinco anos. Outra importante iniciativa está sendo introduzida pela empresa alemã Inocas que atualmente está plantando 2000 hectares de macaúba na região de Patos de Minas, em Minas Gerais, por meio de um projeto financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento. O volume de óleo a ser produzido por essas plantações deverão ter um mercado garantido para a produção de biodiesel.<sup>12,43</sup> Desta forma, estima-se que esse processo possa gerar resíduos que poderão

---

<sup>41</sup> ARENA, A. C.; JORGE, B. C.; SILVA, M. C.; DE BARROS, A. L.; FERNANDES, A. A. H.; NÓBREGA, R. H.; MUZZI, R. M. *Acrocomia aculeata* oil: Beneficial effects on cyclophosphamide-induced reproductive toxicity in male rats. **Andrologia**, v. 50, e13028, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/and.13028>.

<sup>42</sup> SILVA, C. A. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food Science. Biotechnology**, v. 25, p. 1225-1232, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0195-3>.

<sup>43</sup> ROSADO, R. D. S.; ROSADO, T. B.; CRUZ, C. D.; FERRAZ, A. G.; LAVIOLA, B. G. Genetic parameters and simultaneous selection for adaptability and stability of macaw palm. **Scientia Horticulturae**, v. 248, p. 291-296, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.041>.



ser aproveitados como substratos para bioconversão em estado sólido, agregando valor a esse subproduto.

A polpa e a amêndoa na forma *in natura* são consumidas pela população local ou nas preparações da culinária regional, tais como sorvetes, bolos, paçoca doce e cocada, podendo enriquecer a dieta como fonte complementar de nutrientes essenciais.<sup>12, 44</sup>

As comunidades locais comercializam modestamente produtos derivados desta espécie, mais ganham maior destaque ao se organizar em cooperativas. Podemos destacar algumas dessas cooperativas: Central do Cerrado Produtos Ecosociais e Cooperativa Grande Sertão e Unidade de Beneficiamento de Coco Macaúba. Já em escala industrial, os frutos da macaúba são utilizados nos produtos cosméticos de empresas como Macaúba Brasil, Lola Cosméticos e Biodivér.<sup>45</sup>

Na produção de alimentos e na geração de biodiesel, o fruto de *A. aculeata* tem um grande potencial, assim como na produção secundária de carvão vegetal, usado em filtros para a indústria siderúrgica. O interesse para a produção de biodiesel é justificado por sua alta produção de frutos, concentração e qualidade do óleo derivado da polpa e castanha.<sup>46</sup> Além disso, o óleo bruto não necessita ser refinado para consumo humano.<sup>47</sup>

Com o processamento da polpa e da amêndoa de bocaiuva, a fim de extrair óleos, os farelos são coprodutos e apresentam proteínas, fibras e carboidratos. Devido às suas propriedades nutricionais, à sua capacidade de absorção de água e gordura, assim como emulsificante, estabilizante e espessante, os frutos da macaúba apresentam grande potencial de aproveitamento no uso em panificação e massas, na indústria de carnes, além de suplementação alimentar.<sup>38</sup>

A farinha de macaúba é um produto regional, obtida artesanalmente através da secagem da polpa *in natura* seguida pelo processo de moagem. Tanto a farinha quanto a polpa *in natura*, possuem um elevado potencial para utilização em diversos produtos, tornando-se uma nova opção de enriquecimento de alimentos por serem ricos em fibras e

---

<sup>44</sup> REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2017150, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>

<sup>45</sup> CRUZ-SOLORIO, A.; VILLANUEVA-ARCE, R.; GARÍN-AGUILAR, M. E.; LEAL-LARA, H.; VALENCIA-DEL TORO, G. Functional properties of flours and protein concentrates of 3 strains of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 3892-3901, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3312-x>.

<sup>46</sup> BESSADA, S, M.F.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 53-68, 2019.

<sup>47</sup> DE LIMA, N. E.; CARVALHO, A. A.; MEEROW, A. W.; MANFRIN, M. H. A review of the palm genus *Acrocomia*: Neotropical green gold. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 18, p. 151-161, 2018.

$\beta$ -carotenos, estes precursores da vitamina A, que apresenta diversas funções fisiológicas. A fibra alimentar está ligada a estimulação do sistema imune e os antioxidantes estão associados a diminuição na incidência de doenças crônicas não transmissíveis, como câncer do trato gastrointestinal, síndrome metabólica e doenças coronarianas.<sup>48</sup>

### 3.1.2.2. Gergelim (*Sesamum indicum* L.)

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) pertence à família *Pedaliaceae*, possui 16 gêneros e 60 espécies, sendo uma semente oleaginosa cultivada desde a antiguidade.<sup>49,50</sup> É uma das culturas mais antigas de oleaginosas, destacando-se na facilidade de extração, grande estabilidade e resistência à seca. O óleo de gergelim é chamado de “Rainha das colheitas de óleos” por causa do seu alto rendimento, textura, gosto agradável e resistência a oxidação.<sup>51,52</sup>

O óleo da semente é cultivado em vários países, é um óleo comestível, insaturado, rico em ácidos linoleico e oleico, está sendo usado em remédios.<sup>48,53</sup> Sua importância nutricional está relacionada aos seus compostos bioativos, incluindo fitoesteróis, tocoferóis e lignanas como a sesamina, a sesamolina e o sesaminol que são os responsáveis pela resistência a oxidação. Além da atividade antioxidante, os extratos de sésamo (gergelim) possuem propriedades antimicrobianas, antimutagênicas com aplicações em indústrias de conservantes e nutracêuticos alimentares.<sup>54,55</sup>

---

<sup>48</sup> DE ANDRADE SILVA, C. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 5, p. 1225-1232, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0195-3>.

<sup>49</sup> SAHIN, S.; ELHUSSEIN, E. A. A. Assessment of sesame (*Sesamum indicum* L.) cake as a source of high-added value substances: from waste to health. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, p. 691-700, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9554-4>.

<sup>50</sup> GHARBY, S.; HARHAR, H.; BOUZOUBAA, Z.; ASDADI, A.; EL YADINI, A.; CHARROUF, Z. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, p. 105-111, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.004>.

<sup>51</sup> ZEB, A.; MUHAMMAD, B.; ULLAH, F. Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil from Pakistan for phenolic composition, quality characteristics and potential beneficial properties. **Food Measure**, v. 11, p. 1362-1369, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9514-5>.

<sup>52</sup> ELHUSSEIN, E.; BILGIN, M.; ŞAHIN, S. Oxidative stability of sesame oil extracted from the seeds with different origins: Kinetic and thermodynamic studies under accelerated conditions. **Journal of Food Process Engineering**, v. 41, e12878, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12878>.

<sup>53</sup> SAHIN, S.; ELHUSSEIN, E. A. A. Assessment of sesame (*Sesamum indicum* L.) cake as a source of high-added value substances: from waste to health. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, p. 691-700, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9554-4>.

<sup>54</sup> HUSSAIN, S. A. *et al.* Effects of sesame seed extract as a natural antioxidant on the oxidative stability of sunflower oil. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 10, p. 4099-4110, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3336-2>.

<sup>55</sup> SAHIN, S.; ELHUSSEIN, E. A. A. Valorization of a biomass: phytochemicals in oilseed by-products. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, p. 657-668, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9552-6>.

Estudos relataram que as sementes e o óleo do gergelim obtiveram um papel preventivo contra o início de muitos distúrbios como aterosclerose, câncer, agregação plaquetária e várias doenças cardiovasculares, entre outros. <sup>46,47</sup> E ainda, são excelentes fontes de cobre, cálcio, fósforo, magnésio, manganês, zinco e vitamina B1. <sup>41</sup> Portanto, o gergelim pode ser considerado um alimento funcional promissor, atribuindo os seus benefícios à sua composição nutricional. <sup>56</sup>

A quantidade e a qualidade do óleo contido nas sementes dependente de fatores ecológicos, genéticos e fisiológicos, como clima, tipo de solo, cultivares e maturidade da planta. <sup>41</sup>

As sementes de gergelim são pequenas, ovais e planas, variam em diversas cores (figura 3), sendo as pretas e brancas as mais comuns. Esta oleaginosa é cultivada em 7,54 milhões de hectares, uma cultura localizada, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Por volta de 70% da safra mundial pertence à Índia, China, Etiópia, Paquistão, Myanmar, Nigéria, Sudão, Paraguai, Uganda e Tanzânia. A Índia é o primeiro produtor, respondendo por quase 27% da produção total e 40% de área de cultivo do mundo. <sup>46,47</sup>



Figura 3: Fenótipo de quatro sementes representativas de gergelim. WS-sementes brancas, YS-sementes amarelas, RS-sementes marrons e BS-sementes pretas.

Fonte: DOSSOU et al (2022) <sup>54</sup>

Os resíduos de gergelim gerados da extração de óleo nas indústrias são utilizados como ração para gado, para compensar antioxidantes sintéticos e como antioxidante natural nos produtos alimentares contendo lipídios. Uma produção mundial anual de sementes de gergelim contém aproximadamente 50% de óleo, os resíduos após a extração

---

<sup>56</sup> DOSSOU, S. S. K.; XU, F.; YOU, J.; ZHOU, R.; LI, D.; WANG, L. Widely targeted metabolome profiling of different colored sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds provides new insight into their antioxidant activities. **Food Research International**, v. 151, p. 110850, 2022.

do óleo incluem quase 30% de proteína e também é rico em minerais.<sup>41, 50</sup> Portanto, uma valorização deste resíduo barato e de fácil acesso, é economicamente e ecologicamente viável.

### 3.1.2.3. Araruta (*Maranta arundinaceae* L.)

A Araruta (*Maranta arundinaceae* L.) pertence à família Marantaceae, é uma planta perene encontrada em regiões tropicais, seus rizomas contêm alto teor de amido (> 85%), economicamente esse amido tem sido usado pela indústria de alimentos para fazer biscoito, bolo, pudim, mingau e recheio de tortas, além de, possuir capacidade gelificante, têm potencial para substituir o amido convencional. Devido a sua funcionalidade como agente hidrocolóide e espessante, pode ser utilizado como agente de encapsulação e revestimento para embalagem alimentar biodegradável, e para produtos farmacêuticos. Por causa da sua alta digestibilidade, o amido de araruta tem sido recomendado para crianças, convalescentes ou com fraqueza.<sup>57, 58</sup>

Araruta se refere a qualquer planta do gênero *Marantha*, mas o termo é comumente utilizado para definir o amido facilmente digerido usado a partir dos rizomas de *Marantha Arundinaceae*.<sup>59</sup> Seus rizomas são de fácil cultivo (figura 4), com produtividade em média de 20 toneladas por hectare, sendo possível cultivar em solos com fertilidade baixa e sem adição de insumos, entretanto, quase chegou a extinção devido à competição de outros amidos, a indústria estava substituindo a araruta por amidos produzidos em escala industrial, oriundos da mandioca, milho, trigo e aveia, com isso a araruta praticamente desapareceu do mercado.<sup>60</sup>

---

<sup>57</sup> NOGUEIRA, G. F.; SOARES, C. T.; CAVASINI, R.; FAKHOURI, F. M.; DE OLIVEIRA, R. A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. **Food Chemistry**, v. 275, p. 417-425, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.054>.

<sup>58</sup> NOGUEIRA, G. F.; FAKHOURI, F. M.; OLIVEIRA, R. A. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 186, p. 64-72, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.024>.

<sup>59</sup> CHARLES, A. L.; CATO, K.; HUANG, T. C.; CHANG, Y. H.; CIOU, J. Y.; CHANG, J. S.; LIN, H. H. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 187-191, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.024>.

<sup>60</sup> AMANTE, P. R.; SANTOS, E. C. Z.; CORREIA, V. T. D. V.; FANTE, C. A. Benefits and Possible Food Applications of Arrowroot (*Maranta Arundinaceae* L.). **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 19, n. 6, p. 513-521, 2021.



Figura 4: Rizomas da araruta

Fonte: ARAÚJO et al (2021) <sup>61</sup>

O interesse do setor alimentício no Brasil para o cultivo da araruta, principalmente por pequenos produtores, aumentou devido ao preço do seu amido ser superior em comparação a outros similares no mercado internacional. Além de que, pode ser empregado como substituto a amidos convencionais em preparos de alimentos em dietas para pessoas com doença celíaca. <sup>58</sup>

Essa planta não é muito apreciada pelo consumo na sua forma fresca, devido a sua composição fibrosa, entretanto, na Indonésia algumas pessoas acreditam que araruta ajuda a acalmar o estômago, sendo adequado para utilização em dietas, especialmente para pessoas que estão sentindo náuseas. <sup>56, 62</sup>

O amido da farinha de araruta tem uma composição nutricional de 11,9% de água, 0,58% de cinzas, 25,9% de amilose, 0,14% de proteína, 0,84% de gordura, 8,7% de fibra dietética insolúvel e 5,0% de fibra dietética solúvel. Estudos evidenciaram que a farinha de araruta é uma fonte potencial de prebióticos. <sup>58, 60</sup>

A *Maranta arundinacea* L., obtém rizomas dos quais são usados para produzir farinha de araruta, usada como alimento em diferentes lugares do mundo, especialmente

---

<sup>61</sup> ARAÚJO, M. S.; DA SILVA, L. C. G.; ANDRADE, V. Q. L.; DE GÓES CARNEIRO, A. P.; DE ALENCAR COSTA, E.; FERNANDES, L. E. S. Arrowroot, its processing and use in gastronomic preparations. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e387101522776-e387101522776, 2021.

<sup>62</sup> KUMALASARI, I. D.; HARMAYANI, E.; LESTARI, L. A.; RAHARJO, S.; ASMARA, W.; NISHI, K.; SUGAHARA, T. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea*. L) in vitro and in vivo. **Cytotechnology**, v. 64, p. 131-137, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10616-011-9403-4>.

na América Central.<sup>63</sup> A *Maranta* é um gênero exclusivamente neotropical com 34 espécies, mas com a maioria concentradas nas florestas atlânticas, amazônicas brasileiras e em "savanas brasileiras" ou cerrados.<sup>61, 64</sup>

No setor agroindustrial, a extração de amidos de alguns rizomas e tubérculos como mandioca, batata-doce, batata e araruta, entre outros, geram resíduos fibrosos com enorme potencial em aplicações para alimentos, entretanto, ainda são necessárias pesquisas, a fim de obter informações melhores sobre suas composições nutricionais.<sup>65</sup>

### 3.2. Enriquecimento nutricional com fungos

Os cogumelos têm sido utilizados como ingredientes *gourmet* na cozinha em todo o mundo. Especialmente pelo seu sabor único foram valorizados pela sociedade como uma maravilha na culinária. Existem mais de 2.000 espécies de cogumelos na natureza, mas 25 são aceitos como alimentos e poucos cogumelos são considerados comercialmente como uma iguaria que possuem um valor nutricional e funcional, ou seja, sendo utilizados como alimentos benéficos à saúde.<sup>66, 67</sup>

Cogumelos produzem várias enzimas, incluindo degradadoras de lignina, hemicelulose e celulose, facilitando a degradação de substratos lignocelulósicos. Além disso, os cogumelos requerem oxigênio e um pH específico para desenvolver um metabolismo normal e crescer adequadamente. Os dois principais macronutrientes exigidos pelos fungos para requisitos estruturais e de energia são C e N, mais também P, K e Mg são considerados macronutrientes para cogumelos, além de oligoelementos como Fe, Se, Zn, Mn, Cu e Mo parecem ser necessários para diversas funções.<sup>68</sup>

---

<sup>63</sup> IAMKENG, S.; SANTIBENCHAKUL, S.; SOOKSAWAT, N. Potential of *Maranta arundinacea* residues for recycling: Analysis of total phenolic, flavonoid, and tannin contents. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 23, n. 3, 2022.

<sup>64</sup> ASTUTI, R. M.; ASIAH, N.; SETYOWATI, A.; FITRIAWATI, R. Effect of physical modification on granule morphology, pasting behavior, and functional properties of arrowroot (*Marantha arundinacea* L.) starch. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 23-30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.029>.

<sup>65</sup> LACERDA, A. M.; CEREDA, M. P.; BRITO, V. Aproveitamento de resíduos agroindustriais—o potencial das fibras de araruta (*Maranta arundinacea* L.) para a alimentação humana. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e4611628378-e4611628378, 2022.

<sup>66</sup> BELLETTINI, M. B.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; RIBANI, R. H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, ed. 4, p. 633-646, 2019.

<sup>67</sup> KUMAR, K.; MEHRA, R.; GUINÉ, R. P.; LIMA, M. J.; KUMAR, N.; KAUSHIK, R.; KUMAR, H. Edible Mushrooms: A comprehensive review on bioactive compounds with health benefits and processing aspects. **Foods**, v. 10, n. 12, p. 2996, 2021.

<sup>68</sup> CARRASCO, J.; ZIED, D. C.; PARDO, J. E.; PRESTON, G. M.; PARDO-GIMÉNEZ, A. Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. **AMB Express**, v.8, n. 146, p. 1-9, 2018.

O cogumelo mais cultivado em todo o mundo é o *Agaricus Bisporus*, seguido por *Lentinus edodes*, *Pleurotus spp.*, e *Flammulina velutipes*.<sup>69</sup> A produção de cogumelos aumenta continuamente como alimento funcional, sendo a China o maior produtor em todo o mundo<sup>23</sup>. Com aumento da população e do consumo de alimentos, a demanda mundial para os cogumelos deverá crescer 15% ao ano.<sup>9,70</sup>

As espécies pertencentes ao gênero *Pleurotus* são considerados as mais interessantes com base em muitos fatores, como a sua capacidade de crescer sob diferentes condições ambientais, capacidade de degradar vários substratos lignocelulósicos, facilidade de cultivo, fermentação em estado sólido, maior utilização do substrato, alta taxa de crescimento/rendimento, maior valor nutricional e possuem grande variedade de moléculas bioativas.<sup>66,68</sup>

O *Pleurotus spp.* da classe basidiomicetos pertence a um grupo conhecido como "fungos da podridão branca", produzem um micélio branco e são geralmente cultivados em substratos lignocelulósicos não compostados. Os vários tipos de *Pleurotus* são comercialmente cultivados e possuem valor econômico considerável, incluindo *P. ostreatus*, *P. eryngii*, *P. pulmonarius*, *P. djamor*, *P. sajor-caju*, *P. cystidiosus*, *P. citrinopileatus* e *P. Cornucopiae*.<sup>67,68</sup>

Os substratos utilizados no cultivo de cogumelos têm efeito sobre suas substâncias químicas, características funcionais e sensoriais. *Pleurotus spp.* é um saprófito, extrai seus nutrientes através do seu micélio, obtendo substâncias necessárias para o seu desenvolvimento, como carbono, nitrogênio, vitaminas e minerais, ou seja, é importante saber a composição química dos substratos antes de fazer seu uso em cultivo de cogumelos.<sup>10,65</sup>

Os cogumelos podem ser uma fonte alternativa de novos antibióticos, são compostos principalmente de metabólitos secundários, como terpenos, esteróides, antraquinonas, derivados de ácido benzóico e quinolonas, mas também de alguns metabólitos primários como ácido oxálico, peptídeos e proteínas.<sup>29,66</sup>

Vários benefícios nutricionais são acrescidos ao se utilizar cogumelos a uma dieta regular, uma vez que são ricos em proteínas, aminoácidos essenciais e baixa quantidade

---

<sup>69</sup> CORRÊA, R. C. G. Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus spp.* (*Oyster mushroom*) related with its chemical composition: A review on the past decade findings. **Trends in Food Science & Technology**, v. 50, p. 103-117, 2016.

<sup>70</sup> MASRI, H. J. M. H. J.; MAFTOUN, P. M. P.; ABD MALEK, R.; BOUMEHIRA, A. Z.; PAREEK, A.; HANAPI, S. Z.; EL ENSHASY, H. The Edible Mushroom *Pleurotus spp.*: II. Medicinal Values. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries**, v. 6, n. 1, 2017.

de calorias.<sup>27</sup> Além disso, possuem teor nutricional significativo de vitaminas (B1, B2, B12, C, D, e E), ou seja, uma excelente alternativa de nutrientes, promovendo efeitos benéficos a saúde.<sup>67</sup>

Em relação à quantidade de proteína bruta, os cogumelos são classificados abaixo das carnes de origem animal, mas bem acima da maioria dos outros alimentos. E ainda, as proteínas de cogumelos contêm todos os nove aminoácidos essenciais necessários para humanos, permitindo a sua utilização como substituto da dieta da carne.<sup>68</sup>

Uma grande variedade de cogumelos, está sendo utilizada tradicionalmente em muitas culturas diferentes para a manutenção de saúde, bem como na prevenção e tratamento de doenças. Na última década, há grande interesse pelo potencial dos cogumelos, sugerindo que muitos cogumelos são como fábricas de mini fármacos produzindo compostos com propriedades biológicas interessantes.<sup>68,71</sup>

Mais de 100 funções medicinais são produzidas por cogumelos e fungos, os principais usos medicinais são como antioxidantes, anticancerígeno, antidiabético, antialérgico, protetor cardiovascular, anticolesterol, antiviral, antibacteriano, antiparasitário, antifúngico e desintoxicação. E também proteger contra o desenvolvimento de tumor e processos inflamatórios.<sup>67, 68</sup> Além de usos medicinais, pesquisas recentes mostrou também as possíveis aplicações dos metabólitos encontrados nos cogumelos em indústrias cosmeceúticas. Os cogumelos podem ser associados como um dos principais componentes das indústrias de bem-estar.<sup>66</sup>

Pesquisas usando farinhas de espécies de *Pleurotus* como ingrediente em alimentos à base de cereais, como pães, biscoitos, muffins, biscoitos, tortilhas, massas, macarrões e papas demonstraram que houve aumento nos teores de proteínas e fibras.<sup>69</sup> A utilização dessas farinhas em uma dieta equilibrada pode ser o tratamento de apoio à prevenção de doenças. Hoje em dia, os extratos de cogumelos são comercializados como suplementos, tendo como propriedades principais as funções autoimunes e atividade antitumoral.<sup>10, 65, 72</sup>

Conhecer a composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil é importante para avaliar a disponibilidade de nutrientes e desenvolver pesquisas para o

---

<sup>71</sup> COELHO, M.; FIGUEIREDO, A. D. S. F.; MARTIM, S. R. M.; TEIXEIRA, M. F. S. T. Ciclo de produção de cogumelos comestíveis cultivados em resíduos lignocelulósicos da fruticultura Amazônica: um estudo de caso. **Concilium**, v. 22, n. 2, p. 284-294, 2022.

<sup>72</sup> PAZZA, A. C. V.; ZARDO, C.; KLEIN, R. C. M.; DA CAS, T. M. S.; BERNARDI, D. M. Composição nutricional e propriedades funcionais fisiológicas de cogumelos comestíveis. **Fag journal of health (FJH)**, v. 1, n. 3, p. 240-265, 2019.



planejamento agrícola e alimentar, entre outros. Contudo, ainda existe uma grande variedade de alimentos pouco consumidos e estudados, principalmente de origem vegetal, eles podem ser uma rica fonte de macro e micronutrientes, ou compostos bioativos.<sup>73</sup>

No Brasil, a região que mais se destaca na produção de cogumelos é a de Mogi das Cruzes no Estado de São Paulo, o cultivo ainda é feito de forma rudimentar, geralmente realizado por famílias chinesas que herdaram as técnicas por muitas gerações. A região do Alto Tietê representa cerca de 80% da produção nacional, o cultivo de cogumelos está disseminado em várias regiões do país, como no Paraná, Minas Gerais, Rio de Janeiro, sul da Bahia, Pernambuco, Brasília e no Rio Grande do Sul.<sup>74</sup>

O relatório anual da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), edição 2020, evidenciou que a insegurança alimentar aumentou consideravelmente no ano de 2019 em todo mundo, atingindo cerca de 750 milhões de pessoas. A agricultura sustentável tem um papel importante no auxílio da diminuição/eliminação da fome e da desnutrição. Estudos recentes, mostram que aproximadamente 925 milhões de pessoas no mundo estejam desnutridas, 25% da população tem uma deficiência de ingestão de proteínas em sua dieta. A inadequação nutricional é uma séria preocupação de saúde pública em países de baixa renda, principalmente.<sup>75, 76</sup>

A desnutrição existe de várias formas, incluindo subnutrição aguda e crônica, deficiências de nutrientes, além de sobrepeso e obesidade. O uso de farinhas de provenientes de cogumelos comestíveis podem ser promissoras para auxiliar esses problemas, por causa de suas características nutricionais e baixo custo, podendo ser empregadas para fortificação e enriquecimento de alimentos, melhorando nutricionalmente as farinhas convencionais como a de milho e trigo, por exemplo. Entretanto, o uso de farinhas de cogumelos ainda é limitado pela falta de conhecimento

---

<sup>73</sup> PREISS, P. V.; SCHNEIDER, S.; COELHO-DE-SOUZA, G. A contribuição brasileira à segurança alimentar e nutricional sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 275 p, 2020.

<sup>74</sup> CABRERA, L. C.; CONSTANTINO, L. V.; DOS SANTOS ANTUNES, P.; GONÇALVES, L. S. A.; ERPEN-DALLA CORTE, L. Caracterização da produção de cogumelos comestíveis: estudo de caso na região de Londrina, Paraná. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e612974416-e612974416, 2020.

<sup>75</sup> CARRILLO-ÁLVAREZ, E.; SALINAS-ROCA, B.; COSTA-TUTUSAUS, L.; MILÀ-VILLARROEL, R.; SHANKAR KRISHNAN, N. The measurement of food insecurity in high-income countries: A scoping review. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 18, p. 9829, 2021.

<sup>76</sup> BESSADA, S, M.F.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 53-68, 2019.

sobre suas características, composições e suas interações para seu uso na alimentação humana.<sup>77,78</sup>

---

<sup>77</sup> CRUZ-SOLORIO, A. *et al.* Functional properties of flours and protein concentrates of 3 strains of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 3892-3901, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3312-x>.

<sup>78</sup> LAI, W. T.; KHONG, N. M.; LIM, S. S.; HEE, Y. Y.; SIM, B. I.; LAU, K. Y.; LAI, O. M. A review: Modified agricultural by-products for the development and fortification of food products and nutraceuticals. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 148-160, 2017.

*Capítulo IV*

*Procedimiento Experimental*

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

---

### 4.1. Obtenção dos substratos para formulação das amostras

Os frutos da Macaúba foram coletados na região do Panambi, distrito da cidade de Dourados-MS, no mês de novembro de 2018 e 2019. Os frutos foram removidos dos cachos e lavados para a retirada de sujeiras aderidas na casca, colocados de molho em água com solução de hipoclorito de sódio de 10-15 minutos, posteriormente foram secos e armazenados em sacos plásticos no freezer (-5°C). Aos poucos o material foi descongelado para retirada da casca e da polpa, com auxílio de facas e despoldadeira.<sup>79</sup> A quebra do endocarpo para retirada das castanhas também foi de forma manual. Com a polpa e a castanha disponíveis realizou-se a secagem das mesmas em estufa a 60°C por aproximadamente 14 horas, sendo então trituradas em liquidificador industrial (Mod. LTB-4 Marca Becker). A polpa e a castanha, secas e trituradas foram, então, submetidas à extração de óleo em extrator Soxhlet (hexano), por cerca de 4 horas. Os farelos resultantes como subprodutos dessa extração foram secos em temperatura ambiente por aproximadamente 2 horas e depois colocados em estufa à 60°C, por mais ou menos 2 horas para a eliminação do solvente.

Os farelos de gergelim usados nesse experimento foram obtidos anteriormente em nosso grupo de pesquisa.<sup>13</sup> Esses farelos foram descongelados, secados em estufa à 60°C, por mais ou menos 2 horas.

Os farelos da macaúba (polpa e castanha) e do gergelim os mesmos foram acondicionados em sacos plásticos após secagem, identificados e armazenados em freezer (-5°C) até a realização dos demais procedimentos experimentais.

A farinha de araruta foi obtida por doação do Prof. Dr. Sidnei Azevedo de Souza da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD e usada como recebida.<sup>80</sup>

---

<sup>79</sup> CHUBA, C. A. M.; SILVA, R. E. P.; SANTOS, A. C.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Development of a Device to Pulp Fruits of Bocaiuva (*Acrocomia aculeate* sp.) for the Communities that Practice Sustainable Strativism. *Forest Research*, v. 7, ed.2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4172/2168-9776.1000218>.

<sup>80</sup> MORENO, L. B.; TORALES, E. P.; HEID, D. M.; DE SOUZA, S. A.; ZÁRATE, N. A. H. Tipos e tamanhos de propágulos influenciando o crescimento de plantas de *Maranta arundinacea*. *Agrobiodiversidade. Manejo e Produção Sustentável*. Volume I. 1ed.: Pantanal Editora, p. 137-144. 2020.

## 4.2. Formulação das amostras

Foram consideradas para esse estudo 12 amostras, levando em conta a disponibilidade dos farelos, visando encontrar as melhores proporções nutricionais avaliando os efeitos da bioconversão pelos fungos. As amostras foram preparadas, em triplicata, na seguinte proporção:

- 1) GG 100 = 100% de farelo de gergelim.
- 2) AR 100 = 100% de farinha de araruta.
- 3) CM 100 = 100% de farelo da castanha da macaúba.
- 4) PM 100 = 100% de farelo da polpa da macaúba.
- 5) AR/GG 30/70 = 30% de farinha de araruta / 70% de farelo de gergelim.
- 6) GG/AR/CM 40/20/40 = 40% de farelo de gergelim / 20% de farinha de araruta / 40% de farelo da castanha macaúba.
- 7) GG/CM 50/50 = 50% de farelo de gergelim / 50% de farelo da castanha macaúba.
- 8) GG/AR/CM/PM 30/10/30/30 = 30% de farelo de gergelim / 10% da farinha de araruta / 30% de farelo da castanha da macaúba / 30% de farelo da polpa da macaúba.
- 9) GG/AR/PM 40/20/40 = 40% de farelo de gergelim / 20% da farinha de araruta / 40% de farelo da polpa de macaúba.
- 10) GG/PM 50/50 = 50% de farelo de gergelim / 50% de farelo da polpa de macaúba.
- 11) AR/CM 30/70 = 30% de farelo de araruta / 70% de farelo da castanha de macaúba.
- 12) AR/PM 30/70 = 30% de farinha da araruta / 70% de farelo da polpa de macaúba.

## 4.3. Testes de umidade

Os testes para determinar a condição ideal de umidade do substrato para a miceliação do fungo foram realizados utilizando o método gravimétrico, semelhante à determinação de cinzas ou matéria seca.

Foram testados dois métodos para a variação de umidade nos substratos. No método 01, foram adicionadas 25 mL de água destilada em 15 g de amostra. Após a adição de água, todas as amostras permaneceram em repouso durante 2 horas. O mesmo

procedimento foi repetido para todas as amostras, usando o volume de 40 mL na adição de água destilada.

No método 02, em 15 g de amostra foram adicionados 500 mL de água destilada e a mistura permaneceu em repouso por 12 horas. Posteriormente foram filtradas para retirar o excesso de água.

Para análise do teor de água absorvida pelo substrato, retirou-se aproximadamente 0,5 g de cada amostra, sendo colocadas em estufa com circulação de ar (105°C) durante 4 horas. Após esse período, as amostras foram colocadas em dessecador até temperatura ambiente, posteriormente foram aferidos e anotados os pesos, repetindo-se este procedimento a cada meia hora até observar-se peso constante. Esse procedimento foi realizado para os dois métodos (1 e 2). O percentual da umidade resulta da proporção do peso final sobre o peso inicial corrigindo para base seca, seguindo a equação (1):

$$\%umidade = \frac{(Massa amostra após estufa)}{Massa inicial da amostra} \times 100$$

**Equação 1:** Determinação percentual de umidade.

#### **4.4. Bioconversão por microrganismos**

Nesta etapa foi realizada a miceliação das amostras preparadas anteriormente (item 3.2.) com os fungos comestíveis para a bioconversão e enriquecimento proteico, com cultivo em estado sólido pela técnica Jun-Cao, conforme citada por Paz *et al.* (2013).

81

Os microrganismos utilizados, que serviram de cultura inicial ou cultura mãe ou ainda inóculo, foram da espécie *Pleurotus sajor-caju* linhagem /lote 990/18 e *Pleurotus ostreatus* linhagem /lote 989/18, que foram adquiridos na forma de *spawn* em laboratório produtor de sementes.<sup>82</sup>

##### **4.4.1. Preparo das amostras para bioconversão por microrganismo**

---

<sup>81</sup> PAZ, M. F.; DEMENJOURI, P. L.M. M.; CARDOSO, J. C. P.; LEITE, R. S. R. Cultivation of edible mushroom hiboukitake in cajá bagasse by in Jun-Cao tehnique. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 4, n. 2, p. 146-152, 2013.

<sup>82</sup> *Spawn* adquirido comercialmente da empresa Funghi e Flora, localizada em Valinhos, São Paulo. Este laboratório produz sementes através de técnicas estéreis utilizando grãos de cereais que são colonizados pelo fungo servindo então como inoculante.

Foram utilizados sacos transparentes de polipropileno (resistentes a autoclavagem), com medidas de 20x30 cm, as amostras foram pesadas em quantidades iguais e colocadas dentro dos sacos, servindo como substrato para os fungos. Em seguida, foi adicionado água de forma que atingisse a maior umidade possível, dentro das possibilidades de absorção do material, de acordo com os volumes pré-determinados em testes feitos anteriormente (item 4.3).

Os sacos foram fechados com tampões de algodão, para permitir as trocas gasosas com ambiente durante o processo de miceliação, levados para esterilização em autoclave a 121°C durante 25 minutos. Após esse tempo, as amostras foram deixadas na própria autoclave para que pudessem esfriar e então serem levadas para dentro da câmara de fluxo laminar, previamente tratada com álcool etílico a 70%, expostas por 20 minutos a ação da luz ultravioleta, a fim de se obter ação germicida dos raios UV sobre os microrganismos indesejáveis.

Uma pequena quantidade (aproximadamente 0,3 g) de *spawn* de cogumelo foi inoculada em cada amostra com auxílio de uma pinça de dissecação anatômica, esterilizada em chama. Cada saco foi aberto removendo o tampão de algodão, procurando-se manter a boca do saco acima da chama, bem como do saco contendo a cultura mãe. A cultura inicial foi introduzida no centro do saco e, rapidamente foi fechado o mesmo com o tampão de algodão.

Para a fase de colonização micelial, as amostras foram incubadas em câmara BOD (Quimis, modelo Q315M25) com temperatura de 25°C, sendo monitoradas diariamente, por um período de 30 dias, sendo que, em estudos realizados em nosso grupo de pesquisa evidenciou que após esse período não houve ganhos nutricionais relevantes.<sup>15</sup> Após finalizar o experimento, as amostras foram secas em estufa com circulação de ar a 60°C por 24 horas, trituradas e armazenadas em freezer até as análises.

#### **4.5. Análises para caracterização inicial das amostras e após tratamento com fungo**

Para a determinação da composição centesimal foram testados: matéria seca (MS), cinzas ou matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), extrato etéreo ou gordura bruta (EE), fibra bruta (FB), macro e microminerais das amostras antes e após a bioconversão. As análises foram realizadas em triplicata, nos laboratórios de Nutrição Animal e Fertilidade do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA)/UFGD.

#### **4.5.1. Matéria seca** <sup>83, 84</sup>

As amostras foram pesadas em cadinhos (aproximadamente 2 gramas) e submetidas a aquecimento em estufa (Mod. S180 ST, Marca Biopar), a temperatura de 105°C, por 16 horas. Em seguida, as mesmas foram deixadas em dessecador até atingir temperatura ambiente e, então, pesadas novamente. O teor de matéria seca foi calculado por diferença de massa das amostras antes e após esse tratamento.

#### **4.5.2. Cinzas ou Matéria Mineral - MM** <sup>82, 85</sup>

As cinzas resultaram da incineração das amostras durante 2 horas, após a mufla atingir a temperatura de 600°C. Após este tempo, e o decaimento da temperatura até atingir aproximadamente 250°C, as amostras foram colocadas em um dessecador até atingir temperatura ambiente e foram pesadas.

#### **4.5.3. Proteína Bruta - PB** <sup>82, 23</sup>

A proteína bruta foi determinada pelo método clássico de kjeldahl. Cada amostra foi pesada (0,3 g) em tubo de kjeldahl e posteriormente adicionado ácido sulfúrico concentrado e uma mistura catalítica (10 partes de sulfato de sódio e 1 parte de sulfato de cobre), para então ir para o bloco digestor (Mod. MA 4025/SCR, Marca Marconi). A temperatura foi gradualmente aumentada até atingir aproximadamente 350°C e o conteúdo do tubo apresentar uma coloração transparente/esverdeada. Uma prova em branco é conduzida juntamente com o teste.

Ao final da digestão e a amostra estando fria, foi adicionado água destilada e, após conexão em equipamento de destilação, é dispensado soda cáustica 50% (P/V), sendo a amônia liberada nesta reação recolhida em solução de ácido bórico (até atingir cerca de 50 mL no erlenmeyer) e, posteriormente titulada com ácido clorídrico padronizado até atingir coloração púrpura.

---

<sup>83</sup> SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos. 3.Ed. Viçosa: UFV, 235f., 2002.

<sup>84</sup> VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Development of a lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, v. 51, p. 780-785, 1968

<sup>85</sup> RODRIGUES, R.C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. **Embrapa clima temperado**. Pelotas/RS, ISSN 1516-8840. Documentos, 306, 177f., 2010.



#### **4.5.4. Fibra em Detergente Neutro - FDN** (DETMANN et al., 2012 segundo Van Soest, 1967)<sup>82, 86</sup>

As amostras para análise de FDN foram pesadas (0,5 g) em sacos de tecido TNT, previamente tratados com acetona, secos em estufa e identificados um a um. Após inserção das amostras, os mesmos foram selados por calor e acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde foi adicionado à solução de detergente neutro (solução composta por sulfato láurico de sódio, ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA, tetraborato de sódio, fosfato de sódio dibásico, trietilenoglicol e água destilada, previamente preparada e conservada sob refrigeração até o momento da análise) e sendo mantida por 1 hora a 105°C.

Após este tempo, os sacos foram removidos do aparelho e lavados com água destilada quente (temperatura  $\geq 90^\circ\text{C}$ ) e com acetona e, então, levados a estufa por 24 horas a 105°C. Da estufa são colocados em dessecador até atingir temperatura ambiente para posteriormente serem pesados. Após o término deste procedimento, os sacos não são descartados, pois, posteriormente este resíduo foi utilizado na análise sequencial da fibra em detergente ácido. O cálculo utilizado para resultados de FDN levou em conta a diferença de peso das amostras antes e após esse tratamento.

#### **4.5.5. Fibra em Detergente Ácido - FDA** (DETMANN et al., 2012 segundo Van Soest, 1967)<sup>84, 82</sup>

Os sacos de tecido TNT após análise de FDN, foram novamente acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde adiciona-se a solução de detergente ácido (solução composta por brometo de cetil trimetilamônio, ácido sulfúrico concentrado e água destilada, previamente preparada e conservada sob refrigeração até o momento da análise) e mantem-se por 1 hora a 105°C.

Após este tempo, os sacos foram removidos do aparelho e lavados com água destilada quente (temperatura  $\geq 90^\circ\text{C}$ ) e com acetona e, então, levados a estufa por 24 horas a 105°C. Da estufa foram colocados em dessecador até atingir a temperatura ambiente para poder ser pesados e posteriormente realizar o cálculo da porcentagem de FDA, pela diferença de peso antes e após o tratamento. As amostras desta etapa também

---

<sup>86</sup> DETMANN, E. et al. Métodos para análise de alimentos. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214f., 2012.

não são descartadas, pois o conteúdo residual de cada um dos saquinhos é utilizado na análise de lignina.

#### **4.5.6. Lignina - LIG** (adaptado pelo Laboratório de Nutrição Animal/UFGD) <sup>84, 82, 23</sup>

A análise de lignina foi realizada através da adaptação do método “Klason”. Os sacos de tecido TNT resultantes da análise de FDA são colocados em uma solução de 72% de ácido sulfúrico, mexendo a solução com bastão de vidro a cada 15 minutos por 2 horas, posteriormente, foram lavados com água quente (repetir até a retirada do ácido) e secos em estufa a 100°C por uma noite. Após a secagem, os saquinhos foram transferidos para dessecador e pesados. As amostras não foram descartadas para, de forma sequencial, analisar celulose.

#### **4.5.7. Celulose - CEL** (SILVA e QUEIROZ, 2002 segundo Van Soest, 1968) <sup>81, 82</sup>

Para se obter a quantidade de celulose a partir do resíduo de lignina, foi submetido os saquinhos para queima em mufla a 500°C, pelo tempo de 3 horas. Após o resfriamento da mufla, os cadinhos foram colocados em dessecador até atingir temperatura ambiente e pesados.

#### **4.5.8. Extrato Etéreo ou Gordura - EE** <sup>82</sup> (adaptado pelo Laboratório de Nutrição Animal/UFGD, para uso em equipamento Marconi modelo MA 044/8/50).

A análise de gordura foi realizada pelo método a quente utilizando-se hexano como solvente, por meio do extrator soxlet. As amostras foram pesadas em cartuchos preparados com filtro de papel, embrulhados em forma de trouxinha, de forma a não perder amostra.

A trouxinha contendo as amostras foram colocadas no suporte do extrator, de modo a serem mergulhada em seu respectivo copo contendo hexano, encaixado ao equipamento. Após cair a primeira gota de solvente nos copos, esperou-se um tempo de 2 horas. As trouxinhas de papel contendo as amostras foram levados a estufa a 105°C por 1 hora e, posteriormente, transferidos para um dessecador, até atingir a temperatura ambiente, para poderem ser pesados. O percentual da gordura foi calculado por diferença da massa das trouxinhas antes e após esta extração.

#### **4.5.9. Fibra Bruta - FB** <sup>82</sup> (adaptado pelo Laboratório de Nutrição Animal/UFGD, para uso em equipamento Marconi modelo MA 044/8/50).

As amostras para análise de FB foram pesadas em sacos de tecido TNT e seladas, previamente tratados com acetona, secos em estufa. Os sacos foram acondicionados em aparelho determinador de fibras (Mod. TE – 149, Marca Tecnal) onde iniciou-se a primeira digestão com a adição da solução de ácido sulfúrico (0,255 N) sendo mantidos no equipamento por 30 minutos a 100°C. Após este tempo, os sacos foram removidos do aparelho e lavados com água destilada quente (temperatura  $\geq 90^\circ\text{C}$ ) e novamente inseridos no aparelho, desta vez para realizar a digestão básica, sendo adicionado solução de hidróxido de sódio (0,313 N) e mantido em fervura por mais 30 minutos. Após, os sacos serão removidos do equipamento e lavados com água destilada quente e com acetona e, então, levados a estufa por 24 horas a 105°C e pesados, posteriormente, foram colocados em cadinhos (previamente secos em estufa e pesados) e queimados em mufla a temperatura de 500°C por 2 horas. Os cadinhos foram removidos da mufla e colocados em dessecador para posterior pesagem.

#### **4.6. Análises de macro e microminerais**

As análises das concentrações de macro e microminerais, antes e após a bioconversão, foram feitas em triplicata de cada amostra estudada, seguindo metodologia de Silva, 2009.<sup>87</sup>

Para a digestão nitro-perclórica (via úmida), as amostras foram pesadas (500mg), transferidas para tubo digestor (25 x 245 mm) e no mesmo foi adicionado 8 mL da mistura ácida ( $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ ) na proporção 3:1, ou seja, 600 mL de  $\text{HNO}_3$  65% P.A. para 200 mL de  $\text{HClO}_4$  72% P.A. ficando em temperatura ambiente por um período de 3 a 4 horas. Após esse período, os tubos foram colocados no bloco digestor e aquecidos lentamente até 120 graus. A temperatura foi mantida até desprender o vapor castanho de  $\text{NO}_2$ . Depois a temperatura foi aumentada para 200 graus até o desprendimento do vapor branco de  $\text{HClO}_4$  (aproximadamente 4 horas no bloco digestor). Após completo esfriamento, o material foi transferido para um recipiente plástico, sendo adicionado 25 mL de água destilada (extrato da solubilização nítrico-perclórica), ficando as amostras prontas para as análises de macro e microminerais.

##### **4.6.1. Determinação de cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica (e.a.a.)**

---

<sup>87</sup> SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

A solução padrão de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foi feita a partir da solução títisol de Ca e Mg 1000mg L<sup>-1</sup>; foi preparada as soluções com a mistura de Ca e Mg: 0 e 0; 1,0 e 0,2 mg L<sup>-1</sup>; 2 e 0,4 mg L<sup>-1</sup>; 4,0 e 0,8 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, em solução ácida.

A solução de lantânio 0,1% foi feita pesando e transferindo 1,14 g de La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para frasco de 1000 mL, adicionando a solução de HNO<sub>3</sub> 10% (v/v) até total dissolução do óxido e completando o volume com H<sub>2</sub>O.

Foi pipetado 1,0 mL do extrato da solubilização nítrico-perclórica em um tubo de vidro de 30 mL, completando 20,0 mL com H<sub>2</sub>O (alíquota b). Em seguida foi retirado 1,0 mL da alíquota b em um tubo, adicionado 4,0 mL da solução de lantânio 0,1%, sendo determinado Ca e Mg por EAA.

Cálculos para determinação de Ca:  $\text{Ca g kg}^{-1} = \text{leitura mg L}^{-1} \times 5$

Cálculos para determinação de Mg:  $\text{Mg g kg}^{-1} = \text{leitura mg L}^{-1} \times 5$

#### **4.6.2. Determinação de potássio por fotometria de chama**

Para a solução de potássio (K) 1000mg L<sup>-1</sup>, foi dissolvido 1,9067 g de KCl P.A. em 500 mL de água e completado o volume até 1000 mL com H<sub>2</sub>O. A partir da solução padrão de K 1000mg L<sup>-1</sup> preparou-se as soluções de 0,5 g mg L<sup>-1</sup>; 10,0 mg L<sup>-1</sup>; 20 mg L<sup>-1</sup> e 40 mg L<sup>-1</sup> em HNO<sub>3</sub> 0,1 mL L<sup>-1</sup>.

Foi pipetado 2 mL do extrato da solubilização nítrico-perclórica em tubo de vidro de 30 mL e completado o volume até 20 mL com H<sub>2</sub>O (alíquota b). O fotômetro de chama foi ajustado com a solução padrão de K e efetuada a leitura da alíquota b.

Cálculos para determinação de K:  $\text{K g kg}^{-1} = \text{mg L}^{-1} \times 0,5$

#### **4.6.3. Determinação de fósforo por espectrofotometria com amarelo de vanadato de amônio**

As soluções preparadas foram: solução de molibdato 50 g L<sup>-1</sup> onde se dissolveu 50 g de (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>MoO<sub>24</sub> P.A. em 800 mL de água quente destilada, após o esfriamento da solução completou-se o volume para 1000 mL com água destilada; para a solução de vanadato 2,5 g L<sup>-1</sup>, dissolveu-se 2,5 g de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>VO<sub>3</sub> P.A. em 500 mL de água quente, adicionou 350 mL de HNO<sub>3</sub> 65%, após esfriar a solução, completou-se o volume para 1000 mL com água ultra pura; misturou em partes iguais as soluções de molibdato e vanadato antes do uso (mistura A). A solução de P foi preparada com 0,0; 4,0; 8,0; 12,0; 16,0 e 20,0 mg L<sup>-1</sup> em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 mol L<sup>-1</sup>.

Foi pipetado 5,0 mL do extrato da solubilização nítrico-perclórica em tubo de vidro de 30 mL completando o volume para 20 mL com água; foi adicionado 4 mL da mistura dos reagentes e efetuado, após 5 minutos, a leitura no espectrômetro a 420 nm, construindo a curva analítica e estimando a concentração de P no extrato solubilizado.

$$\text{Cálculo P: } P \text{ g kg}^{-1} = \text{leitura em mg L}^{-1} \times 0,2$$

#### **4.6.4. Determinação de enxofre por espectrofotometria**

As soluções preparadas foram: solução de sulfato de potássio 1000 mg L<sup>-1</sup> onde se dissolveu 5,434 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> P.A. em 500 mL de água destilada e completou-se o volume para 1000 mL com água destilada. A solução padrão de S foi preparada com 0,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0 e 40,0 mg L<sup>-1</sup> em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 mol L<sup>-1</sup> a partir da solução de 1000 mg L<sup>-1</sup>. Para a solução de ácido clorídrico 6N transferiu-se 500 mL de HCl 36% para frasco de 1000 mL, adicionou-se 20 mL de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1000mg L<sup>-1</sup> e completou-se o volume com água destilada.

Foi pipetado 2,0 mL do extrato da solubilização nítrico-perclórica em tubo de vidro de 30 mL completando o volume para 20 mL com água (alíquota b). Pipetou-se 10,0 mL da alíquota b, posteriormente adicionou-se 1 mL de HCl 6N e 0,5 g de cristal de BaCl<sub>2</sub>, a solução foi agitada vigorosamente durante 30 segundos e após 5 minutos (cronometrados) efetuou-se a leitura no espectrômetro a 420 nm, construindo a curva analítica e estimando a concentração de S no extrato solubilizado.

$$\text{Cálculo S: } S \text{ g kg}^{-1} = \text{leitura em g kg}^{-1} = \text{mg L}^{-1} \times 0,5$$

#### **4.6.5. Determinação de cobre, ferro, manganês e zinco por espectrometria de absorção atômica**

Os reagentes utilizados foram: HCl; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; CuSO<sub>4</sub>.5 H<sub>2</sub>O; Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO)<sub>4</sub>; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O; HNO<sub>3</sub>; HClO<sub>4</sub>.

Para a solução padrão de cobre (contendo 100 mg L<sup>-1</sup> de Cu) 0,393 g de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O foi dissolvido em solução de HNO<sub>3</sub> 0,2 M (9 mL de HNO<sub>3</sub> 65% P.A. por litro de água).

Para solução estoque de ferro (contendo 100 mg L<sup>-1</sup> de Fe) 0,702g de Fe (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO)<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O foi dissolvido em solução aquosa de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (50 mL de água ultra pura contendo 10,0 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98,08% P.A.) e o volume foi completado para 1.000 ml com água ultra pura; para a solução estoque de ferro diluída (contendo 10 mg L<sup>-1</sup> de ferro),

foi dissolvida 10,0 mL da solução estoque de ferro e o volume completado para 100 mL com água ultra pura.

Para solução estoque de zinco (contendo 100 mg L<sup>-1</sup> de zinco) 0,440 g de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O foi dissolvido em solução de HNO<sub>3</sub> 0,2 mol L<sup>-1</sup> (9 mL de HNO<sub>3</sub> 65% P.A. por litro de água), completando o volume para 1000 mL, com esta solução. Para a solução estoque de manganês (contendo 100mg L<sup>-1</sup> de Mn) 0,308g de MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O e dissolvido em solução de HNO<sub>3</sub> 0,2 mol L<sup>-1</sup> e o volume foi completado para 1000 mL.

Para análise do cobre foram transferidas alíquotas de 0,0; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5 e 2,0 mL para balões volumétricos de 100 ml, a partir da solução padrão de Cu (100 mg L<sup>-1</sup>) e adicionado 10,0 mL de HClO<sub>4</sub> 2,5 mols L<sup>-1</sup> (149,5 ml de HClO<sub>4</sub> P.A. por litro de água e o volume completado com água ultra pura). Estas soluções contêm de 0,0 a 2,0 mg L<sup>-1</sup> de cobre.

Cálculo: Cu mg Kg = mg L<sup>-1</sup> x 50

Para análise de ferro foram feitas soluções de 0; 2 mg L<sup>-1</sup> ; 4 mg L<sup>-1</sup> ; 6 mg L<sup>-1</sup> 8 mg L<sup>-1</sup> em meio ácido a partir da solução padrão de Fe.

Cálculo: Fe mg Kg = mg L<sup>-1</sup> x 50

Para análise de manganês foram preparadas soluções de 0; 0,5 mg L<sup>-1</sup> ; 1 mg L<sup>-1</sup>; 3 mg L<sup>-1</sup> em meio ácido a partir da solução de 1000 mg L<sup>-1</sup> .

Cálculo: Mn mg Kg = mg L<sup>-1</sup> x 50

Para análise de zinco foram preparadas soluções de 0; 0,5 mg L<sup>-1</sup> ; 1 mg L<sup>-1</sup> ; 2 mg L<sup>-1</sup> em meio ácido a partir da solução de 1000 mg L<sup>-1</sup> .

Cálculo: Zn mg Kg = mg L<sup>-1</sup> x 50.

#### 4.7. Fator de correção para base seca

Após as análises de teor nutricional, os resultados foram convertidos e apresentados em base seca, que é a massa do material analisado livre de água. O fator de correção para base seca foi realizado utilizando a Equação (2), seguindo a fórmula de Rodrigues (2010) <sup>88</sup>.

$$Base\ seca = \frac{\% \text{ resultado}}{\% MS (105^{\circ}C)} \times 100$$

---

<sup>88</sup> RODRIGUES, R.C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. **Embrapa clima temperado**. Pelotas/RS, ISSN 1516-8840. Documentos, 306, 177f., 2010.

**Equação 2:** Correção para base seca.

Onde: % resultado = % do resultado da análise em base úmida; % MS (105°C) = % de matéria seca na amostra.

#### **4.8. Tratamento estatístico**

Todos os parâmetros analisados foram submetidos a tratamento estatístico, utilizando o programa Microsoft Excel 2013 <sup>89</sup> como ferramenta para aplicar o teste de Tukey, a partir da média e do desvio padrão das amostras, determinando-se os parâmetros relevantes, para um nível de confiança de 95%.

---

<sup>89</sup> Licença: Microsoft Excel para Microsoft 365 MSO (Versão 2202 Build 16.0.14931.20128) 64 bits, licenciado para Rozanna Marques Muzzi.

*Capítulo V*

*Resultados e Discussões*



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS AMOSTRAS

#### 5.1.1 Caracterização da farinha da araruta e dos farelos de gergelim, da polpa e da castanha da macaúba

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados experimentais relativos à caracterização inicial do farelo de gergelim-GG, do farelo da polpa da macaúba-PM, do farelo da castanha da macaúba-CM e da farinha da araruta-AR, em base úmida. Os dados corrigidos para base seca estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 2:** Resultados das análises de caracterização para as amostras: 100% de farelo de gergelim (GG 100), 100% de farelo da castanha da macaúba (CM 100), 100% de farelo da polpa da macaúba (PM 100) e 100% de farinha da araruta (AR 100), em base úmida

Análises	AMOSTRAS (%)			
	GG 100	AR 100	CM 100	PM 100
Umidade (UM)	4,73 ± 0,20	7,65 ± 0,20	6,94 ± 0,25	9,23 ± 0,39
Cinzas (MM)	6,16 ± 0,16	1,66 ± 0,02	3,42 ± 0,03	4,45 ± 0,04
Extrato Etéreo (EE)	25,63 ± 0,32	1,19 ± 0,65	13,16 ± 0,52	2,17 ± 0,27
Proteína Bruta (PB)	32,41 ± 0,69	1,04 ± 0,33	24,04 ± 0,76	3,11 ± 0,27
Fibra Bruta (FB)	9,10 ± 0,38	1,25 ± 0,14	25,67 ± 0,38	20,21 ± 0,03
FDN	30,11 ± 0,32	12,97 ± 0,38	59,08 ± 0,54	28,41 ± 0,81
FDA	13,05 ± 0,88	7,76 ± 0,45	43,23 ± 0,59	14,27 ± 0,38
Lignina (LIG)	1,42 ± 0,06	2,58 ± 0,02	15,58 ± 0,20	8,65 ± 0,15
Celulose (CEL)	28,65 ± 0,02	10,43 ± 0,57	43,09 ± 0,09	19,76 ± 0,66
Hemicelulose Teórica* (HT)	17,05	5,2	15,84	14,14
MO Teórica** (MO)	93,84	98,34	96,57	95,55
Carboidratos totais (CT)	31,07	88,46	52,44	81,04
Valor Calórico (VC) (kcal)***	484,59	368,71	424,36	356,13

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata. FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica\*= %FDN- %FDA. MO Teórica\*\*= Matéria Orgânica Teórica= 100-Cinzas. Carboidratos totais= 100 - (Umidade + Proteínas + Lipídios + Cinzas). Valor Calórico= (4xCT)+(4xPB)+(9xEE), resultados expressos em kcal\*\*\*.

A determinação da matéria seca é importante nas análises de alimentos, pois quando se compara o valor nutritivo de dois ou mais alimentos, leva-se em consideração os respectivos teores de matéria seca, ou seja, como se o alimento contivesse 100% da mesma. O percentual da matéria seca contido na amostra também é importante, pois é

com base nele que se estabelece o cálculo de dieta.<sup>90</sup> Desta forma, as discussões de todos os resultados serão realizadas baseando-se nos resultados corrigidos para base seca.

**Tabela 3:** Resultados das análises de caracterização para as amostras: 100% de farelo de gergelim (GG 100), 100% de farelo da castanha da macaúba (CM 100), 100% de farelo da polpa da macaúba (PM 100) e 100% de farinha da araruta (AR 100), corrigidos para base seca

Análises	AMOSTRAS (%)			
	GG 100	AR 100	CM 100	PM 100
<b>Matéria Seca (MS)</b>	95,31 ± 0,20	93,24 ± 0,25	90,90 ± 0,39	93,64 ± 0,43
<b>Umidade (UM)</b>	4,88 ± 0,22	8,0 ± 0,23	7,15 ± 0,28	9,75 ± 0,46
<b>Cinzas (MM)</b>	6,47 ± 0,16	1,72 ± 0,02	3,68 ± 0,03	4,90 ± 0,04
<b>Extrato Etéreo (EE)</b>	26,71 ± 0,33	0,89 ± 0,21	13,79 ± 0,12	2,38 ± 0,29
<b>Proteína Bruta (PB)</b>	34 ± 0,73	0,93 ± 0,35	25,33 ± 0,35	3,41 ± 0,30
<b>Fibra Bruta (FB)</b>	9,73 ± 0,44	1,33 ± 0,16	28,01 ± 0,33	21,18 ± 0,10
<b>FDN</b>	31,12 ± 0,39	13,62 ± 0,39	60,97 ± 0,39	29,25 ± 0,97
<b>FDA</b>	13,50 ± 0,93	8,12 ± 0,46	44,52 ± 0,75	15,04 ± 0,34
<b>Lignina (LIG)</b>	1,52 ± 0,06	2,75 ± 0,03	17,0 ± 0,27	9,06 ± 0,18
<b>Celulose (CEL)</b>	30,65 ± 0,12	11,09 ± 0,53	47,02 ± 0,03	20,71 ± 0,74
<b>Hemicelulose Teórica* (HT)</b>	17,61	5,5	16,44	14,21
<b>MO Teórica** (MO)</b>	93,53	98,28	96,32	95,1
<b>Carboidratos totais (CT)</b>	27,94	88,46	50,05	79,56
<b>Valor Calórico (VC) (kcal)***</b>	488,94	365,57	425,63	353,3

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata. FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica\*= %FDN-%FDA. MO Teórica\*\*= Matéria Orgânica Teórica= 100-Cinzas. Carboidratos totais= 100 – (Umidade + Proteínas + Lipídios + Cinzas). Valor Calórico= (4xCT)+(4xPB)+(9xEE), resultados expressos em kcal\*\*\*.

O teor de umidade dos substratos variou entre 4,88% (GG) a 9,75% (PM). Esses valores estão de acordo com a legislação Brasileira que determina como teor de umidade para farinhas, amido de cereais e farelos o valor máximo de 15,0 % (g/100g).<sup>91, 92</sup>

<sup>90</sup> DE MACÊDO CARVALHO, C. B.; MACAMBIRA, G. M.; DOS SANTOS, A. C. F.; DE HOLANDA OLIVEIRA, H. S.; DA SILVA, D. A.; RIBEIRO, A. G.; DE FRANÇA SILVA, G. K. Métodos de análise da composição química e valor nutricional de alimentos para ruminantes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e523101019047-e523101019047, 2021.

<sup>91</sup> MAGALHÃES, M. P. D.; GANDRA, K. M. B.; DA CUNHA, L. R.; LIMA, E. M. F. Obtaining flour from acerola processing residue and evaluating bioactive and nutritive compounds. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e188101420714-e188101420714, 2021.

<sup>92</sup> BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Resolução-RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, constantes do anexo desta Portaria. Diário Oficial União, Brasília, DF, 22 set. 2005.

O teor de cinzas (MM) refere-se à quantidade do conteúdo mineral presente nos alimentos, ou seja, é a parte inorgânica remanescente após a queima da matéria orgânica, sendo que alguns são essenciais para a saúde.<sup>93</sup> As cinzas também podem ser utilizadas como parâmetro de controle de qualidade (pureza de alguns ingredientes ou tipo de refinamento e moagem, entre outros).<sup>91,94</sup>

O farelo de gergelim apresentou o maior percentual de cinzas (6,47%), seguido dos farelos da polpa e da castanha da macaúba, o menor foi da farinha de araruta (1,72%).

Como os farelos estudados e a farinha de araruta ainda não possuem uma legislação específica para MM, observamos que os resultados obtidos para as amostras estudadas superam os valores preconizados para farinha de trigo comercial, inclusive para farinhas integrais. Os teores máximos de cinzas para os três tipos de farinha de trigo comerciais variam de 0,8% a 2,5% (integrais), considerando a IN nº 8, de 03 de junho de 2005.<sup>95</sup> Mesmo no menor valor encontrado, o teor de cinzas para AR (1,72%) supera o valor da farinha de trigo tipo 2.

Na determinação do extrato etéreo (EE) o farelo de gergelim obteve maior valor (26,71%), seguido da castanha de macaúba (13,79%). O elevado teor de EE encontrado, principalmente no farelo de gergelim, pode ser devido ao processo de extração dos óleos (prensagem mecânica, seguida de extração por solvente-hexano), buscando a obtenção dos óleos com o mínimo de oxidação possível e não a extração exaustiva de óleo.<sup>11,13</sup>

O teor de extrato etéreo expressa a quantidade de gordura de uma amostra, sendo as gorduras e os óleos os lipídios mais abundantes encontrados na natureza.<sup>96</sup> Os lipídios possuem nutrientes (por exemplo as vitaminas A, D, K e E) e são fontes de ácidos graxos essenciais e energia.<sup>97,98</sup>

---

<sup>93</sup> SHIMA, A. N.; AHEMEN, S. A.; ACHAM, I. O. Effect of addition of tigernut and defatted sesame flours on the nutritional composition and sensory quality of the wheat based bread. **Annals Food Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 15-23, 2019.

<sup>94</sup> GONZALEZ, L.; ALVAREZ, A. E.; MURILLO, E.; GUERRA, C.; MENDEZ, J. Potential uses of the peel and seed of *Passiflora edulis f. edulis* Sims (gulupa) from its chemical characterization, antioxidant, and antihypertensive functionalities. **Asian J. Pharmaceut. Clin. Res.**, v. 12, n. 10, p. 104-112, 2019.

<sup>95</sup> BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1.

<sup>96</sup> OGUNBODE, A. A.; AKINOSUN, A. A.; OLAJIDE, T. M. Nutrients and anti-nutrient content of sundried cassava starch extract pulp. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 23, n. 6, p. 1133-1135, 2019.

<sup>97</sup> CARDOSO, R. V.; FERNANDES, Â.; HELENO, S. A.; RODRIGUES, P.; GONZALÉZ-PARAMÁS, A. M.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. **Food Chemistry**, v. 280, p. 123-129, 2019.

<sup>98</sup> BARROS, S. K. A.; DE SOUZA, A. R. M.; DAMIANI, C.; PEREIRA, A. S.; ALVES, D. G.; CLEMENTE, R. C.; DA COSTA, D. M. Obtenção e caracterização de farinhas de caroço de açaí (*Euterper*

A resolução da Anvisa, RDC nº 360,<sup>99</sup> estabelece que a ingestão diária de gorduras totais deve ser de 55 g para uma dieta de 2000 kcal. Os farelos de gergelim e da castanha da macaúba apresentaram quantidades relevantes de gorduras totais, podendo ser uma alternativa para suprirem a ingestão diária necessária na alimentação humana.

Para a análise de proteína bruta (PB) o farelo de gergelim obteve valor superior (34%) aos outros substratos, seguido do farelo da castanha da macaúba (25,33%). A resolução da Anvisa, RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005,<sup>100</sup> recomenda a ingestão diária de 50 g de proteína para adultos e a resolução - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012,<sup>101</sup> diz que um alimento para ser considerado proteico deve apresentar um teor mínimo de proteína de 6 g/100 g e altamente proteico deve conter o mínimo de 12 g/100 g. Esses dois substratos apresentaram quantidades de proteína bem maiores do que a legislação classifica como super proteicos, sendo, portanto, considerados como potenciais fontes proteicas para consumo humano.

Os valores mais altos obtidos para análise de fibra bruta (FB) foram dos farelos da macaúba (castanha 28,01% e polpa 21,18%) e a araruta apresentou o menor (1,33%). As fibras ajudam no bom funcionamento do intestino, além de, auxiliar na redução de doenças como obesidade, diabetes tipo II, doenças cardiovasculares e alterações intestinais.<sup>102</sup> De acordo com a resolução da Anvisa, nº 54, de 12 de novembro de 2012,<sup>103</sup> para um alimento ser caracterizado com alto teor de fibras deve conter valor mínimo de 6 g por 100 g de alimento, desta forma, com exceção da araruta, os substratos em estudo podem ser considerados ricos em fibras.

---

Oleracea) e de casca de bacaba (*Oenocarpus Bacaba*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e2710413724-e2710413724, 2021.

<sup>99</sup> BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 360, 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 dez. 2003.

<sup>100</sup> BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Resolução-RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR). de proteína, vitaminas e minerais, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2005.

<sup>101</sup> BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 54, 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2012.

<sup>102</sup> DE OLIVEIRA MONTEIRO, V. C.; LIMA, A. R. N.; RODRIGUES, T. A.; LEMOS, J. D. O. M.; CÂMARA, G. B.; DE SOUZA OLIVEIRA, L.; DA SILVA JÚNIOR, A. F. Determination of the nutritional composition of functional gluten-free cookies prepared with green banana flour and quinoa flour. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49985-50001, 2021.

<sup>103</sup> BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 54, 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2012.

As fibras alimentares são classificadas como fibras dietéticas insolúveis e solúveis, de acordo com sua solubilidade em água <sup>104, 105</sup> A maioria dos alimentos que contêm fibras, em sua composição têm mais fibra dietética insolúvel do que solúvel. <sup>106</sup> As fibras dietéticas englobam várias estruturas, que diferem em vários aspectos, como por exemplo, a facilidade de digestão por bactérias da flora intestinal e sua influência no organismo humano. A fibra bruta é um componente da fibra alimentar, formado por celulose, lignina e parcialmente hemicelulose. <sup>107</sup>

A castanha da macaúba obteve valores mais elevados para FDN (60,97%), FDA (44,52%), lignina (17%) e celulose (47,02%). Entretanto, a araruta obteve os menores valores para esses indicadores de fibras, com exceção da lignina. A FDN (celulose, hemicelulose e lignina) e FDA (lignina e celulose) são as diferentes frações de fibra que definem a qualidade dos alimentos. <sup>108</sup> A celulose e lignina são fibras insolúveis, sendo que a celulose auxilia o intestino a realizar a digestão de forma eficiente e, também se liga a outros micronutrientes e toxinas, como os ácidos biliares. Já a lignina é composta por diferentes espécies químicas, incluindo ácido ferúlico, ácido cumárico, ácido vanílico e vanilina, além de ser resistente à ação de enzimas e bactérias, fixa os ácidos biliares e é insolúvel em meio ácido. Além de que, a celulose e a lignina são importantes na ligação de metais pesados, mas não tanto quanto como as hemiceluloses, que exibem fortes propriedades de adsorção para metais. <sup>104</sup>

Os valores calóricos teóricos foram obtidos através do cálculo da soma dos valores de CT multiplicado por quatro, mais os valores de PB multiplicado por quatro e mais os valores de EE multiplicado por nove. O farelo de gergelim apresentou o maior valor (488,94 kcal) e a polpa da macaúba o menor (353,30 kcal).

---

<sup>104</sup> VAZQUEZ ENCALADA, S.; SEGURA CAMPOS, M. R. Mucuna pruriens fiber: nutritional, functional and biological properties. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 120-126, 2020.

<sup>105</sup> ZHANG, H. et al. Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review. **Food Research International**, v. 113, p. 24-35, 2018.

<sup>106</sup> PÉREZ-CHABELA, M. L.; HERNÁNDEZ-ALCÁNTARA, A. M. Agroindustrial coproducts as sources of novel functional ingredients. In: **Food processing for increased quality and consumption**. Academic Press, 2018. p. 219-250.

<sup>107</sup> BIEL, W.; KAZIMIERSKA, K.; BASHUTSKA, U. Nutritional value of wheat, triticale, barley and oat grains. **Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica**, v. 19, n. 2, p. 19-28, 2020.

<sup>108</sup> AYELE, H. H.; LATIF, S.; BRUINS, M. E.; MÜLLER, J. Partitioning of proteins and anti-nutrients in cassava (manihot esculenta crantz) leaf processing fractions after mechanical extraction and ultrafiltration. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1714, 2021.

Conforme os dados da Tabela 3, todos os substratos estudados podem ser classificados como produtos com elevado teor calórico, pois a Anvisa (1998)<sup>109</sup> estabelece que um produto alimentício é considerado fonte de energia, se ele contiver 40 kcal por 100g de sólido e para valores inferiores a 20 kcal por 100 gramas é classificado como baixo em calorias.

Os valores de carboidratos totais variam entre 27,94% e 88,46%, conforme calculado pela diferença da soma dos valores de umidade, proteínas, lipídios e cinzas das amostras. Como já era esperado, o maior valor obtido foi para a farinha da araruta, pelo fato de ser rica em amido.<sup>110</sup> Os valores diários de referência de nutrientes recomendado pela RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003<sup>97</sup> para carboidratos é de até 300 gramas.

Ao correlacionar os dados obtidos deste estudo (Tabela 3) com os encontrados por Revelo (2020)<sup>11</sup>, os valores próximos observados foram para as análises de MM (6,61%), FDA (14,89%) e MO (93,30%) para o farelo da polpa da macaúba e os de MM (3,11%), PB (23,72%), FDA (47,34%) e MO (96,89%) para o farelo da castanha. Em estudos realizados por Farinazzi-Machado et al (2018)<sup>111</sup> avaliando as características nutricionais da polpa e castanha da macaúba, encontrou os seguintes valores para as análises de cinzas foram de 1,53%, fibra bruta de 32% e proteínas de 10,34% para a castanha da macaúba e os valores de cinzas foram de 3,55%, fibra bruta de 14,35% e proteínas de 8,58% para a polpa, já em estudos de Fonseca, de Souza e Pereira (2022)<sup>112</sup> os valores de cinzas foram de 3,88%, fibra bruta de 10,37%, proteínas de 6,54% para polpa da macaúba. Ao comparar os resultados da Tabela 3 com os obtidos por Farinazzi-Machado et al (2018) e Fonseca, de Souza e Pereira (2022), o farelo da castanha apresentaram valores maiores para as análises de MM (3,68%), PB (25,33%) e para o farelo da polpa para as análises de MM (4,90%) e FB (21,18%).

---

<sup>109</sup> BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 57, 13 de janeiro de 1998. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jan. 1998.

<sup>110</sup> ARAÚJO, M. S.; DA SILVA, L. C. G.; ANDRADE, V. Q. L.; DE GÓES CARNEIRO, A. P.; DE ALENCAR COSTA, E.; FERNANDES, L. E. S. Araruta, seu beneficiamento e utilização em preparações gastronômicas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e387101522776-e387101522776, 2021

<sup>111</sup> FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; GIANNONI, J. A.; MARINELLI, P. S.; TANIGUCHI, E. T.; SOUZA, N. N.; SILVA, A. R. Perfil físico-químico, colorimétrico e sensorial de barras de cereais com polpa e amêndoas de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.). **Revista Unimar Ciências**, v. 27, n. 1-2, 2018.

<sup>112</sup> FONSECA, R. S. K.; DE SOUZA, L. D. S. S.; PEREIRA, A. M. Evaluation of the antimicrobial activity of macaúba oil (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart). **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 23945-23962, 2022.

### **5.1.2 Caracterização das misturas dos substratos**

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados experimentais relativos à caracterização inicial das misturas dos farelos de gergelim, castanha e polpa da macaúba e da farinha de araruta, em base seca.

Os valores obtidos das misturas dos substratos apresentaram valores proporcionais com as médias de cada farelo individual, conforme as Tabelas 2 e 3 da caracterização inicial (base úmida e seca, respectivamente).

Os principais parâmetros nutricionais aqui considerados são: proteína bruta, fibras, extrato etéreo (teor de gorduras), carboidratos e matéria mineral (cinzas).

Em cada parâmetro uma ou mais amostras das misturas se destaca. Todas as amostras contendo gergelim ou castanha da macaúba apresentaram os valores mais altos de gorduras. As amostras contendo gergelim também se destacaram na quantidade de proteína bruta. Todas as amostras contendo gergelim também apresentaram maior teor de cinzas, sendo que a associação GG/PM (50/50) foi o maior teor. O carboidrato (calculado) apresentou maiores índices para amostras contendo araruta, como era esperado. Entretanto, a associação de araruta e polpa de macaúba (30/70) foi a amostra mais rica nesse parâmetro nutricional.

**Tabela 4:** Resultados das análises de caracterização para as misturas do farelo de gergelim (GG), do farelo da castanha da macaúba (CM), do farelo da polpa da macaúba (PM) e da farinha da araruta (AR), corrigidos para base seca

Análises	AMOSTRAS (%)							
	AR/GG 30/70	AR/CM 30/70	AR/PM 30/70	GG/CM 50/50	GG/PM 50/50	GG/AR/CM 40/20/40	GG/AR/PM 40/20/40	GG/AR/CM/PM/ 30/10/30/30
<b>Matéria Seca (MS)</b>	93,44 ± 0,26	92,82 ± 0,11	91,87 ± 0,22	92,71 ± 0,03	92,42 ± 0,36	94,71 ± 0,03	92,33 ± 0,34	92,72 ± 0,44
<b>Umidade (UM)</b>	6,65 ± 0,48	7,47 ± 0,13	8,5 ± 0,25	5,44 ± 0,03	8,25 ± 0,41	6,92 ± 0,28	8,39 ± 0,39	8,03 ± 0,50
<b>Cinzas (MM)</b>	4,94 ± 0,10	3,05 ± 0,01	3,74 ± 0,22	4,93 ± 0,02	5,28 ± 0,24	4,43 ± 0,08	4,61 ± 0,08	4,46 ± 0,07
<b>Extrato Etéreo (EE)</b>	19,18 ± 0,34	12,14 ± 0,47	3,22 ± 0,10	19,86 ± 0,36	16,45 ± 0,09	17,64 ± 0,22	14,42 ± 0,54	14,44 ± 0,46
<b>Proteína Bruta (PB)</b>	25,22 ± 0,81	17,96 ± 0,30	2,42 ± 0,36	30,37 ± 0,20	19,62 ± 0,25	25,34 ± 0,43	15,58 ± 0,67	19,71 ± 0,43
<b>Fibra Bruta (FB)</b>	8,81 ± 0,08	20,18 ± 0,06	5,08 ± 0,21	17,48 ± 0,36	5,85 ± 0,51	15,44 ± 0,44	4,45 ± 0,32	11,88 ± 0,33
<b>FDN</b>	25,85 ± 0,11	42,57 ± 0,63	20,57 ± 0,80	39,38 ± 0,75	22,25 ± 0,56	34,09 ± 0,62	20,62 ± 0,94	44,02 ± 0,85
<b>FDA</b>	12,69 ± 0,85	29,84 ± 0,19	12,70 ± 0,60	23,52 ± 0,33	13,83 ± 0,53	20,97 ± 0,02	12,51 ± 0,21	21,68 ± 0,24
<b>Lignina (LIG)</b>	3,23 ± 0,17	9,64 ± 0,74	2,01 ± 0,27	6,04 ± 0,60	0,78 ± 0,18	4,51 ± 0,33	0,40 ± 0,09	4,90 ± 0,51
<b>Celulose (CEL)</b>	24,37 ± 0,15	35,54 ± 0,34	18,33 ± 0,25	38,32 ± 0,48	21,75 ± 0,04	33,10 ± 0,44	18,79 ± 0,30	40,89 ± 0,55
<b>Hemicelulose Teórica* (HT)</b>	13,15	13,11	15,86	22,33	8,1	8,42	12,63	7,87
<b>MO Teórica** (MO)</b>	95,06	96,95	96,26	95,07	94,72	95,57	95,39	95,54
<b>Carboidratos totais (CT)</b>	44,01	59,38	82,12	39,4	50,4	45,67	57,00	53,36
<b>Valor Calórico (VC) (kcal)***</b>	449,54	418,62	367,14	457,82	428,13	442,8	420,1	422,24

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata. FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica\*= %FDN-%FDA. MO Teórica\*\*= Matéria Orgânica Teórica= 100-Cinzas. Carboidratos totais= 100 - (Umidade + Proteínas + Lipídios + Cinzas). Valor Calórico= (4xCT)+(4xPB)+(9xEE), resultados expressos em kcal\*\*\*.



## 5.2 BIOCONVERSÃO E ENRIQUECIMENTO POR MICRORGANISMOS

### 5.2.1 Variação da umidade e crescimento micelial

No processo de bioconversão, o teor de umidade dos substratos está diretamente relacionado ao crescimento dos fungos. A quantidade de água influencia na disponibilidade de nutrientes e oxigênio, mas em excesso pode limitar a respiração do fungo impedindo seu desenvolvimento, pois ocupa lugares preenchidos pelo ar.

Como cada substrato possui absorção de água diferente é necessário observar e cuidar do aspecto final das amostras. O ideal é que as amostras apresentem aspecto de grumos.<sup>113</sup>

Para o desenvolvimento dos fungos a umidade pode variar. Para a maioria dos fungos a umidade varia de 20 a 70% e durante o período de estimulação do microrganismo e germinação deve variar entre 60-75% e 85-97%, respectivamente, favorecendo um crescimento satisfatório do *Pleurotus spp.*<sup>114</sup>

Na tabela 5 estão apresentados os percentuais de umidade obtidos para cada amostra nos dois métodos testados (método 1: variações de volumes - 25 mL e 40 mL e método 2: volume 500 mL - imersão 12 horas). Através dos valores apresentados nessa tabela é possível fazer uma previsão da potencialidade de crescimento dos fungos estudados (*Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*), nas condições experimentais usadas.

---

<sup>113</sup> ARAÚJO, N. L.; AVELINO, K. V.; HALABURA, M. I. W.; MARIM, R. A.; KASSEM, A. S. S.; SANTANA, T. T.; DO VALLE, J. S. Production of mycelial biomass and lignocellulolytic enzymes of *Pleurotus spp.* in liquid culture medium. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e6810111406-e6810111406, 2021.

<sup>114</sup> BELLETTINI, M. B.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S., HORNUNG, P. S.; RIBANI, R. H. Factors affecting mushroom *Pleurotus spp.* **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 4, p. 633-646, 2019.

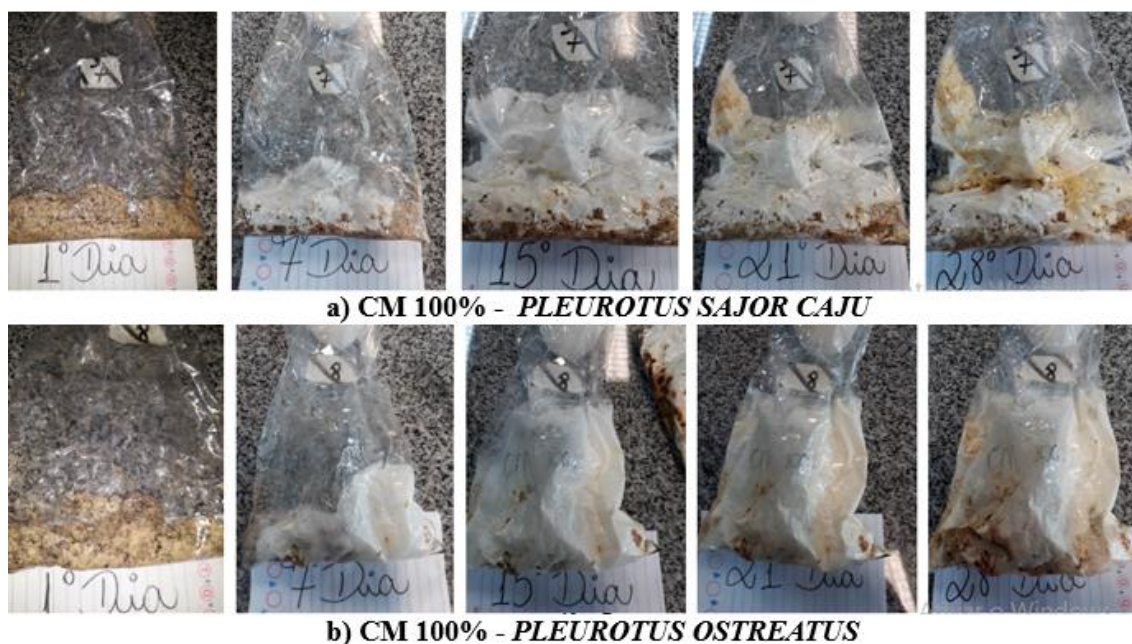
**Tabela 5:** Umidades testadas nas amostras, fungos utilizados e resultados da miceliação. Quantidade de água adicionada nas amostras, para testes de umidade 01 e 02

Amostras	Quantidade de água	Crescimento <i>Pleurotus Sajor-caju</i>		Crescimento <i>Pleurotus Ostreatus</i>	
		Umidade (%)	Crescimento do fungo	Umidade (%)	Crescimento do fungo
<b>GG 100</b>	25 mL	65,78 ± 0,05	Sim	59,80 ± 0,44	Sim
	40 mL	71,00 ± 0,37	Sim	71,91 ± 0,04	Sim
	500 mL	81,70 ± 0,05	Sim	82,30 ± 0,25	Sim
<b>AR 100</b>	25 mL	57,80 ± 0,47	Sim	59,93 ± 0,44	Sim
	40 mL	72,18 ± 0,32	Sim	72,26 ± 0,32	Sim
	500 mL	71,50 ± 0,36	Sim	70,05 ± 0,19	Sim
<b>CM 100</b>	25 mL	63,01 ± 0,23	Sim	62,68 ± 0,49	Sim
	40 mL	72,56 ± 0,39	Sim	72,16 ± 0,50	Sim
	500 mL	70,80 ± 0,90	Sim	71,60 ± 0,27	Sim
<b>PM 100</b>	25 mL	67,05 ± 0,06	Sim	67,84 ± 0,36	Sim
	40 mL	77,96 ± 0,14	Sim	77,69 ± 0,36	Sim
	500 mL	79,41 ± 0,48	Sim	80,61 ± 0,33	Sim
<b>AR/GG 30/70</b>	25 mL	61,69 ± 0,59	Sim	62,35 ± 0,61	Sim
	40 mL	74,30 ± 0,24	Sim	73,11 ± 0,42	Sim
	500 mL	83,70 ± 0,47	Sim	79,94 ± 0,27	Sim
<b>GG/AR/CM 40/20/40</b>	25 mL	61,53 ± 0,27	Sim	63,21 ± 1,70	Sim
	40 mL	72,53 ± 0,52	Sim	72,40 ± 0,32	Sim
	500 mL	79,50 ± 0,05	Sim	71,60 ± 0,27	Sim
<b>GG/CM 50/50</b>	25 mL	67,42 ± 0,19	Sim	65,32 ± 0,61	Sim
	40 mL	73,33 ± 0,14	Sim	72,68 ± 0,51	Sim
	500 mL	76,90 ± 0,52	Sim	77,82 ± 0,24	Sim
<b>GG/AR/CM/PM 30/10/30/30</b>	25 mL	64,65 ± 0,84	Sim	64,52 ± 0,36	Sim
	40 mL	73,55 ± 0,31	Sim	73,30 ± 0,49	Sim
	500 mL	83,05 ± 0,41	Sim	81,42 ± 0,81	Sim
<b>GG/AR/PM 40/20/40</b>	25 mL	64,70 ± 0,07	Sim	64,19 ± 0,22	Sim
	40 mL	77,37 ± 0,50	Sim	77,04 ± 0,26	Sim
	500 mL	83,36 ± 0,41	Sim	83,55 ± 0,52	Sim
<b>GG/PM 50/50</b>	25 mL	64,45 ± 0,12	Sim	64,88 ± 0,09	Sim
	40 mL	72,41 ± 0,46	Sim	72,94 ± 0,15	Sim
	500 mL	80,57 ± 0,09	Sim	80,61 ± 0,33	Sim
<b>AR/CM 30/70</b>	25 mL	63,34 ± 0,01	Sim	63,12 ± 0,83	Sim
	40 mL	72,40 ± 0,42	Sim	71,45 ± 0,43	Sim
	500 mL	72,00 ± 0,64	Sim	72,09 ± 0,40	Sim
<b>AR/PM 30/70</b>	25 mL	65,93 ± 0,13	Sim	65,91 ± 0,26	Sim
	40 mL	76,82 ± 1,03	Sim	76,48 ± 0,46	Sim
	500 mL	81,03 ± 0,81	Sim	83,55 ± 0,52	Sim

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; Teste 1: variações de volumes – 25 mL e 40 mL e Teste 2: volume 500 mL - imersão 12 horas.

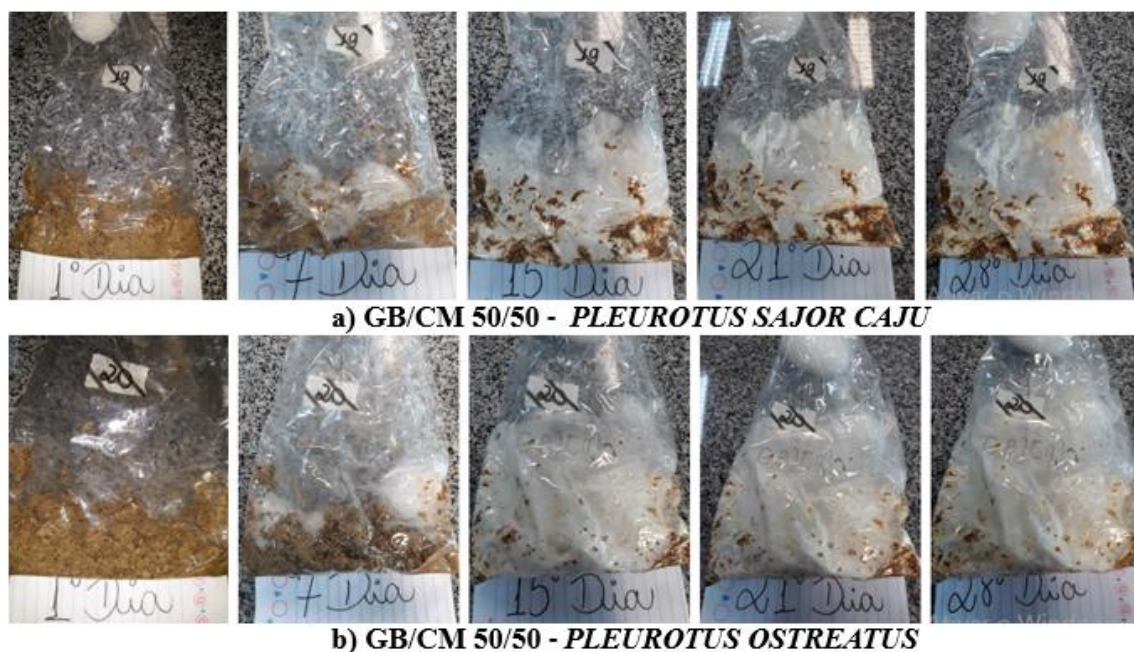
Para todos os volumes testados (métodos 1 e 2), houve crescimento para os dois fungos (*P. sajor-caju* e *P. ostreatus*), como pode ser verificado na Tabela 5. Nos testes, a umidade das amostras variou de 60% a 83%, aproximadamente, estando de acordo com os valores citados na literatura.<sup>107</sup> Nas figuras 5 e 6 é possível observar a evolução e o crescimento dos fungos *Pleurotus sajor caju* e *Pleurotus ostreatus* para as amostras de

CM 100% e de GB/CM 50/50 em um período total de 30 dias, representando o primeiro, sétimo, décimo quinto, vigésimo primeiro e vigésimo oitavo dia, respectivamente.



**Figura 5:** Evolução e crescimento dos fungos (a) *Pleurotus sajour caju* e (b) *Pleurotus ostreatus* para a amostra de CM 100%

Apesar do método 2 (adição de 500 mL de água) apresentar valores de até 80% de umidade aproximadamente, optamos por usar o método 1 (adição de 40 mL de água), cujo teor de umidade variou na faixa de 70% a 77%, aproximadamente, mais próximos aos máximos recomendados pela literatura,<sup>104</sup> e possibilitou que as amostras ficassem na forma de grumos e, posteriormente apresentou melhor incorporação, crescimento e desenvolvimento dos fungos entre as amostras.



**Figura 6:** Evolução e crescimento dos fungos (a) *Pleurotus sajor caju* e (b) *Pleurotus ostreatus* para amostra de GB/CM 50/50

Durante o experimento, para todas as amostras, foi possível observar que os dois fungos se desenvolveram de maneira uniforme, nenhum se sobressaiu em velocidade de crescimento de micélio, entretanto, visualmente, observamos que nas amostras tratadas com o *Pleurotus ostreatus* as hifas se incorporaram melhor nas amostras.

### 5.3. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS APÓS BIOCONVERSÃO

De acordo com as figuras de 7 a 20, assim como as tabelas 6 e 7, é possível comparar todos os resultados das análises centesimais para as diferentes amostras, antes e após a bioconversão com os fungos *PO* e *PSC*. Os resultados foram apresentados de acordo com os resultados corrigidos para base seca.

#### 5.3.1. Composição centesimal dos substratos 100% e misturas antes (controle) e após tratamento com os fungos *PO* e *PSC*

Nas tabelas de 6 e 7 estão apresentados os resultados das análises centesimais para a farinha da araruta, para os farelos de gergelim, da polpa e da astanha da macaúba, bem como suas misturas, obtidos após 30 dias do crescimento micelial com os fungos *PO* e *PSC*.

**Tabela 6:** Resultados das análises de caracterização para o farelo de gergelim (GG), o farelo da castanha da macaúba (CM), o farelo da polpa da macaúba (PM) e a farinha da araruta (AR), antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO), corrigidos para base seca

AMOSTRAS (%)					
Análises	Tratamento	GG 100	AR 100	CM 100	PM 100
<b>Matéria Seca (MS)</b>	Controle	95,31a ± 0,20	92,31a ± 0,20	93,24a ± 0,25	90,90a ± 0,39
	PSC	88,74b ± 0,58	86,96b ± 0,27	82,54b ± 0,58	90,01a ± 0,13
	PO	88,48b ± 0,85	87,54b ± 0,44	87,34c ± 0,83	91,81a ± 0,67
<b>Umidade (UM)</b>	Controle	4,88a ± 0,22	8,0a ± 0,23	7,15a ± 0,28	9,75a ± 0,46
	PSC	11,98b ± 0,64	14,23b ± 0,10	20,15b ± 0,33	10,45a ± 0,11
	PO	11,83b ± 0,40	13,67b ± 0,55	12,91c ± 0,79	8,57a ± 0,73
<b>Cinzas (MM)</b>	Controle	6,47a ± 0,16	1,72a ± 0,02	3,68a ± 0,03	4,90a ± 0,04
	PSC	8,88b ± 0,16	2,06a ± 0,05	5,94b ± 0,28	6,14b ± 0,13
	PO	9,37b ± 0,36	1,97a ± 0,03	4,49a ± 0,45	5,39a ± 0,02
<b>Extrato Etéreo (EE)</b>	Controle	26,71a ± 0,33	0,89a ± 0,21	13,79a ± 0,12	2,38a ± 0,29
	PSC	17,87b ± 0,50	0,50a ± 0,01	0,41b ± 0,01	0,67b ± 0,02
	PO	6,31c ± 0,38	3,23b ± 0,49	6,16c ± 0,27	0,75b ± 0,05
<b>Proteína Bruta (PB)</b>	Controle	34,00a ± 0,73	0,93a ± 0,35	25,33a ± 0,35	3,41a ± 0,30
	PSC	45,01b ± 0,40	1,68a ± 0,17	39,61b ± 0,60	5,09a ± 0,24
	PO	52,48c ± 0,60	1,48a ± 0,23	32,37c ± 0,15	4,37b ± 0,20
<b>Fibra Bruta (FB)</b>	Controle	9,73a ± 0,44	1,33a ± 0,16	28,01a ± 0,33	21,18a ± 0,10
	PSC	15,74b ± 0,51	6,37b ± 0,24	19,83b ± 0,42	16,55b ± 0,59
	PO	12,82b ± 0,20	4,48b ± 0,11	12,21c ± 0,33	21,49a ± 0,54
<b>FDN</b>	Controle	31,12a ± 0,39	13,62a ± 0,39	60,97a ± 0,39	29,25a ± 0,97
	PSC	17,41b ± 0,38	53,56b ± 0,65	46,36b ± 0,44	42,53b ± 0,27
	PO	22,81c ± 0,54	47,52b ± 0,10	51,62b ± 1,07	42,70b ± 0,02
<b>FDA</b>	Controle	13,50a ± 0,93	8,12a ± 0,46	44,52a ± 0,75	15,04a ± 0,34
	PSC	11,17a ± 0,64	15,18b ± 0,22	32,20b ± 0,61	23,04b ± 0,35
	PO	11,97a ± 0,40	16,69b ± 0,41	30,79b ± 1,12	18,47a ± 0,01
<b>Lignina (LIG)</b>	Controle	1,52a ± 0,06	2,75a ± 0,03	17,0a ± 0,27	9,06a ± 0,18
	PSC	1,77a ± 0,11	1,67a ± 0,06	6,79b ± 0,65	2,81b ± 0,12
	PO	3,26a ± 0,33	1,07a ± 0,04	4,83b ± 0,55	2,16b ± 0,05
<b>Celulose (CEL)</b>	Controle	30,65a ± 0,12	11,09a ± 0,53	47,02a ± 0,03	20,71a ± 0,74
	PSC	9,06b ± 0,05	13,33a ± 0,49	25,43b ± 0,64	19,82a ± 0,49
	PO	8,51b ± 0,55	18,07b ± 0,82	26,85b ± 0,71	16,31a ± 0,05
<b>Hemicelulose Teórica* (HT)</b>	Controle	17,61	5,5	16,44	14,21
	PSC	6,23	38,37	14,15	19,48
	PO	10,84	30,82	20,83	24,23
<b>MO Teórica** (MO)</b>	Controle	93,53	98,28	96,32	95,1
	PSC	91,12	97,94	94,06	93,86
	PO	90,63	98,03	95,51	94,61
<b>Carboidratos totais (CT)</b>	Controle	27,94	88,46	50,05	79,56
	PSC	16,26	81,53	33,89	77,65
	PO	20,01	79,65	44,07	80,92
<b>Valor Calórico (VC) (kcal)***</b>	Controle	488,94	365,57	425,63	353,3
	PSC	405,91	337,34	297,69	336,99
	PO	346,75	353,59	361,2	347,91

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença estatística entre os inóculos para uma mesma formulação. Foi aplicado o Teste de Tukey (p<0,05). FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica\*= %FDN-%FDA. MO Teórica\*\*= Matéria Orgânica Teórica= 100-Cinzas. Carboidratos totais= 100 - (Umidade + Proteínas + Lipídios + Cinzas). Valor Calórico= (4xCT)+(4xPB)+(9xEE), resultados expressos em kcal\*\*\*.

**Tabela 7:** Resultados das análises de caracterização para o farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM) e farinha da araruta (AR), bem como suas misturas, antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO), corrigidos para base seca

Análises	Tratamento	AMOSTRAS (%)							
		AR/GG 30/70	AR/CM 30/70	AR/PM 30/70	GG/CM 50/50	GG/PM 50/50	GG/AR/CM 40/20/40	GG/AR/PM 40/20/40	GG/AR/CM/PM /30/10/30/30
<b>Matéria Seca (MS)</b>	Controle	93,64a ± 0,43	92,82a ± 0,11	91,87a ± 0,22	94,71a ± 0,03	92,42a ± 0,36	93,44a ± 0,26	92,33a ± 0,34	92,72a ± 0,44
	PSC	83,0b ± 0,61	85,12b ± 0,48	82,60b ± 0,18	85,22b ± 0,38	85,4b ± 0,51	84,47b ± 0,18	86,66b ± 0,50	82,85b ± 0,43
	PO	83,63b ± 0,96	86,62b ± 0,87	90,93a ± 0,47	85,92b ± 0,26	89,51c ± 0,93	85,80b ± 0,40	88,91c ± 0,57	89,18c ± 0,03
<b>Umidade (UM)</b>	Controle	6,65a ± 0,48	7,47a ± 0,13	8,5a ± 0,25	5,44a ± 0,03	8,25a ± 0,41	6,92a ± 0,28	8,39a ± 0,39	8,03a ± 0,50
	PSC	18,71b ± 0,32	16,74b ± 0,64	19,37b ± 0,10	16,01b ± 0,52	16,86b ± 0,67	17,35b ± 0,25	14,57b ± 0,64	19,37b ± 0,62
	PO	17,59b ± 0,35	13,64c ± 0,60	9,51a ± 0,55	15,57b ± 0,28	10,52c ± 0,56	16,01b ± 0,56	12,09c ± 0,61	11,59c ± 0,16
<b>Cinzas (MM)</b>	Controle	4,94a ± 0,10	3,05a ± 0,01	3,74a ± 0,22	4,93a ± 0,02	5,28a ± 0,24	4,43a ± 0,08	4,61a ± 0,08	4,46a ± 0,07
	PSC	8,52b ± 0,20	3,05a ± 0,21	3,87b ± 0,18	6,84b ± 0,29	5,12a ± 0,44	6,06b ± 0,45	4,52a ± 0,52	4,36a ± 0,56
	PO	7,02c ± 0,07	3,98a ± 0,51	4,41a,b ± 0,02	7,64b ± 0,20	8,37b ± 0,28	5,97b ± 0,30	6,52b ± 0,05	6,00b ± 0,11
<b>Extrato Etéreo (EE)</b>	Controle	19,18a ± 0,34	12,14a ± 0,47	3,22a ± 0,10	19,86a ± 0,36	16,45a ± 0,09	17,64a ± 0,22	14,42a ± 0,54	14,44a ± 0,46
	PSC	0,28b ± 0,05	3,48b ± 0,08	0,72a ± 0,02	17,51a ± 0,23	5,05b ± 0,47	2,48b ± 0,28	0,30b ± 0,02	0,58b ± 0,09
	PO	1,12b ± 0,07	6,46c ± 0,65	0,21a ± 0,01	1,40b ± 0,29	10,57c ± 0,71	4,50b ± 0,31	3,82c ± 0,57	8,58c ± 0,39
<b>Proteína Bruta (PB)</b>	Controle	25,22a ± 0,81	17,96a ± 0,30	2,42a ± 0,36	30,37a ± 0,20	19,62a ± 0,25	25,34a ± 0,43	15,58a ± 0,67	19,71a ± 0,43
	PSC	42,07b ± 0,35	25,60b ± 0,70	4,15a ± 0,22	40,42b ± 0,42	29,90b ± 0,63	38,87b ± 0,39	25,12b ± 0,30	28,97b ± 0,30
	PO	38,20b ± 0,65	27,31b ± 0,62	3,73a ± 0,26	45,21c ± 0,81	29,81b ± 0,44	32,98c ± 0,44	22,62b ± 0,07	27,70b ± 0,55
<b>Fibra Bruta (FB)</b>	Controle	8,81a ± 0,08	20,18a ± 0,06	5,08a ± 0,21	17,48a ± 0,36	5,85a ± 0,51	15,44a ± 0,44	4,45a ± 0,32	11,88a ± 0,33
	PSC	6,70a ± 0,36	15,45b ± 0,46	7,94a ± 0,17	8,53b ± 0,12	6,99a ± 0,45	8,59b ± 0,39	12,0b ± 0,47	13,20a ± 0,13
	PO	9,77a ± 0,30	13,13b ± 0,26	7,26a ± 0,20	11,64b ± 0,59	12,26b ± 0,11	11,15b ± 0,32	10,27b ± 0,70	12,50a ± 0,29
<b>FDN</b>	Controle	25,85a ± 0,11	42,57a ± 0,63	20,57a ± 0,80	39,38a ± 0,75	22,25a ± 0,56	34,09a ± 0,62	20,62a ± 0,94	44,02a ± 0,85
	PSC	31,78b ± 0,46	49,21b ± 0,46	45,90b ± 0,81	33,12b ± 0,63	51,92b ± 0,35	36,71a ± 0,27	39,81b ± 0,14	40,70a ± 0,47
	PO	39,44c ± 0,33	53,41b ± 0,30	39,42c ± 0,50	35,83b ± 0,46	43,23c ± 0,18	42,10b ± 0,84	44,17b ± 0,24	48,52b ± 0,21

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença estatística entre os inóculos para uma mesma formulação. Foi aplicado o Teste de Tukey (p<0,05). FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica\*=%FDN-%FDA. MO Teórica\*\*= Matéria Orgânica Teórica= 100-Cinzas. Carboidratos totais= 100 - (Umidade + Proteínas + Lipídios + Cinzas). Valor Calórico=(4xCT)+(4xPB)+(9xEE), resultados expressos em kcal\*\*\*.

Continuação da tabela 7.

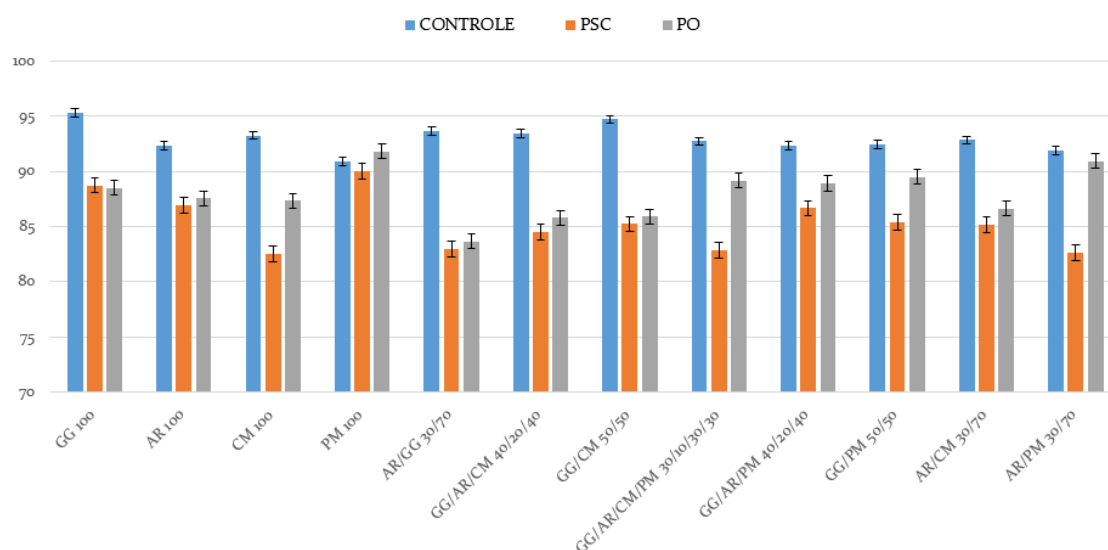
		AMOSTRAS (%)							
Análises	Tratamento	AR/GG 30/70	AR/CM 30/70	AR/PM 30/70	GG/CM 50/50	GG/PM 50/50	GG/AR/CM 40/20/40	GG/AR/PM 40/20/40	GG/AR/CM/ PM/ 30/10/30/30
<b>FDA</b>	Controle	12,69a ± 0,85	29,84a ± 0,19	12,70a ± 0,60	23,52a ± 0,33	13,83a ± 0,53	20,97a ± 0,02	12,51a ± 0,21	21,68a ± 0,24
	PSC	20,40b ± 0,24	27,46a ± 0,48	18,36b ± 0,39	22,40a ± 0,31	19,86b ± 0,61	23,14a ± 0,41	22,43b ± 0,61	26,39b ± 0,31
	PO	19,79b ± 0,51	30,61a ± 0,57	16,00b ± 0,41	24,20a ± 0,23	25,32c ± 0,89	24,21a ± 0,50	22,00b ± 0,38	28,27b ± 0,90
<b>Lignina (LIG)</b>	Controle	3,23a ± 0,17	9,64a ± 0,74	2,01a ± 0,27	6,04a ± 0,60	0,78a ± 0,18	4,51a ± 0,33	0,40a ± 0,09	4,90a ± 0,51
	PSC	4,10a ± 0,17	3,61b ± 0,38	2,03a ± 0,21	5,98a ± 0,35	2,07a ± 0,03	3,36a ± 0,35	4,27b ± 0,17	3,32a ± 0,69
	PO	4,83a ± 0,49	4,26b ± 0,29	1,26a ± 0,22	3,78b ± 0,60	9,16b ± 0,58	3,31a ± 0,27	7,61c ± 0,06	7,04b ± 0,29
<b>Celulose (CEL)</b>	Controle	24,37a ± 0,15	35,54a ± 0,34	18,33a ± 0,25	38,32a ± 0,48	21,75a ± 0,04	33,10a ± 0,44	18,79a ± 0,30	40,89a ± 0,55
	PSC	16,36b ± 0,51	23,69b ± 0,60	16,2a ± 0,43	16,19b ± 0,16	15,57b ± 0,54	18,76b ± 0,30	16,77a ± 0,61	22,29b ± 0,42
	PO	15,17b ± 0,19	26,22b ± 0,10	14,74a ± 0,19	20,57b ± 0,82	14,90b ± 0,70	20,46b ± 0,35	20,72a ± 0,46	21,90b ± 0,34
<b>Hemicelulose Teórica* (HT)</b>	Controle	10,06	12,27	9,78	12,32	15,91	28,24	19,27	24,84
	PSC	11,37	13,56	10,71	14,3	17,38	32,05	21,74	27,53
	PO	19,65	17,88	11,62	20,25	22,17	17,9	22,79	23,42
<b>MO Teórica** (MO)</b>	Controle	95,06	96,95	96,26	95,07	94,72	95,57	95,39	95,54
	PSC	91,48	96,95	96,13	93,16	94,88	93,94	95,48	95,64
	PO	92,98	96,02	95,59	92,36	91,63	94,03	93,48	94
<b>Carboidratos totais (CT)</b>	Controle	44,01	59,38	82,12	39,4	50,4	45,67	57	53,36
	PSC	30,42	51,13	71,89	19,22	43,07	35,24	55,49	46,72
	PO	36,07	48,61	82,14	30,18	40,73	40,54	54,95	46,13
<b>Valor Calórico (VC) (kcal)***</b>	Controle	449,54	418,62	367,14	457,82	428,13	442,8	420,1	422,24
	PSC	292,48	338,24	310,64	396,15	337,33	318,76	325,14	307,98
	PO	307,16	29,84a ± 0,19	12,70a ± 0,60	314,16	377,29	334,58	344,66	372,54

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença estatística entre os inóculos para uma mesma formulação. Foi aplicado o Teste de Tukey (p<0,05). FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA = Fibra em Detergente Ácido; Hemicelulose Teórica\*= %FDN-%FDA. MO Teórica\*\*= Matéria Orgânica Teórica= 100-Cinzas. Carboidratos totais= 100 - (Umidade + Proteínas + Lipídios + Cinzas). Valor Calórico=(4xCT)+(4xPB)+(9xEE), resultados expressos em kcal\*\*\*.





Os resultados encontrados para as amostras controles apresentaram os índices mais altos de MS (figura 7) e para UM os menores (figura 8), comparando com os dois fungos em todas as amostras. Ao comparar os dois fungos, para o PO foram obtidos os maiores valores para MS e, para UM, foi com o PSC.

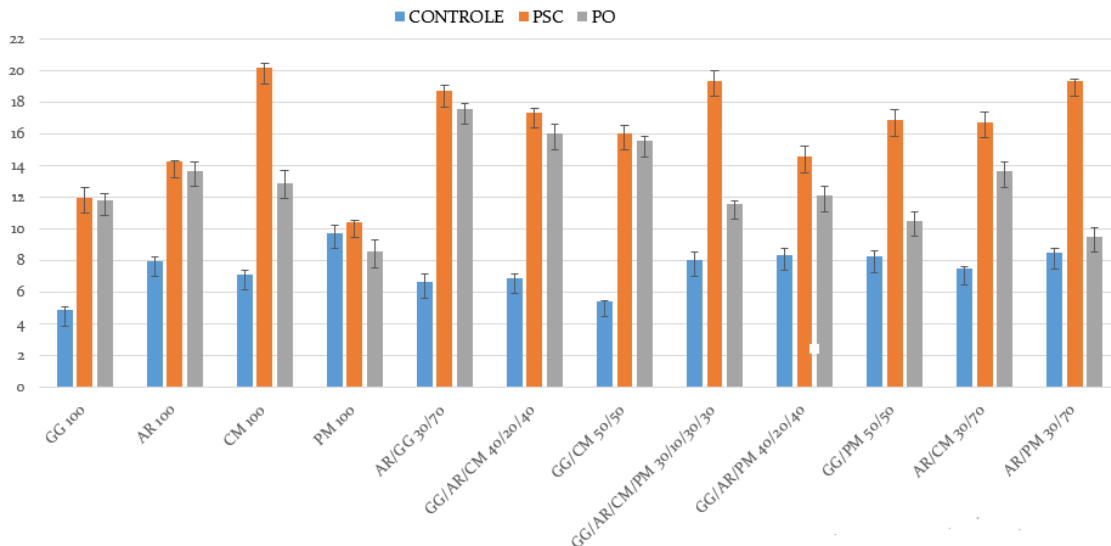


**Figura 7:** Resultados para análise de matéria seca das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

A umidade é um dos parâmetros mais importantes na avaliação de estabilidade de um produto alimentício, influenciando em seu armazenamento e processamento. Para farinhas, é vantajoso que os teores de umidade sejam baixos, uma vez que são armazenadas à temperatura ambiente, estando susceptíveis a proliferação de microrganismos, ocorrência de reações químicas e bioquímicas. As amostras estudadas variaram de 4,88% a 8,39% para os controles e após a bioconversão variaram de 8,57% a 20,15%.<sup>115</sup>

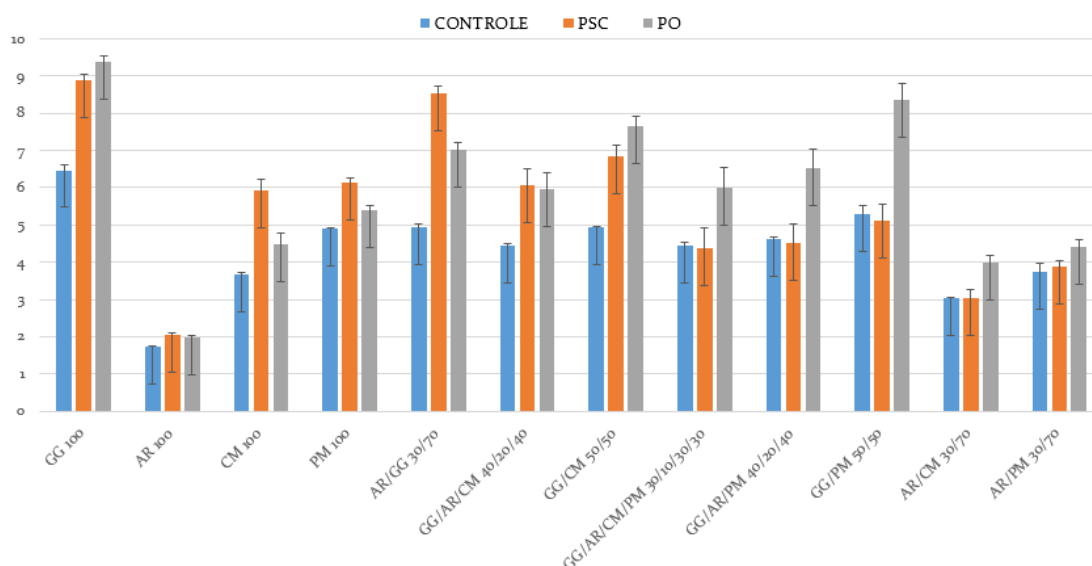
Para a legislação Brasileira o teor de UM para farinhas, amido de cereais e farelos o limite máximo de 15,0 % (g/100 g), para os substratos testados os resultados de todos controles estão dentro limite, já após a tratamento com os fungos a maioria estão acima (figura 8).<sup>90</sup>

<sup>115</sup> MACHADO, T. D. O. X.; GUEDES, T. J. F. L.; DE OLIVEIRA FERREIRA, T.; & DE MELO, B. C. A. Characterization of Isabel precoce grape residue flour and “BRS Violet” from juice production. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19260-19268, 2020.



**Figura 8:** Resultados para análise de umidade das amostras antes e após a micelização com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

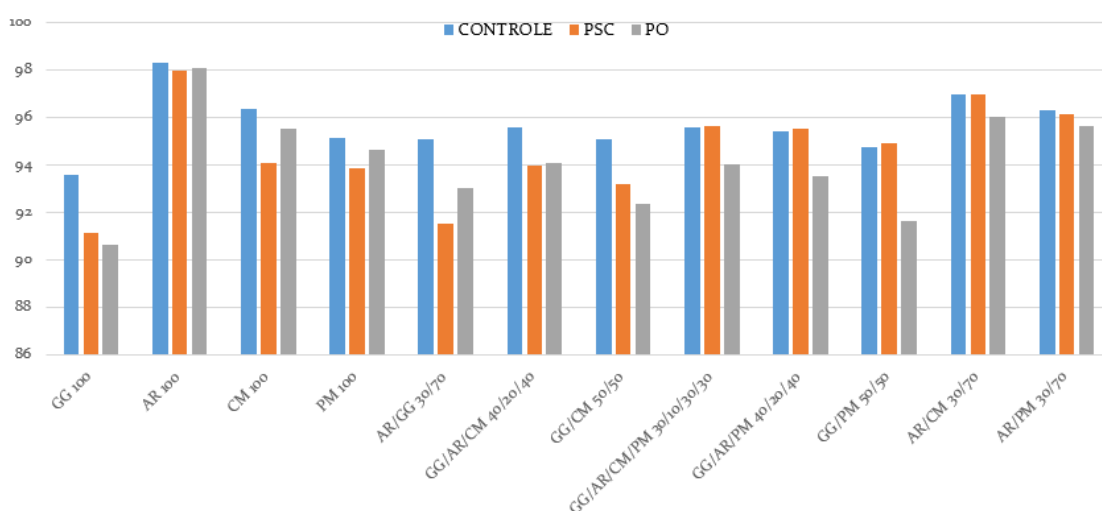
Ao examinar os dados referentes a análise de MM na figura 9, os fungos PO e PSC apresentaram desempenhos superiores aos controles, entretanto, algumas não apresentaram diferença significativa. Com o PO o valor mais elevado foi para amostra GG/PM 50/50 (8,37%) e para o PSC a amostra AR/GG 30/70 (8,52%). Com exceção da AR 100, todas as amostras controles e após micelização os valores foram superiores aos estabelecidos para a farinha de trigo (0,8 a 2,5%), indicando serem mais ricas em minerais.<sup>93</sup>



**Figura 9:** Resultados para análise de cinzas das amostras antes e após a micelização com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

Na miceliação os fungos utilizam a MO do substrato para seu desenvolvimento, consequentemente liberando minerais no meio, elevando os teores de cinzas, <sup>116</sup> desta forma, como era esperado os valores de MO nas amostras diminuíram com a bioconversão (figura 10), porém algumas não apresentaram diferença significativa.

A MO para as amostras sem tratamento com os fungos apresentaram os resultados mais elevados, com exceção para amostra GG/AR/CM/PM 30/10/30/30 (PSC), GG/AR/PM 40/20/40 (PSC), GG/PM 50/50 (PSC), AR/CM 30/70 (PSC). O fungo PSC apresentou valores mais altos, com exceção para amostras AR/GG 30/70 e GG/AR/CM 40/20/40, em comparação com os resultados do fungo PO.



**Figura 10:** Resultados para análise de matéria orgânica teórica das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

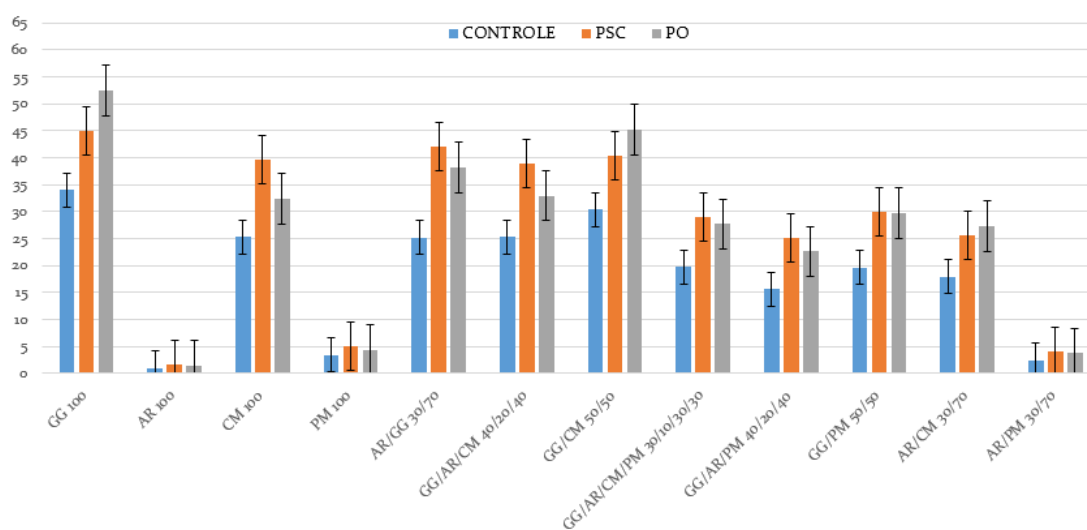
Com a bioconversão, os teores de PB de todas as amostras tiveram acréscimo, melhorando significativamente os valores para algumas amostras, de acordo com a figura 11. Os melhores incrementos foram para as amostras CM 100 (PSC), GG/CM 50/50 (PO), AR/GG 30/70 (PSC) e GG 100 (PO), aumentando aproximadamente em 14%, 15%, 16% e 18% os teores de PB, respectivamente.

As amostras controles e após tratamento com os fungos podem ser consideradas altamente proteicas, contendo valores superiores do que o preconizado por lei (12 g/100

<sup>116</sup> DE SOUZA ARAÚJO, P.; DA SILVA, P. G. P.; DE SOUZA ARAÚJO, S.; LEITE, R. S. R.; DE ANDRADE SILVA, C. A.; FONSECA, G. G. Changes in biochemical composition of cassava and beet residues during solid state bioprocess with *Pleurotus ostreatus*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 26, p. 101641, 2020.

g),<sup>13</sup> com exceção para as amostras de AR 100, PM 100 e AR/PM 30/70. Sendo assim, a maioria dos substratos ao serem incrementados na alimentação humana podem auxiliar para suprir a necessidade diária de proteínas (50 g).<sup>98</sup>

A elevação de PB é explicada à custa de outros nutrientes, isto é, os carboidratos são convertidos em biomassa fúngicas e CO<sub>2</sub>, ocasionando o aumento na quantidade de nitrogênio. Os fungos despolimerizam a parede celular e assimilam os compostos nitrogenados dos substratos, alterando a solubilidade das proteínas e melhorando a degradabilidade da biomassa vegetal.<sup>117</sup>



**Figura 11:** Resultados para análise de proteína bruta das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

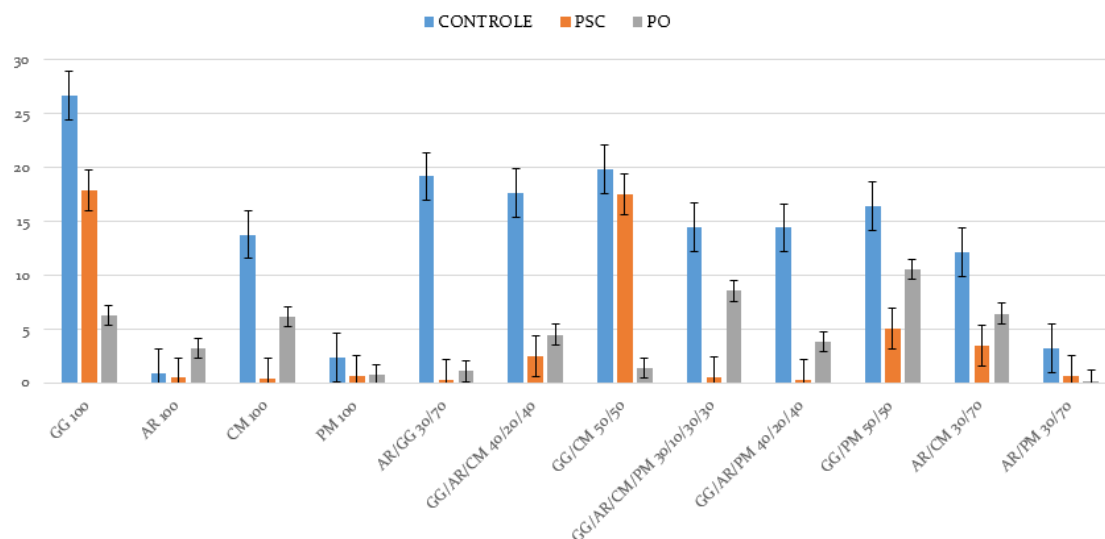
Na figura 12 é possível verificar que após a bioconversão os valores de extrato etéreo diminuíram em relação ao grupo controle, com exceção da amostra AR 100 que apresentou resultado não esperado tratado com *P. ostreatus*. Durante o crescimento micelial, os fungos consomem gordura, reduzindo assim os valores de EE, além de que, o gênero *Pleurotus* é capaz de remover substâncias lipofílicas saponificáveis ou insaponificáveis de substratos lignocelulósicos.<sup>118</sup> A redução do EE é promissora, visto

<sup>117</sup> STOFFEL, F.; SANTANA, W. D. O.; FONTANA, R. C.; GREGOLON, J. G. N.; KIST, T. B. L.; DE SIQUEIRA, F. G.; CAMASSOLA, M. Chemical features and bioactivity of grain flours colonized by macrofungi as a strategy for nutritional enrichment. **Food chemistry**, v. 297, p. 124988, 2019.

<sup>118</sup> STOFFEL, F.; DE OLIVEIRA SANTANA, W.; GREGOLON, J. G. N.; KIST, T. B. L.; FONTANA, R. C.; CAMASSOLA, M. Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 58, p. 102227, 2019.

que influencia na qualidade dos alimentos, como textura, sabor, valor calórico e perda de valor nutricional nos alimentos, devido à oxidação de lipídios.<sup>119, 120</sup>

Para o EE, comparando os fungos houve maior redução nos valores com o PSC, com exceção para amostra GG/PM 50/50, em relação aos controles. Algumas doenças estão associadas a ingestão em excesso de gorduras, a diminuição desses valores torna-se interessante do ponto de vista para manutenção da saúde humana.<sup>99</sup>

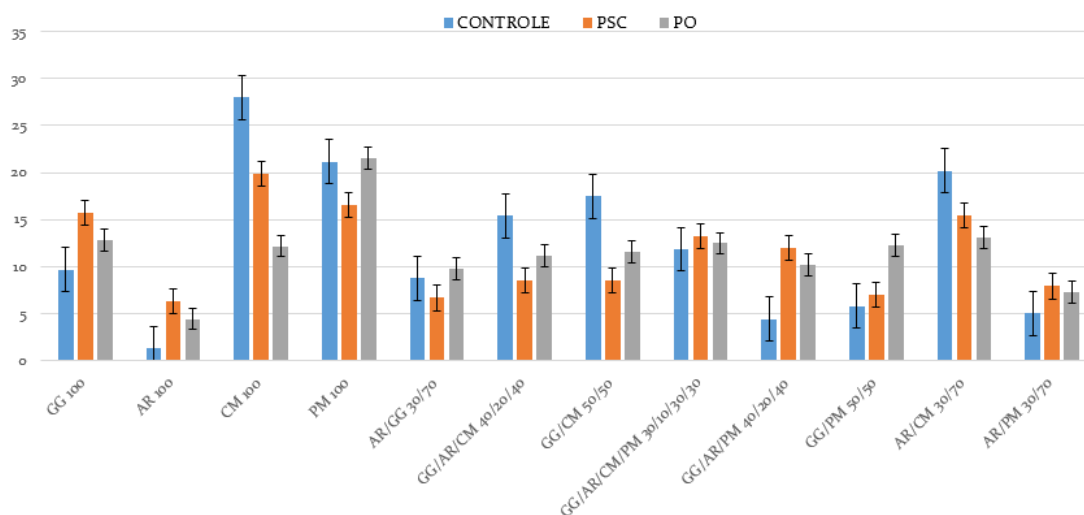


**Figura 12:** Resultados para análise de extrato etéreo das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

Analisando os resultados para FB, FDN e FDA de acordo com as figuras 13, 14 e 15 respectivamente, os valores oscilaram entre as amostras, algumas aumentaram e outras diminuiram tratadas com os fungos. As fibras FB, FDN e FDA são componentes da fibra alimentar,<sup>105</sup> sendo essenciais para o bom funcionamento da flora intestinal.<sup>104</sup>

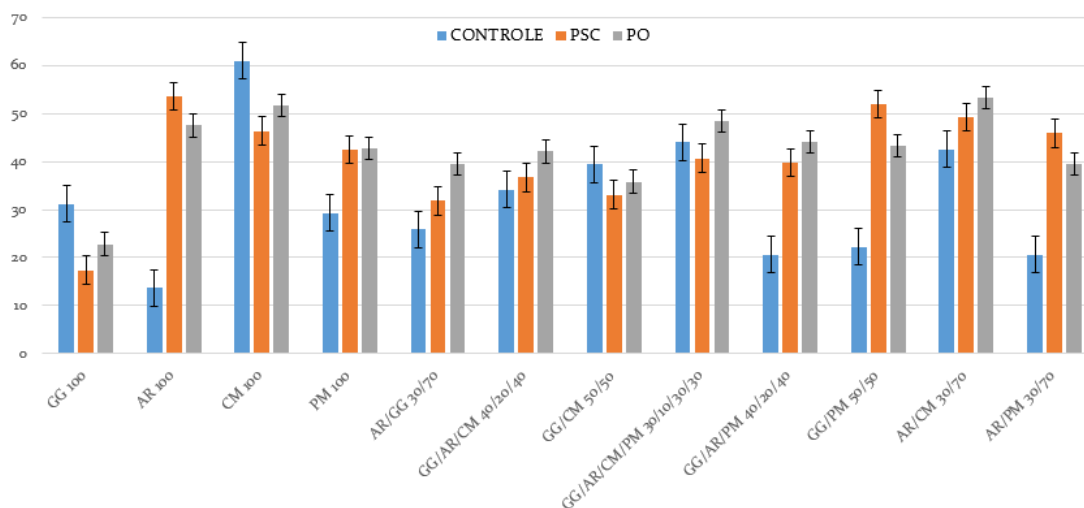
<sup>119</sup> DA SILVA, I. F. et al. High-yield cellulase and LiP production after SSF of agricultural wastes by *Pleurotus ostreatus* using different surfactants. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 101428, 2019.

<sup>120</sup> BARROS, S. K. A. et al. Obtaining and characterizing açai seed (*Euterper Oleracea*) and bacaba peel (*Oenocarpus Bacaba*) flors. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e2710413724-e2710413724, 2021.



**Figura 13:** Resultados para análise de fibra bruta das amostras antes e após a micelização com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

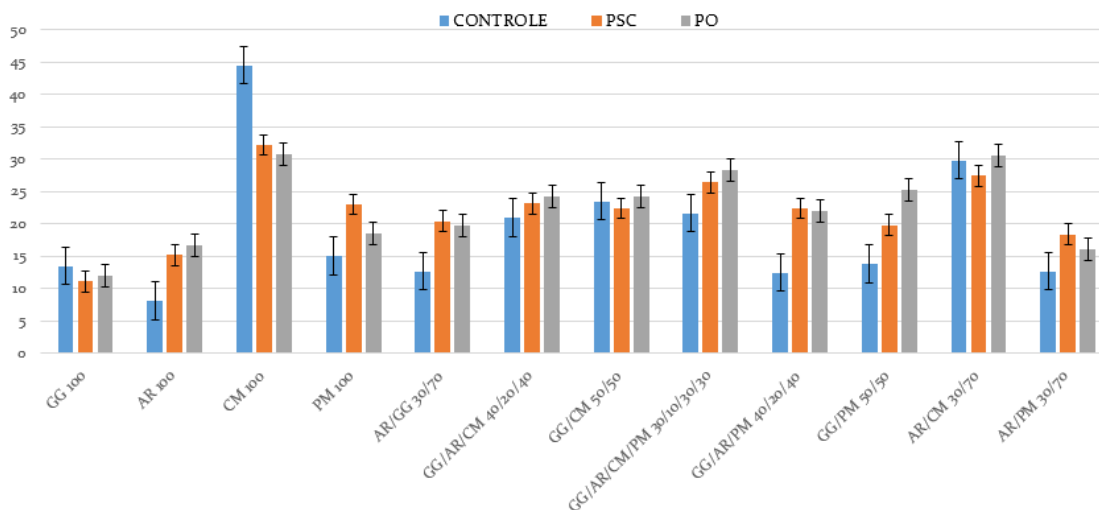
Para os resultados de FB apresentados na figura 13 mesmo as amostras que reduziram os valores com a bioconversão podem ser consideradas ricas em fibras.<sup>101</sup> Na alimentação as fibras trazem vários benefícios para saúde, como por exemplo, auxilia na redução do índice glicêmico e melhora os níveis lipídicos no sangue.<sup>121</sup>



**Figura 14:** Resultados para análise de FDN das amostras antes e após a micelização com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

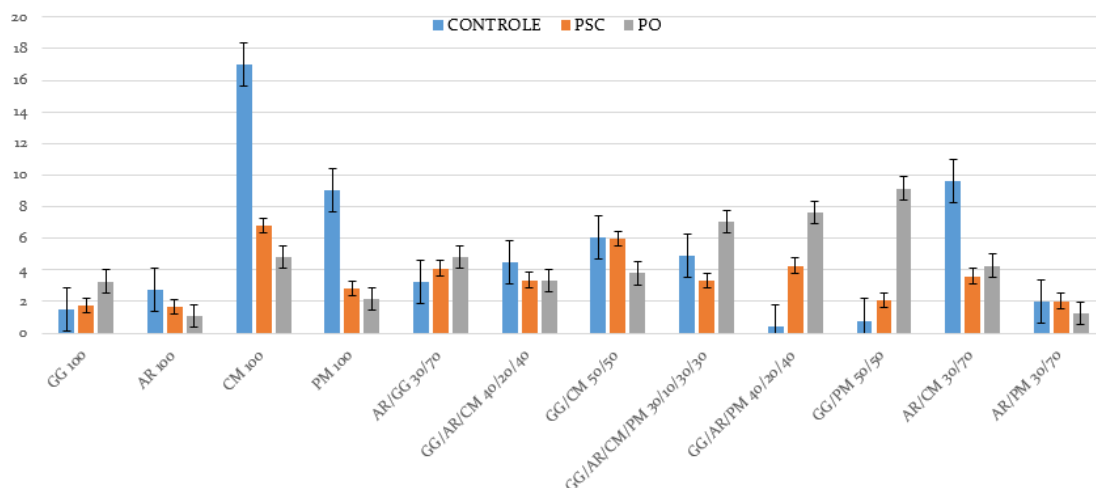
<sup>121</sup> FERREIRA, D. M.; CARVALHO, K. C. M.; NATEL, A. S.; DE FÁTIMA AGUIAR, É.; LIMA, L. F. Caracterização químico-física de biscoito formulado com ou sem farinha de hibisco. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e49011226094-e49011226094, 2022.

A amostra GG/AR/PM 40/20/40 se destacou para FB (figura 13) para os dois fungos, apresentando melhores variações. Para FDN de acordo com a figura 14, houve redução maior para amostra GG/CM 50/50 e elevação maiores para as amostras GG/PM 50/50 e AR/PM 30/70. É possível observar na figura 15 os resultados de FDA, a maioria das formulações aumentaram com os fungos e algumas não apresentaram diferença significativa, entretanto, para amostra CM 100 os valores diminuíram.



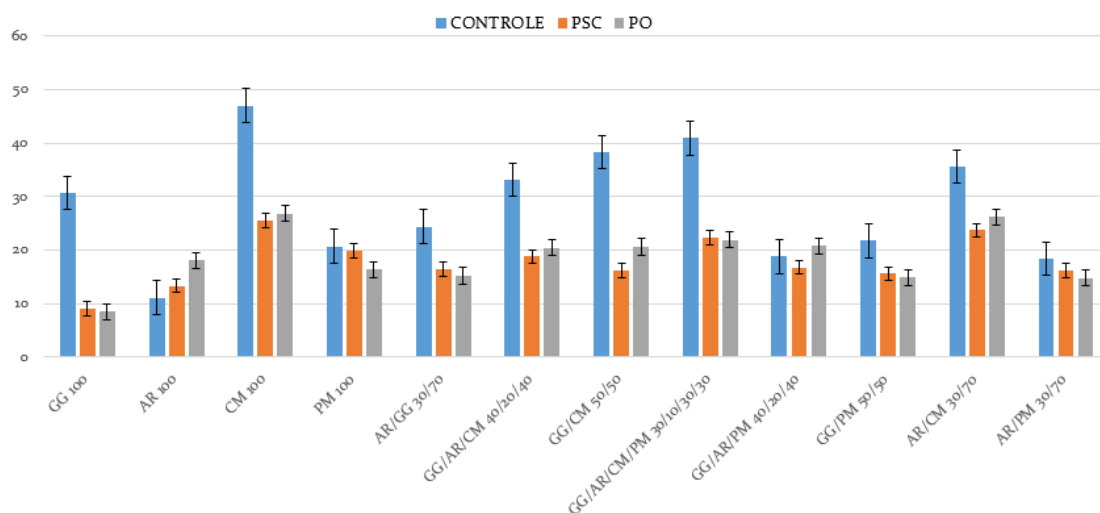
**Figura 15:** Resultados para análise de FDA das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

Com a bioconversão, houve diminuição dos índices para lignina e celulose na maioria dos substratos, como é possível observar nas figuras 16 e 17, respectivamente. Na amostra GG 100, entretanto esses valores aumentaram com o *P. ostreatus*. Para lignina, a amostra AR/CM 30/70 apresentou os menores teores para os dois fungos, ou seja, maior degradação, os mais elevados foram para as amostras GG/PM 50/50 e amostra GG/AR/PM 40/20/40 com o PO.



**Figura 16:** Resultados para análise de lignina das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

Os resultados das análises referentes a celulose (figura 17) e hemicelulose teórica (figura 18) foram inversamente proporcionais, ou seja, com os dois fungos os valores de celulose diminuíram (com exceção da amostra GG/AR/PM 40/20/40 que aumentou com o fungo PO) e para a hemicelulose aumentaram para a maioria das amostras, em relação a caracterização inicial.

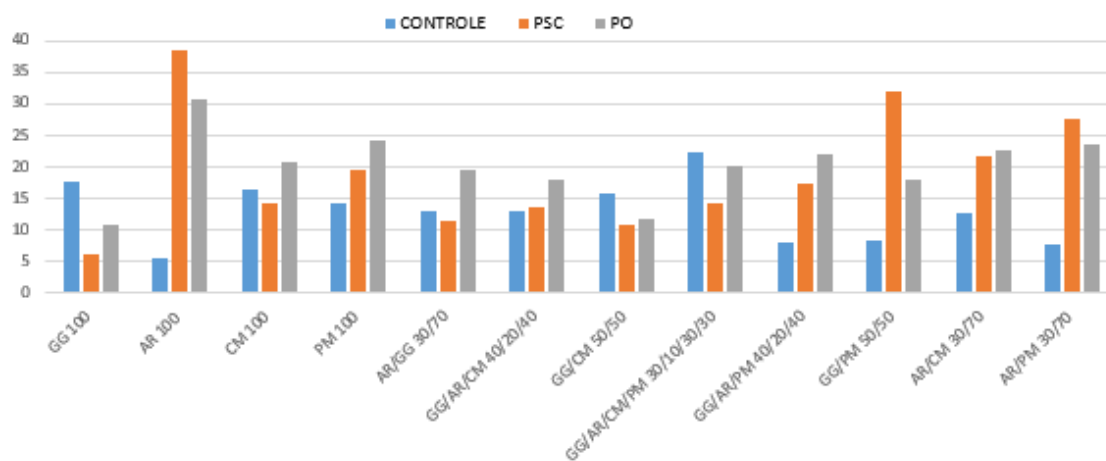


**Figura 17:** Resultados para análise de celulose das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

O aumento de HT é consequência do aumento de FDA e FDN, visto que, é um valor teórico. A redução desses tipos de fibras é vantajosa, devido a melhora da digestibilidade dos alimentos, uma vez que, o organismo humano não produz enzimas



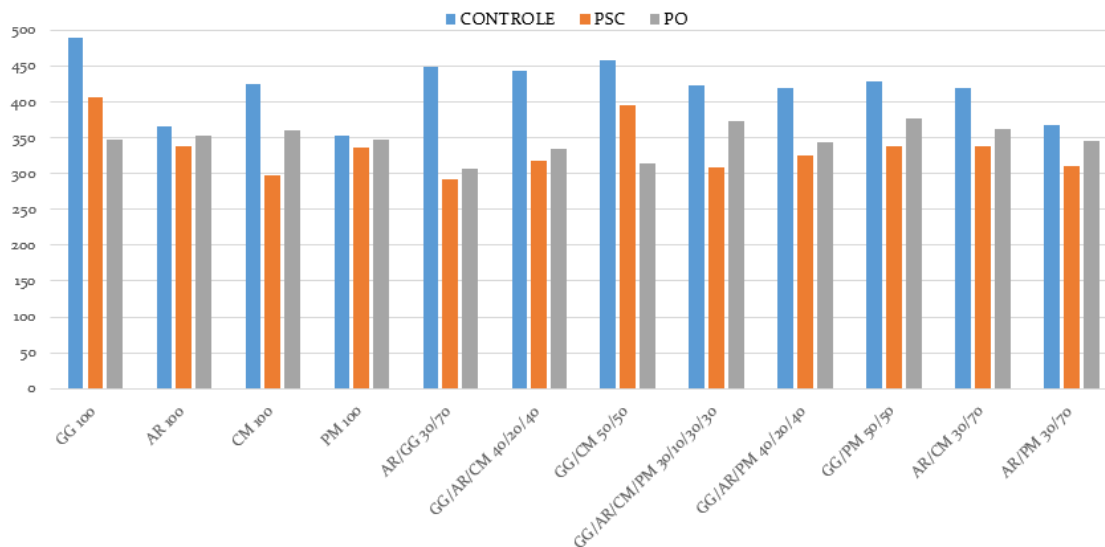
digestórias capazes de degradar totalmente essas fibras e, ao consumi-las em excesso, pode reduzir a absorção de vários nutrientes, como o ferro, cálcio e as vitaminas, entre outros.<sup>122</sup>



**Figura 18:** Resultados para análise de hemicelulose teórica das amostras antes e após a miceliação com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

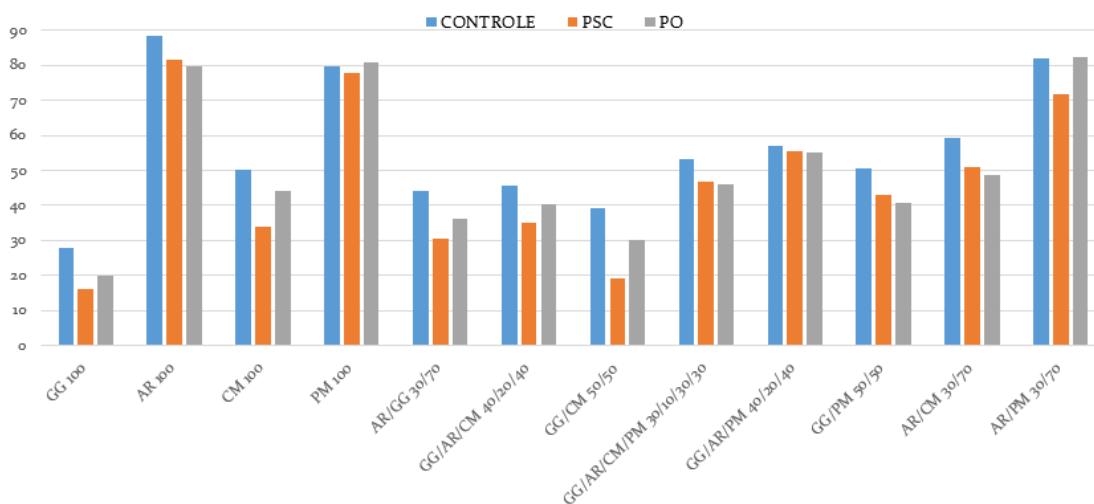
Na figura 19 estão apresentados os valores de VC e na figura 20 os de CT, ambos diminuíram em relação ao grupo controle para todas as formulações com o PO e PSC. Para o VC, mesmo com a redução dos valores as amostras podem ser apontadas com elevados teores calóricos.<sup>106</sup>

<sup>122</sup> FRANCELIN, M. F.; MACHADO, L. M.; DA SILVA, D. D. M. B.; DA SILVA ALVES, E.; PERALTA, R. M.; COSTA, S. C.; MONTEIRO, A. R. G. Desenvolvimento e caracterização de snack de milho extrusado com adição de farinha de ora-pro-nóbis. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e2910312850-e2910312850, 2021.



**Figura 19:** Resultados para análise de valor calórico das amostras antes e após a micelização com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

Os CT são fontes de energia para o organismo humano, entretanto, a sua ingestão deve ser controlada e a redução dos seus índices é promissor, uma vez que, em excesso pode contribuir para o desenvolvimento de alguns tipos de doenças.<sup>99</sup>



**Figura 20:** Resultados para análise de carboidratos totais das amostras antes e após a micelização com os fungos: PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*), em base seca

Ao analisar todos os dados comparando os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, os dois melhoraram os teores nutricionais das amostras. Entretanto, o PSC se

destacou em maior número de amostras. Os dois fungos têm potencial para agregar valor aos substratos e suas misturas, enriquecendo-os nutricionalmente, possuindo características funcionais, sendo uma ótima alternativa de nutrientes na dieta humana.

De acordo com a literatura, a bioconversão com os fungos do gênero *Pleurotus* melhorou os parâmetros nutricionais de outros substratos, como a farinha de lentilha, para utilização em produtos alimentícios. A utilização do fungo comestível *P. ostreatus* na fermentação em estado sólido de farinha de lentilha, segundo Asensio-Grau et al (2020),<sup>123</sup> aumentou os teores de proteínas e melhorou sua digestibilidade. De acordo com Garrido-Galand et al (2021),<sup>124</sup> a bioconversão utilizando leguminosas e cereais como substratos para a obtenção de farinhas funcionais, permitiu aumento nos teores de proteínas e fibras e reduziu os teores de lipídios com o fungo *P. ostreatus*.

Em estudos realizados por Viroli et al (2022)<sup>125</sup> avaliando a composição centesimal de farinhas convencionais, como a de trigo, milho e mandioca, obtiveram os seguintes valores para as análises de proteínas, fibras, cinzas e carboidrato: MM foi de 0,80%, FB foi de 2,30%, PB foi de 9,80% e CT foi de 75,82% para farinha de trigo; MM foi de 0,50%, FB foi de 5,50%, PB foi de 7,20% e CT foi de 79,10% para farinha de milho; MM foi de 1,00%, FB foi de 6,50%, PB foi de 1,20% e CT foi de 89,20% para farinha de mandioca. Ao comparar os resultados desse estudo (tabelas 6 e 7), em sua maioria, para as análises de proteínas, fibras e cinzas apresentaram valores superiores e para carboidratos valores inferiores com os obtidos por Viroli et al (2022), evidenciando o potencial nutricional das amostras utilizadas nesse trabalho em relação às farinhas convencionais.

#### **5.4. Composição em macro e microminerais dos substratos 100% antes (controle) e após tratamento com os fungos PO e PSC**

Para o bom funcionamento do corpo humano, são necessárias quantidades diferentes de macro e micronutrientes como proteínas, gorduras, carboidratos, vitaminas

---

<sup>123</sup> ASENSIO-GRAU, A.; CALVO-LERMA, J.; HEREDIA, A.; ANDRÉS, A. Enhancing the nutritional profile and digestibility of lentil flour by solid state fermentation with *Pleurotus ostreatus*. **Food & Function**, v. 11, n. 9, p. 7905-7912, 2020.

<sup>124</sup> GARRIDO-GALAND, S.; ASENSIO-GRAU, A.; CALVO-LERMA, J.; HEREDIA, A.; ANDRÉS, A. The potential of fermentation on nutritional and technological improvement of cereal and legume flours: A review. **Food Research International**, v. 145, p. 110398, 2021.

<sup>125</sup> VIROLI, S. L. M.; DA SILVA, L. G.; VAZ, A. V.; VIROLI, S. G.; CARVALHO, N. P.; DUARTE, H. A.; SALES, P. V. G. Characterization of corn cob flour and its use as an alternative for enrichment of food products. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e26111225783-e26111225783, 2022.

e minerais. A deficiência de micronutrientes, pode ocasionar impactos negativos à saúde.  
126, 127

Os minerais no organismo humano estão relacionados ao seu crescimento, desenvolvimento, manutenção e reparação, auxiliando na síntese de hormônios, sistema imunológico e funções metabólicas. Os minerais são classificados como macro e microminerais, os macrominerais (magnésio, fósforo, potássio, enxofre, sódio e cálcio) são os elementos que o corpo humano precisa em quantidades significativas (mais de 100mg/dia) e os microminerais (manganês, ferro, selênio, zinco, cromo, iodo e cobre) são necessários em quantidades menores (menor que 100mg/dia) para garantir o bom funcionamento do organismo.<sup>128, 129</sup>

Os micronutrientes Fe, Cu, Mn, Zn e macronutrientes S, K, P, Ca e Mg determinados nesse estudo foram encontrados em níveis relevantes tanto para amostras controle, quanto após a bioconversão, conforme apresentados nas tabelas 8 a 11.

Em quase a totalidade das amostras os valores de micro e macrominerais foi aumentado com o tratamento dos fungos PO e PSC. Ao comparar os fungos, o PSC apresentou os melhores incrementos em uma quantidade maior de minerais, totalizando 55,55% das amostras e com o PO foi 41,66%. Entretanto, algumas amostras houveram diminuição dos teores de macro e microminerais tratadas com os fungos em comparação aos controles, com o PSC foram para as amostras PM 100 (K), AR/PM 30/70 (Zn), GG/PM 50/50 (Cu e Zn) e AR/CM (Cu e Mn) e com o PO foram AR 100 (Ca), PM 100 (K e Ca), AR/PM 30/70 (P) e GG/PM 50/50 (Ca).

Os valores mais elevados e em um número maior de minerais (P, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn) foram encontrados nas amostras GG 100 controle e tratadas com PO (P, Mg, Cu, Mn e Zn) e com PSC (S, K, Ca e Fe), sendo os menores valores encontrados nas amostras AR 100 em comparação com todas as amostras estudadas.

---

<sup>126</sup> CHOUDHARY, P. Health benefits of nutritional value of fish and fish products for human: review based perspective. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, v. 8, p. 236-239, 2021.

<sup>127</sup> JIANG, H.; GU, Z.; MANTHEY, F.; CHEN, B.; RAO, J. Comparison of the Proximate Compositions, Nutritional Minerals, Pasting Properties, and Aroma Differences of Flours from Selected Yellow Pea Cultivars Grown across the Northern Great Plains. **ACS Food Science & Technology**, v. 1, n. 9, p. 1529-1537, 2021.

<sup>128</sup> DE SOUSA, A. P. M. et al. Parâmetros de qualidade física e química do eixo central, mesocarpo e semente de jaca submetidos a diferentes processos de secagem. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e34311427328-e34311427328, 2022.

<sup>129</sup> BRITO, E. et al. Chapter 6: Urinary Excretion of Major Minerals: Potential Indicators of Health. **Nutritional Deficiency & Impact on Health**, p. 1-15, 2021.

Os resultados das análises de minerais para as misturas dos substratos apresentaram valores proporcionais com as médias de cada farelo individual, em sua maioria, conforme pode ser observado nas tabelas 10 e 11.

**Tabela 8:** Resultados das análises dos macrominerais (**S, K, P, Ca e Mg**) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO)

Mineral (g/Kg)	Tratamento	AMOSTRAS			
		GG 100	AR 100	CM 100	PM 100
Enxofre (S)	Controle				0,81a ±
	PSC	3,0a ± 0,08	0,06a ± 0,02	2,66a ± 0,12	0,01
	PO	5,63b ± 0,04	0,28b ± 0,03	4,10b ± 0,45	0,95a ± 0,01
Potássio (K)	Controle	4,96b ± 0,16	0,23b ± 0,05	4,22b ± 0,24	0,87a ± 0,01
	PSC	0,48a ± 0,01	0,23a ± 0,01	0,27a ± 0,03	1,60a ± 0,09
	PO	0,86b ± 0,03	0,51b ± 0,03	0,76b ± 0,03	1,36b ± 0,03
Fósforo (P)	Controle	0,66c ± 0,03	0,37a ± 0,03	0,43c ± 0,07	1,12c ± 0,02
	PSC	15,26a ± 0,33	1,39a ± 0,02	13,58a ± 0,67	1,96a ± 0,01
	PO	17,65b ± 0,43	1,55a ± 0,14	18,89b ± 0,18	1,90a ± 0,50
Cálcio (Ca)	Controle	19,07c ± 0,09	1,57a ± 0,04	18,41b ± 0,99	2,16a ± 0,04
	PSC	8,96a ± 0,56	0,24a ± 0,05	0,83a ± 0,09	0,67a ± 0,02
	PO	14,74b ± 0,22	0,28a ± 0,01	1,33b ± 0,53	0,84a ± 0,14
Magnésio (Mg)	Controle	12,30c ± 0,30	0,11b ± 0,01	1,33b ± 0,16	0,47b ± 0,08
	PSC	4,27a ± 0,31	0,54a ± 0,01	2,23a ± 0,33	0,91a ± 0,01
	PO	5,51b ± 0,56	0,57a ± 0,02	5,06b ± 0,72	0,89a ± 0,01
		6,17c ± 0,12	0,60a ± 0,02	4,13c ± 1,04	1,01a ± 0,01

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença estatística entre os inóculos para uma mesma formulação. Foi aplicado o Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 9:** Resultados das análises dos microminerais (**Cu, Mn, Fe e Zn**) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO)

Mineral (mg/Kg)	Tratamento	AMOSTRAS			
		GG 100	AR 100	CM 100	PM 100
Cobre (Cu)	Controle	26,76a ± 1,55	0,72a ± 0,25	8,63a ± 1,53	3,66a ± 0,30
	PSC	35,06b ± 0,60	2,44b ± 0,75	15,93b ± 0,44	7,73b ± 0,81
	PO	41,12c ± 0,19	2,19b ± 1,65	16,39b ± 1,94	8,08b ± 1,21
Manganês (Mn)	Controle	35,93a ± 0,75	12,94a ± 0,06	32,05a ± 0,67	6,83a ± 0,76
	PSC	46,79b ± 1,20	16,27a ± 0,97	42,97b ± 0,11	8,60a ± 0,43
	PO	55,99c ± 0,41	14,86a ± 0,81	35,48a ± 1,06	8,04a ± 0,98
Ferro (Fe)	Controle	313,73a ± 1,56	42,88a ± 0,80	42,20a ± 1,40	34,35a ± 0,69
	PSC	536,73b ± 1,50	67,67b ± 0,77	68,43b ± 0,84	56,09b ± 1,65
	PO	524,33b ± 1,50	75,13b ± 0,78	65,21b ± 0,62	46,76a ± 1,61
Zinco (Zn)	Controle	61,49a ± 1,71	6,80a ± 1,26	31,49a ± 0,99	6,50a ± 0,60
	PSC	74,63b ± 1,22	10,07b ± 0,15	40,29b ± 1,77	6,85a ± 0,22
	PO	92,68b ± 1,13	8,30a ± 0,76	33,39a ± 1,45	7,48a ± 0,40

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença estatística entre os inóculos para uma mesma formulação. Foi aplicado o Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Tabela 10:** Resultados das análises dos macrominerais (**S, K, P, Ca e Mg**) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), bem como suas misturas, antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO)

Mineral(g/Kg)	Tratamento	AMOSTRAS							
		AR/GG 30/70	AR/CM 30/70	AR/PM 30/70	GG/CM 50/50	GG/PM 50/50	GG/AR/CM 40/20/40	GG/AR/PM 40/20/40	GG/AR/CM/ PM/ 30/10/30/30
<b>Enxofre (S)</b>	Controle	2,35a ± 0,13	1,73a ± 0,16	0,60a ± 0,03	2,67a ± 0,01	1,78a ± 0,16	2,56a ± 0,06	1,90a ± 0,05	2,28a ± 0,51
	PSC	4,46b ± 0,31	2,26a ± 0,12	0,67a ± 0,01	4,71b ± 0,11	3,61b ± 0,12	3,19a ± 0,16	2,29a,b ± 0,18	3,06 b ± 0,16
	PO	4,44b ± 0,13	2,14a ± 0,01	0,90a ± 0,24	3,71c ± 0,01	2,18a ± 0,10	3,64a ± 0,20	2,87b ± 0,01	3,30b ± 0,11
<b>Potássio (K)</b>	Controle	0,42a ± 0,01	0,36a ± 0,02	0,97a ± 0,01	0,39a ± 0,06	0,76a ± 0,03	0,41a ± 0,03	0,71a ± 0,03	0,65a ± 0,02
	PSC	0,76b ± 0,03	0,66b ± 0,10	1,16b ± 0,10	0,76b ± 0,03	1,25b ± 0,02	0,81b ± 0,03	1,26b ± 0,03	1,16b ± 0,03
	PO	0,56a ± 0,03	0,56b ± 0,02	1,08a,b ± 0,07	0,56a ± 0,02	1,46c ± 0,03	0,52a ± 0,01	1,02c ± 0,02	0,86c ± 0,03
<b>Fósforo (P)</b>	Controle	9,68a ± 1,33	10,06a ± 0,02	1,92a ± 0,01	14,47a ± 0,30	9,17a ± 0,67	11,88a ± 0,90	7,85a ± 0,46	10,10a ± 0,03
	PSC	15,45b ± 0,35	12,53b ± 0,16	2,20a ± 0,49	15,06a ± 1,58	9,45a ± 1,32	16,15b ± 1,32	10,33b ± 0,63	12,62b ± 0,34
	PO	14,18b ± 0,45	12,42b ± 0,63	1,76a ± 0,62	18,31b ± 0,22	11,42b ± 0,24	13,10a ± 1,28	7,99a ± 0,52	12,25b ± 1,15
<b>Cálcio (Ca)</b>	Controle	6,13a ± 0,07	0,63a ± 0,09	0,57a ± 0,06	4,75a ± 0,29	5,28a ± 0,24	3,56a ± 0,28	4,14a ± 0,44	3,21a ± 0,02
	PSC	8,20b ± 0,10	0,89a ± 0,18	0,73a ± 0,14	7,42b ± 0,22	8,26b ± 0,59	4,87a,b ± 0,19	4,98a ± 0,31	4,56b ± 0,41
	PO	9,78c ± 0,09	0,84a ± 0,27	0,57a ± 0,25	6,14b ± 0,13	5,07a ± 0,89	5,74b ± 0,52	5,68a ± 0,52	4,32b ± 0,11
<b>Magnésio (Mg)</b>	Controle	2,95a ± 0,01	1,88a ± 0,01	0,84a ± 0,02	3,64a ± 0,16	2,65a ± 0,27	2,70a ± 0,24	2,27a ± 0,18	2,55a ± 0,15
	PSC	4,79b ± 0,23	2,63b ± 0,18	0,86a ± 0,12	4,24b ± 0,03	2,74a ± 0,56	4,23b ± 0,35	3,23b ± 0,55	3,40 b ± 0,01
	PO	4,19b ± 0,07	2,58b ± 0,80	0,84a ± 0,04	4,98b ± 0,24	4,30b ± 0,62	3,67b ± 0,12	2,50a ± 0,07	3,08b ± 0,25

Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença estatística entre os inóculos para uma mesma formulação. Foi aplicado o Teste de Tukey (p<0,05).



**Tabela 11:** Resultados das análises dos microminerais (**Fe, Cu, Mn e Zn**) presentes no farelo de gergelim (GG), farelo da castanha da macaúba (CM), farelo da polpa da macaúba (PM), e farinha da araruta (AR), bem como suas misturas, antes (controle) e após miceliação com os fungos *Pleurotus sajor-caju* (PSC) e *Pleurotus ostreatus* (PO)

Mineral (mg/Kg)	Tratamento	AMOSTRAS (%)							
		AR/GG 30/70	AR/CM 30/70	AR/PM 30/70	GG/CM 50/50	GG/PM 50/50	GG/AR/CM 40/20/40	GG/AR/PM 40/20/40	GG/AR/CM/PM 30/10/30/30
Cobre (Cu)	Controle	18,43a ± 0,44	7,94a ± 0,34	3,20a ± 0,89	20,00a ± 0,25	17,15a ± 1,70	14,81a ± 0,12	14,54a ± 0,70	13,46a ± 0,09
	PSC	27,87b ± 0,61	5,93a ± 0,91	4,27a ± 0,53	23,88a,b ± 1,14	15,35a ± 1,14	21,21b ± 0,34	17,62a,b ± 0,25	16,94b ± 0,13
	PO	25,47b ± 0,98	10,21b ± 0,66	5,42a ± 1,38	27,58b ± 1,41	22,84b ± 1,35	18,71b ± 0,18	16,85b ± 0,81	18,07b ± 0,24
Manganês (Mn)	Controle	27,83a ± 1,50	28,85a ± 0,96	8,99a ± 0,47	35,48a ± 1,65	25,67a ± 1,47	28,31a ± 0,81	22,28a ± 0,97	25,87a ± 0,35
	PSC	43,68b ± 0,98	19,38b ± 0,15	11,75a ± 0,99	41,96b ± 0,56	29,91a,b ± 0,33	39,92b ± 1,07	28,88b ± 0,97	32,89b ± 0,38
	PO	40,55b ± 1,40	33,70c ± 0,96	9,43a ± 0,04	47,55b ± 0,82	34,87b ± 0,21	41,35b ± 0,78	26,95b ± 1,32	36,04b ± 0,30
Ferro (Fe)	Controle	198,37a ± 1,05	48,01a ± 0,91	51,69a ± 1,63	185,37a ± 1,63	198,32a ± 1,42	145,21a ± 1,79	199,99a ± 1,68	167,95a ± 1,52
	PSC	383,42b ± 1,14	134,41b ± 1,13	63,49a ± 1,63	215,10b ± 0,57	297,43b ± 1,47	234,87b ± 1,49	252,2b ± 0,94	212,70b ± 1,60
	PO	365,64b ± 1,47	62,02a ± 0,65	62,02a ± 0,36	240,96b ± 1,38	318,82b ± 0,67	209,63b ± 1,04	247,46b ± 1,15	252,22b ± 0,59
Zinco (Zn)	Controle	43,99a ± 0,40	26,90a ± 1,10	6,96a ± 0,43	46,63a ± 0,93	38,94a ± 0,28	36,38a ± 0,84	31,97a ± 0,72	33,17a ± 1,21
	PSC	58,39b ± 1,30	31,87a ± 0,70	2,64b ± 0,56	50,35a ± 1,61	24,88b ± 1,35	47,69b ± 1,26	37,98a ± 0,83	37,33a,b ± 0,17
	PO	59,85b ± 1,54	29,87a ± 0,64	8,67a ± 0,59	64,09b ± 1,23	50,45c ± 0,94	48,75b ± 0,65	34,23a ± 1,63	41,91b ± 0,18

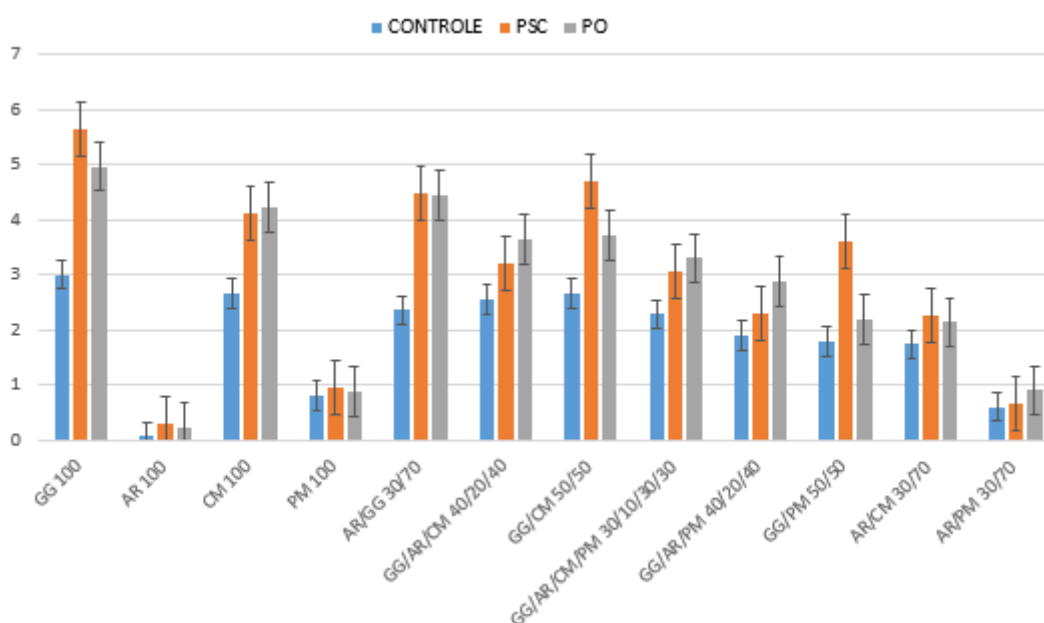
Dados apresentados como média dos valores ± desvio padrão das determinações em triplicata; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença estatística entre os inóculos para uma mesma formulação. Foi aplicado o Teste de Tukey (p<0,05).

Comparativamente, nas misturas dos substratos, os melhores valores de minerais determinados oscilaram entre as amostras GG/CM 50/50 e AR/GG 30/70. Nos controles, a amostra GG/CM 50/50 apresentou os teores mais elevados para S, P, Mg, Cu, Mn e Zn e na amostra AR/GG 30/70 foram para Ca e Fe.

Com o tratamento utilizando o fungo PSC foram encontrados maior teor S e Ca, enquanto que com o fungo PO foram Mg, P, Cu, Mn e Zn para a amostra GG/CM 50/50. E com PSC para amostra AR/GG 30/70 foram Mg, Cu, Mn, Fe e Zn e com PO foram Ca, S e P.

Para a análise de enxofre (S) conforme mostra a figura 21, a amostra GG 100 apresentou os maiores valores para os controles e após a bioconversão os melhores incrementos. Os dois fungos PSC e PO proporcionaram incrementos nos teores de S em comparação aos seus controles, oscilando os melhores entre as amostras, entretanto algumas não apresentaram diferença significativa.

No corpo humano, o S participa de vários processos bioquímicos, sendo um constituinte essencial de aminoácidos, enzimas, vitaminas e proteínas.<sup>130, 131</sup>



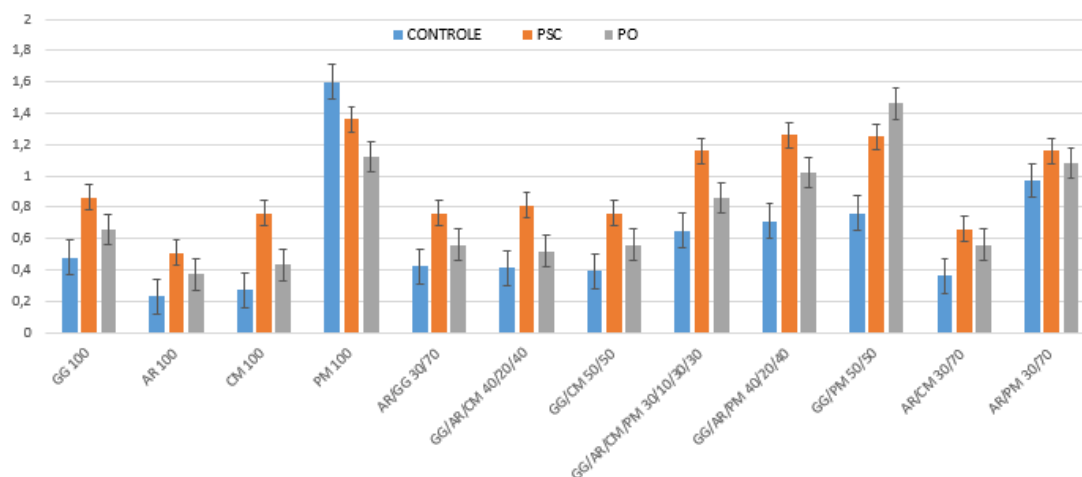
<sup>130</sup> SOKRATEVA, T.; IVANOV, D.; MIHAYLOVA, M.; NAZIFOVA-TASINOVA, N.; TASINOV, O.; IVANOVA, D.; NASHAR, M. Contribution of sulfur mineral waters to dietary sulfur intake and metabolism. *Scripta Scientifica Pharmaceutica*, v. 7, n. 2, 2021.

<sup>131</sup> DEMINA, E. N.; SAFRONOVA, O. V.; KUPRINA, I. K.; KOCHIEVA, I. V.; ABAEVA, S. K. Research of the mineral composition of freeze-dried plant powders. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012040.

**Figura 21:** Resultados do macromineral enxofre (S) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

De acordo com a figura 22, a análise de potássio (K) para a amostra PM 100 apresentou o maior valor entre os controles, porém com a bioconversão diminuíram. Para os dois fungos houveram incremento nos teores de K para as outras amostras, apresentando o maior para a amostra GG/PM 50/50 e o menor para a amostra AR 100. Ao comparar os fungos, o PSC obteve os melhores incrementos em mais amostras.

Uma alimentação rica em K pode ajudar a diminuir doenças crônicas como diabetes e hipertensão, que são fatores de riscos para doenças cardíacas e acidentes vasculares cerebrais.<sup>132, 133</sup>



**Figura 22:** Resultados do macromineral potássio (K) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

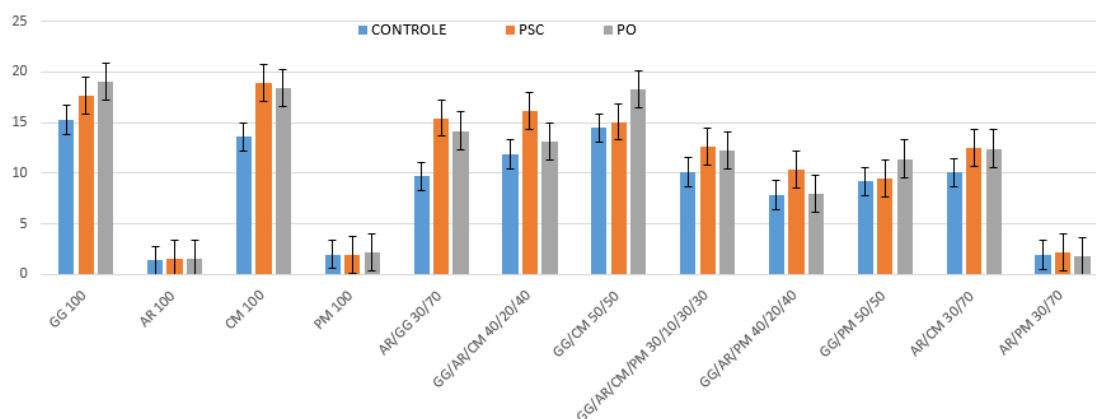
Para a análise de fósforo (P) a amostra AR 100 obteve os menores valores e a amostra CM 100 os maiores, após tratamento com os dois fungos, conforme pode ser

<sup>132</sup> DAMAK, A. M. A.; AKUBOR, P. I.; ARIAHU, C. C.; OKEREKE, G. O. Functional and Nutritional Properties of Various Flour Blends of Arrowroot Starch and wheat Flour. **Asian Food Science Journal**, v. 21, n.6, p. 12-25, 2022.

<sup>133</sup> DE OLIVEIRA MONTEIRO, V. C.; LIMA, A. R. N.; RODRIGUES, T. A.; LEMOS, J. D. O. M.; CÂMARA, G. B.; DE SOUZA OLIVEIRA, L.; DA SILVA JÚNIOR, A. F. Determination of the nutritional composition of functional gluten-free cookies prepared with green banana flour and quinoa flour. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49985-50001, 2021.

observado na figura 23. Entre os fungos PSC e PO não houve destaque entre eles, alternando os melhores valores entre as amostras.

O P é um nutriente importante para a formação, manutenção e crescimento dos ossos, além de participar de ciclos de energia celular e de enzimas que codificam e regulam todas as informações genéticas no corpo humano.<sup>99, 134</sup> O fósforo em conjunto com o cálcio, fazem parte da formação dos ossos, dentes e células nervosas no corpo humano.<sup>126</sup>

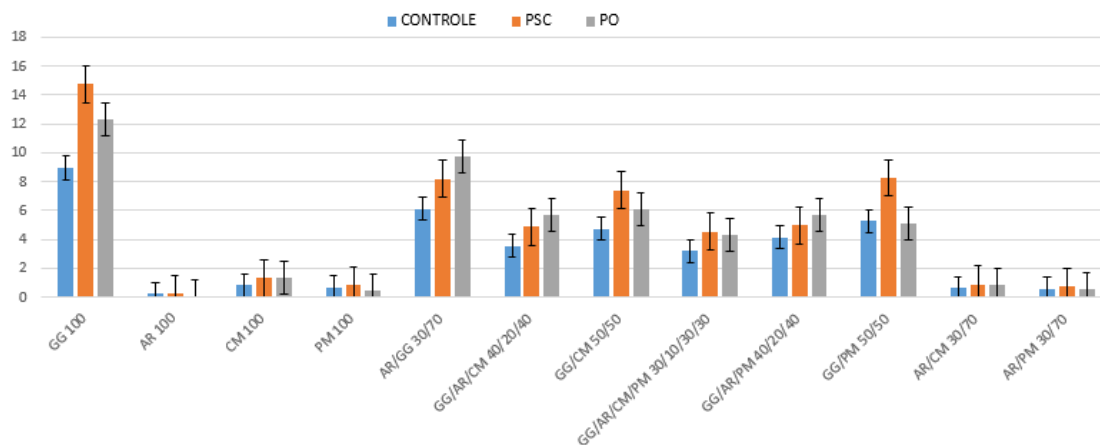


**Figura 23:** Resultados do macromineral fósforo (P) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

Os resultados para a análise de cálcio (Ca) apresentados na figura 24, para a amostra GG 100 foram os mais significativos entre os controles e miceliada com os dois fungos apresentaram os melhores incrementos. Para a maioria das amostras houve aumento nos valores de Ca com a bioconversão, mas algumas não apresentaram diferença significativa.

O Ca é um nutriente muito importante para o corpo humano, estando relacionado a prevenção da osteoporose e controle da pressão arterial, além de que, participa da maioria dos processos metabólicos.<sup>123, 129, 130</sup>

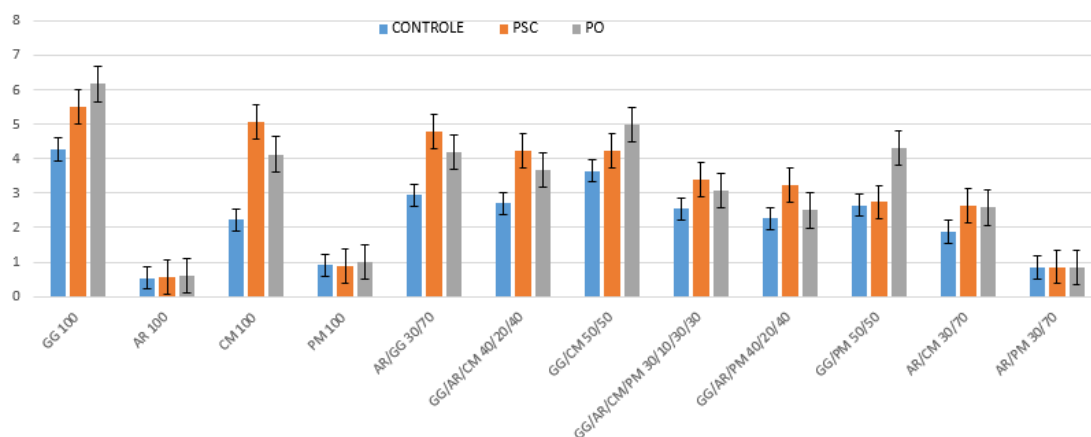
<sup>134</sup> SOUZA, M. L. R. D.; GODOY, L. C. D.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E. D.; FRANCO, N. D. P.; OLIVEIRA, G. G.; GOES, E. S. D. R. Fish meal production from tilapia, pacu and carp carcasses for inclusion in food products. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e583101621134-e583101621134, 2021.



**Figura 24:** Resultados do macromineral cálcio (Ca) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

Na figura 25, a análise de magnésio (Mg) mostrou que a amostra GG 100 obteve os maiores valores entre os controles e com a bioconversão. Após a miceliação houve incremento nos teores de Mg para a maioria das amostras, entretanto, algumas não apresentaram diferença significativa. Para a amostra CM 100 obteve os melhores incrementos tratados com os dois fungos, em comparação com os controles.

O Mg é um mineral que contribui para inúmeras atividades bioquímicas no organismo, como controle da pressão arterial, da glicemia e do ritmo cardíaco, além de contribuir para síntese proteica e fortalecer os ossos. <sup>130, 135</sup>

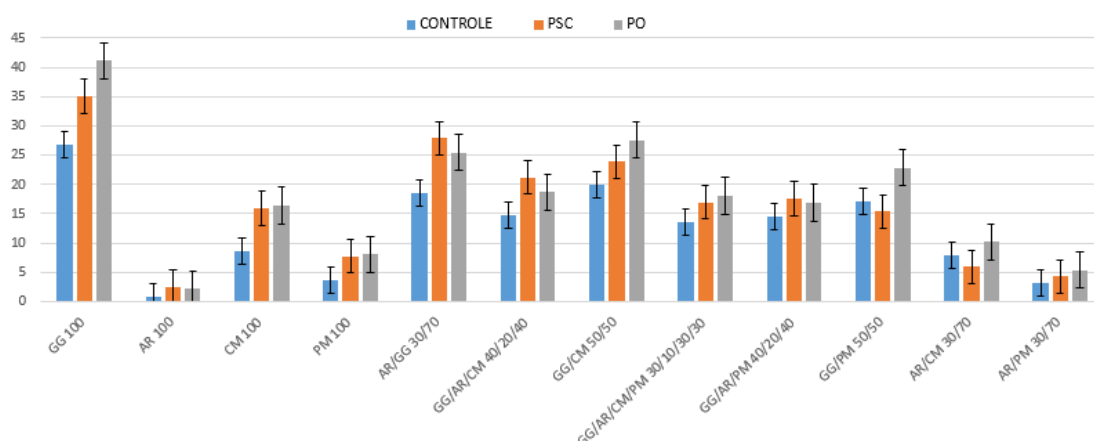


<sup>135</sup> OGUNLAKIN, G. O.; AJALA, F. O.; OLAJIRE, A. S. Nutritional Composition of Wheat, Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and Unripe Plantain (*Musa paradisiaca*) Flour Blends. **Asian Food Science Journal**, 2022. DOI:10.9734/afsj/2022/v21i730437

**Figura 25:** Resultados do macromineral magnésio (Mg) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

Para a análise de cobre (Cu) como é possível verificar na figura 26, os resultados encontrados para as amostras de GG 100 foram os maiores em comparação com as outras. Com a bioconversão, as amostras aumentaram os valores de Cu e algumas não apresentaram diferença significativa, com o PO o maior incremento foi para a amostra GG 100 e com o PSC foi para a amostra AR/GG 30/70. Ao comparar os resultados para as misturas, a amostra GG/CM 50/50 apresentou os melhores entre os controles e com o PO, e para amostra AR/GG 30/70 com o PSC.

O Cu ajuda na formação da hemoglobina, contribui para o metabolismo do ferro, produção de colágeno e enzimas, e ainda, auxilia no sistema imunológico do corpo humano.<sup>125, 136</sup>

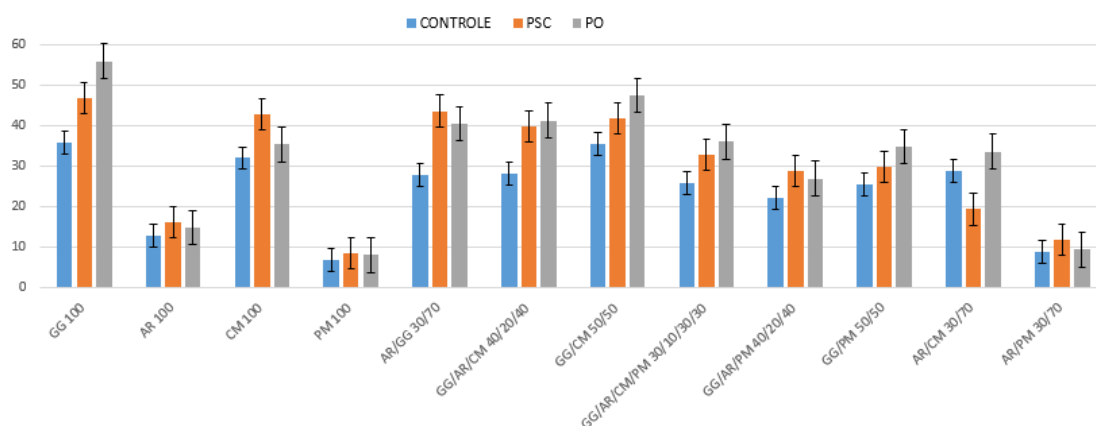


**Figura 26:** Resultados do micromineral cobre (Cu) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

Conforme figura 27, os teores de manganês (Mn) nas amostras após a bioconversão aumentaram, oscilando os melhores incrementos entre os fungos. A amostra GG 100 obteve os maiores valores entre os controles e tratadas com os fungos, entretanto o maior incremento foi para amostra AR/GG 30/70 com o PSC.

<sup>136</sup> DA SILVA, L. C. Orthomolecular antioxidant therapy as a strategy for balanced health. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 4, p. 16370-16392, 2021.

O Mn no organismo auxilia na regulação do nível de glicose no sangue, previne da osteoporose e influencia no metabolismo lipídico.<sup>128</sup> Entretanto, a ingestão de Mn deve ser controlada, pois assim como o Se pode ser tóxico quando ingeridos em grandes quantidades.<sup>133</sup>

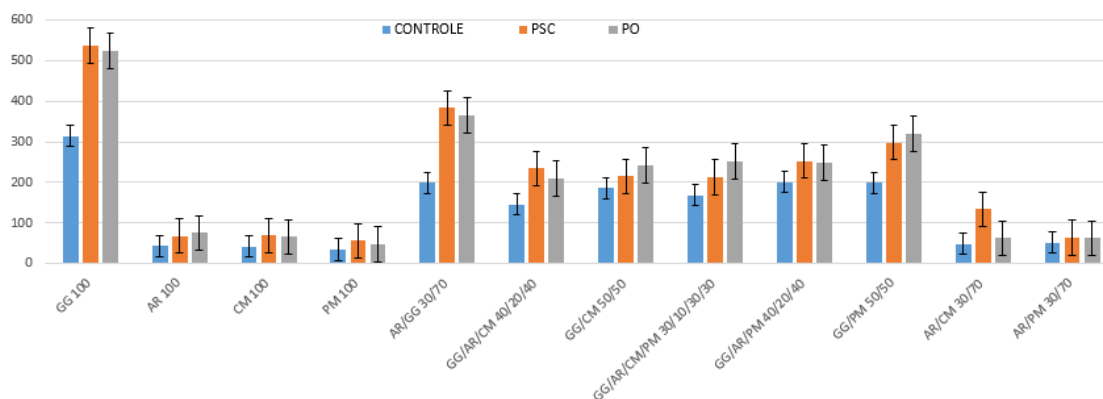


**Figura 27:** Resultados do micromineral mangânes (Mn) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

Os resultados encontrados para a análise ferro (Fe) nas amostras variaram de 42,20 a 313,73 (controles), esses valores melhoram com a bioconversão, entretanto, algumas amostras não apresentaram diferença significativa, como pode ser verificado na figura 27. Os teores mais altos e os melhores incremento foram para a amostra GG 100.

Para manutenção da saúde humana, a ingestão de Fe é um componente fundamental, uma vez que participa de processos celulares e fisiológicos responsáveis pelo transporte de oxigênio para todas as partes do corpo. A deficiência desse nutriente pode levar à anemia, que é uma condição bastante comum na população em geral, e em bebês causa baixa capacidade de aprendizagem, entre outros.<sup>124, 131, 137</sup>

<sup>137</sup> SIYAME, P.; KASSIM, N.; MAKULE, E. Effectiveness and suitability of oyster mushroom in improving the nutritional value of maize flour used in complementary foods. **International Journal of Food Science**, v. 2021, 2021.



**Figura 28:** Resultados do micromineral ferro (Fe) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

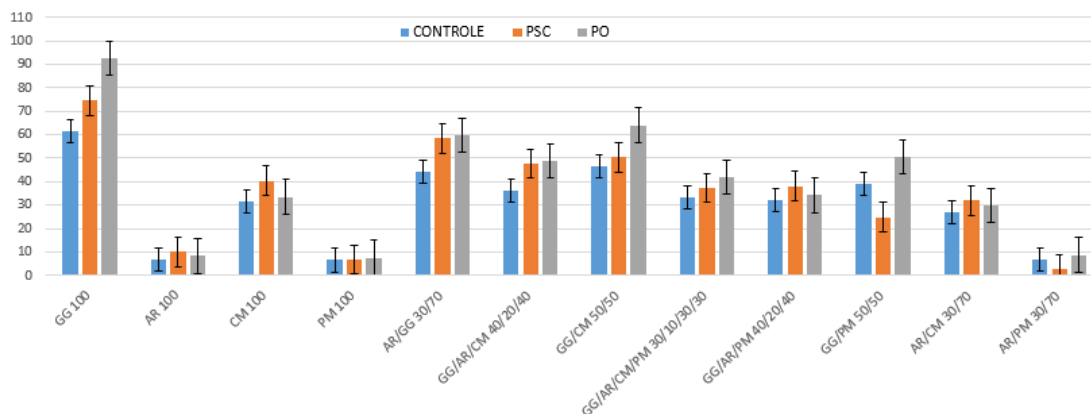
Na figura 29, a análise de zinco (Zn) para a amostra GG 100 apresentou o teor mais elevado entre os controles e após tratamento com os fungos obteve o melhor incremento. O tratamento das amostras com os fungos PSC e PO proporcionaram aumento nos valores de Zn em sua maioria, porém algumas amostras não apresentaram diferença significativa.

Para a saúde humana, o Zn é um elemento traço essencial. Para a quantidade total de Zn encontrada em nosso organismo, 85% está em ossos e músculos, 11% está localizado no fígado e na nossa pele, e o resto em alguns outros tecidos. A deficiência desse elemento, causa anorexia, perda de apetite, dermatite, alopecia e pode afetar o sistema imunológico, entre outros sintomas. O Zn no corpo humano desempenha várias funções importantes, em virtude de ser um cofator na síntese de muitas enzimas, DNA e RNA. Desta forma, é imprescindível o consumo de alimentos que contenham boas quantidades desse micronutriente.<sup>129, 138</sup>

Para um corpo adulto, a ingestão média de Zn está próxima de 1,4-2,3 mg. Entretanto, a recomendação diária é de 7 mg.<sup>101</sup> Foi estimado que um terço da população mundial não ingere a quantidade de Zn necessária, enfrentando riscos para a saúde ocasionados pela sua deficiência.<sup>135</sup>

<sup>138</sup> GONDAL, A. H.; ZAFAR, A.; ZAINAB, D.; TOOR, M. D.; SOHAIL, S.; AMEEN, S.; YOUNAS, N. A detailed review study of zinc involvement in animal, plant and human nutrition. **Indian Journal of e** tratadas com os fungos **Pure & Applied Biosciences**, v. 9, n. 2, p. 262-271, 2021.





**Figura 29:** Resultados do micromineral zinco (Zn) presentes nas amostras antes (controles) e após a bioconversão com os fungos PSC (*Pleurotus sajor-caju*) e PO (*Pleurotus ostreatus*)

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que regulamenta a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais, e mundialmente é feito pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO. De acordo, com a IDR recomendada para adultos, a ingestão de minerais deve ser de 1000 mg de Ca, 14 mg de Fe, 260 mg de Mg, 7 mg de Zn, 700 mg de P, 900 µg (0,9 mg) de Cu, 2,3 mg de Mn, 35 µg (0,035 mg) de Cr, 34 µg (0,034 mg) de Se e 130 µg (0,130 mg) de I.<sup>125</sup> Para o S não foram estabelecidas valores para IDR pelo órgão regulamentador no Brasil, mais a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu a recomendação para a ingestão de aminoácidos contendo S em adultos saudáveis de 13mg/kg.<sup>126</sup> As amostras controles destacaram-se nutricionalmente nos teores de P, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn, Ca e Cu, apresentando valores de IDR para adultos acima do que é preconizado por lei.

A RDC nº 54/2012 estabelece que um alimento para ser considerado como fonte de vitaminas e/ou minerais deve possuir no mínimo 15% da IDR e com alto teor deve conter pelo menos 30% de determinado nutriente em 100 g de produto. Desta forma, todas as amostras controles e após enriquecimento nutricional com PSC e PO podem ser consideradas fontes de potássio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre, manganês, ferro e zinco.<sup>130</sup>

Com a bioconversão, utilizando os fungos *P. ostreatus* e *P. sajor-caju* as concentrações dos minerais nas amostras estudadas aumentaram em relação aos controles, em sua grande maioria, evidenciando o potencial nutricional desses substratos para a alimentação humana, com possibilidade de serem utilizados como suplementos

alimentares e/ou incorporados em farinhas convencionais. As concentrações de minerais nos cogumelos variam de acordo com a espécie e substrato em que são cultivados, entre outros fatores.<sup>139</sup> A avaliação da composição nutricional do cogumelo ostra (*Pleurotus eryngii*) empregando resíduos agroindustriais como os resíduos de algodão, palha de trigo, palha de arroz, espiga de milho, bagaço de cana e serragem como substratos, os melhores incrementos foram obtidos para o resíduo de algodão em comparação com outros, para análise de macro e micronutrientes os resultados mais elevados deram-se para P, K, Zn, Fe, Na, Mg, Mn e Ca.<sup>140</sup> Estudo realizado por Faria (2021)<sup>141</sup> avaliou o enriquecimento nutricional da torta de nabo forrageiro, farelo de soja e bagaço-de-cana, utilizando os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, os resultados encontrados para a composição de minerais aumentaram os valores dos macrominerais Ca, K, P e Mg e para os microminerais Mn e o Fe, após a bioconversão. De acordo com trabalho realizado por Araújo et al (2020)<sup>142</sup>, a determinação da composição mineral em resíduos de mandioca e beterraba tratadas com *Pleurotus ostreatus* apresentaram aumentos significativos nos valores dos minerais: P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn em ambos os substratos, exceto para Cu e Mn no resíduo de mandioca.

---

<sup>139</sup> GNANWA, J. M.; SORO, L. C.; FAGBOHOUN, J. B.; YOROU, N. S.; KOUAME, L. P. Components of *Pleurotus ostreatus* Mushrooms Cultivated and Sold in Assessment of Minerals, Vitamins, Amino and Fatty Acids the Village of M'Badon (Abidjan, Côte d'Ivoire). **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, v. 10, n. 09, p. 276-283, 2021.

<sup>140</sup> SARDAR, H.; ALI, M. A.; ANJUM, M. A.; NAWAZ, F.; HUSSAIN, S.; NAZ, S.; KARIMI, S. M. Agro-industrial residues influence mineral elements accumulation and nutritional composition of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 327-334, 2017.

<sup>141</sup> FARIA, P. M. Bioconversão de resíduos agroindustriais utilizando fungos *Pleurotus Ostreatus* e *Pleurotus Sajor-caju* para alimentação de ruminantes. 2021. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

<sup>142</sup> DE SOUZA ARAÚJO, P.; DA SILVA, P. G. P.; DE SOUZA ARAÚJO, S.; LEITE, R. S. R.; DE ANDRADE SILVA, C. A.; FONSECA, G. G. Changes in biochemical composition of cassava and beet residues during solid state bioprocess with *Pleurotus ostreatus*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 26, p. 101641, 2020.



***Capítulo VI***  
***Conclusões***

## 6. CONCLUSÕES

---

Para todas as amostras estudadas (farelos da polpa e castanha da macaúba, farelo de gergelim e farinha da araruta, bem como suas misturas) foi possível observar crescimento dos fungos *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sajor-caju*, mostrando que a técnica de miceliação Jun-caio é eficiente para esses substratos.

A bioconversão melhorou os parâmetros nutricionais das amostras, sendo os resultados mais importantes o aumento dos teores de fibras alimentares, proteínas e minerais considerando a obtenção de um produto (farinha/suplemento) destinado a alimentação humana.

Ao comparar os resultados obtidos, dentre os fungos testados, ambos melhoraram os nutrientes dos substratos e suas misturas, oscilando os melhores valores entre si. Entretanto, o *P. sajor-caju* destacou-se para mais parâmetros, como proteína, cinzas, umidade e minerais, nas amostras em 100% de sua composição (GG 100, AR 100, CM 100 e PM 100).

Ao comparar os resultados de todos os substratos controle e após tratamento com os fungos, em 100% de composição, o farelo de gergelim apresentou os melhores resultados, com elevada quantidade de proteína bruta e redução dos valores para FDN, FDA, CEL, CT e VC, seguido do farelo castanha da macaúba. E, para as misturas, a amostra AR/GG-30/70 apresentou os melhores resultados em mais parâmetros.

Para a composição dos macrominerais e microminerais, as amostras controles obtiveram resultados significativos. As amostras tratadas com os dois fungos, melhoraram os teores dos minerais para as amostras, em sua maioria. Ao comparar as amostras, a amostra GG 100 controle e depois tratada com os dois fungos destacou-se em um número maior de minerais (P, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn) e entre as misturas, foram para as amostras GG/CM 50/50 e AR/GG 30/70.

Ao comparar os resultados das análises dos macrominerais e microminerais após a bioconversão entre os fungos *P. ostreatus* e *P. sajor-caju*, ambos proporcionaram incrementos nas concentrações dos minerais para a maioria das amostras, oscilando os melhores valores entre as amostras, entretanto, o *P. sajor-caju* destacou-se em mais minerais.

De acordo com a legislação brasileira, os teores dos macrominerais e microminerais para as amostras controles e tratadas com os fungos estão acima dos

valores estabelecidos os minerais P, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn e Ca. Além de que, essas amostras podem ser consideradas fontes de K, P, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn, estando dentro dos limites preconizados.

Os resultados obtidos das análises para o farelo de gergelim apresentaram os melhores teores nutricionais em mais parâmetros antes e após a bioconversão em comparação com os farelos da castanha e polpa da macaúba. E também, evidenciou que a farinha de araruta pode ser empregada como fonte de carboidrato em formulações utilizando os farelos de gergelim e da macaúba.

Este estudo mostrou a viabilidade e potencialidade do aproveitamento de resíduos agroindustriais e da farinha de araruta aplicando processos biotecnológicos utilizando fungos comestíveis, para obtenção de novos produtos destinados a alimentação humana. E ainda, podendo minimizar impactos ambientais, evitando o desperdício de alimentos com potencial nutricional e ser fonte de renda para os seus produtores.

Para trabalhos futuros, faz-se necessário a realização de análises microbiológicas, de vitaminas, antioxidantes e/ou outros minerais, para melhor avaliar o potencial da composição nutricional das amostras antes e após a bioconversão, visando a elaboração de farinhas/suplementos destinadas ao consumo humano com valor nutricional agregado a subprodutos.



***Capítulo VII***  
***Referências Bibliográficas***



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. AKPINAR, M.; UREK, R. O. Peach and Cherry Agroindustrial Wastes: New and Economic Sources for the Production of Lignocellulolytic Enzymes. **Acta Chimica Slovenica**, v. 64, n. 2, p. 422-430, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17344/acsi.2017.3265>.
2. DO NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.
3. REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, e2017150, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.
4. DOS SANTOS ROLIM, C. S.; DE OLIVEIRA, R. T.; DO NASCIMENTO ROLIM, L.; SARAIVA-BONATTO, E. C.; SARAIVA, M. D. G. G.; DE OLIVEIRA, R. P. M.; LAMARÃO, C. V. Análise da composição centesimal, físico-química e mineral da polpa e casca do fruto de *Endopleura uchi*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16368-16383, 2020.
5. MAGOSSO, M. F.; CARVALHO, P. C.; SHNEIDER, B. U. C.; PESSATTO, L. R.; PESARINI, J. R.; SILVA, P. V. B.; CORREA, W. A.; KASSUYA, C. A. L.; MUZZI, R. M.; OLIVEIRA, R. J. *Acrocomia aculeata* prevents toxicogenetic damage caused by the antitumor agent cyclophosphamide. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, p. 1-14, 2016.
6. TOLEDO E SILVA, S. H.; SILVA, L. B.; EISNER, P.; BADER-MITTERMAIER, S. Production of Protein Concentrates from Macauba (*Acrocomia aculeata* and *Acrocomia totai*) Kernels by Sieve Fractionation. **Foods**, v. 11, n. 22, p. 3608, 2022.
7. VASCONCELOS, M. D. S.; PASSOS, W. E.; LESCANOS, C. H.; PIRES DE OLIVEIRA, I.; TRINDADE, M. A. G.; CAIRES, A. R. L.; MUZZI, R. Fluorescence spectroscopy applied to monitoring biodiesel degradation: correlation with acid value and UV absorption analyses. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, v. 2018, 2018.
8. PATHAK, N.; BHADURI, A.; RAI, A. K. Sesame: Bioactive compounds and health benefits. **Bioactive molecules in food**, p. 181-200, 2019.
9. DE PAIVA, G. A.; DA SILVA, A. P. R.; MEDEIROS, J. D.; DAVID, G. Q.; WEIHS, M. L.; DE ALMEIDA, A. A. S. D.; DE FIGUEIREDO, A. M. D. C. Edible

mushroom production in agro-industrial residues in Mato Grosso Amazonia. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e548101422523-e548101422523, 2021.

10. DE CARVALHO, P. Í. A.; SALES, M. R. B.; NETO, J. C. A.; FERREIRA, F. V. Resíduos agroindustriais como substrato para cultivo indoor de cogumelos comestíveis da espécie *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 4, p. 330-339, 2021.

11. SEKAN, A. S.; MYRONICHEVA, O.S.; KARLSSON, O.; GRYGANSKYI, A.P.; BLUME Y. Green potential of *Pleurotus* spp. in biotechnology. **PeerJ** 7:e6664, v.7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.6664>.

12. LESA, K. N.; KHANDAKER, M. U.; MOHAMMAD R. I., F.; SHARMA, R.; ISLAM, F.; MITRA, S.; EMRAN, T. B. Nutritional Value, Medicinal Importance, and Health-Promoting Effects of Dietary Mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Journal of Food Quality**, v. 2022, 2022.

13. ARAÚJO, N. L.; AVELINO, K. V.; HALABURA, M. I. W.; MARIM, R. A.; KASSEM, A. S. S.; LINDE, G. A.; DO VALLE, J. S. Use of green light to improve the production of lignocellulose-decay enzymes by *Pleurotus* spp. in liquid cultivation. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 149, p. 109860, 2021.

14. CARRASCO-GONZÁLEZ, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. ; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: potencial use as food ingredient. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 58, p. 69-81, 2017.

15. REVELLO, C. Z. P.; GOES, R. H. T. E. B. ; RAPOSO JUNIOR, J. L. ; MUZZI, R.M. Avaliação do Valor Nutricional de Resíduos do Processamento da Macaúba como Potencial Ingrediente para Ração Animal. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, p. 000-011, 2020.

16. COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C.; DIAZ, B. G.; FERRARI, R. A. Macauba: A promising tropical palm for the production of vegetable oil. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, v. 25, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2017038>.

17. SAFRAID, G. F.; PORTES, C. Z.; DANTAS, R. M.; BATISTA, Â. G. Profile of functional food consumer: identity and habits. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022.

18. FAO. 2017. *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Rome. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>>. Acesso em: 11/01/2022.

19. MARQUES-SEULLNER, L. B.; DA COSTA, M. C.; CORRADI-PERINI, C. A multidimensionalidade da insegurança alimentar sob a ótica de agentes comunitários de saúde. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e325111234588-e325111234588, 2022.
20. BARSHTEYN, V.; KRUPODOROVA, T. Utilization of agro-industrial waste by higher mushrooms: modern view and trends. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 2021, p. 563-577, 2021.
21. SILVA, M. F. F. Avaliação do Potencial Energético de Resíduos Agroindustriais. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 1, 2022.
22. BUENO, A. M. C.; TORRES, D. A. P. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da agenda 2030 e bioeconomia: oportunidades e potencialidades para atuação da Embrapa. 2022.
23. TEO, H.L.; WAHAB, R.A. Towards an eco-friendly deconstruction of agro-industrial biomass and preparation of renewable cellulose nanomaterials: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 161, p. 1414-1430, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.076>.
24. SIQUEIRA, M. U.; CONTIN, B.; FERNANDES, P. R. B.; RUSCHEL-SOARES, R.; SIQUEIRA, P. U.; BARUQUE-RAMOS, J. Brazilian Agro-industrial Wastes as Potential Textile and Other Raw Materials: a Sustainable Approach. **Materials Circular Economy**, v. 4, n. 1, p. 1-21, 2022.
25. SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, T. G.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA, M. B. P.; COSTA, H. S. Melon (*Cucumis melo L.*) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 98, p. 181-189, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.005>.
26. GARCIA-GALINDO, I.; GÓMEZ-GARCÍA, R.; PALÁCIOS-PONCE, S.; VENTURA, J.; BOONE, D.; RUIZ, H. A.; AGUILAR-GONZÁLEZ, C. N. New Features and Properties of Microbial Cellulases Required for Bioconversion of Agro-industrial Wastes. **Enzymes in Food Biotechnology**, p. 535-550, 2019.
27. AKPINAR, M.; UREK, R. O. Peach and Cherry Agroindustrial Wastes: New and Economic Sources for the Production of Lignocellulolytic Enzymes. **Acta Chimica Slovenica**, v. 64, n. 2, p. 422-430, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17344/acsi.2017.3265>.
28. EL-RAMADY, H.; ABDALLA, N.; FAWZY, Z.; BADGAR, K.; LLANAJ, X.; TÖRÖS, G.; PROKISCH, J. Green Biotechnology of Oyster Mushroom (*Pleurotus*

- ostreatus L.): A Sustainable Strategy for Myco-Remediation and Bio-Fermentation. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3667, 2022.
29. BILAL, M.; ASGHER, M.; IQBAL, H. M.; HU, H.; ZHANG, X. Biotransformation of lignocellulosic materials into value-added products-A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 447-458, 2017.
30. FATMA, S.; HAMEED, A.; NOMAN, M.; AHMED, T.; SHAHID, M.; TARIQ, M.; TABASSUM, R. Lignocellulosic Biomass: A Sustainable Bioenergy Source for the Future. **Protein & Peptide Letters**, v. 25, n. 2, 2018.
31. MENON, V.; RAO, M. Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 38, p. 522-550, 2012.
32. EL-RAMADY, H.; ABDALLA, N.; BADGAR, K.; LLANAJ, X.; TÖRÖS, G.; HAJDÚ, P.; PROKISCH, J. Edible Mushrooms for Sustainable and Healthy Human Food: Nutritional and Medicinal Attributes. **Sustainability**, v. 14, n. 9, p. 4941, 2022.
33. TÖRÖS, G. H. R.H.; EL-RAMADY, H.; PROKISCH, J. Edible Mushroom of Pleurotus spp.: A Case Study of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus L.). **Environment, Biodiversity and Soil Security**, v. 6, n. 2022, p. 51-59, 2022.
34. OKOLIE, J. A.; NANDA, S.; DALAI, A. K; KOZINSKI, J. A. Chemistry and specialty industrial applications of lignocellulosic biomass. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, n. 5, p. 2145-2169, 2021.
35. CASTELAO, R. A.; DE OLIVEIRA BEZERRA, W. A.; VERONEZ, A. C. C. S.; DE SOUZA BRUNO, G.; DE SOUZA, C. C.; BONO, J. A. M.; DUARTE, L. D. F. C. Estimativa da produção agropecuária de assentamentos rurais de Mato Grosso do Sul utilizando lógica fuzzy. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e28110313121-e28110313121, 2021.
36. BENITES, S. Estado deve produzir 21,5 milhões de toneladas de grãos. **Correio do Estado**, Campo Grande, 06 de junho de 2022. Disponível em: <<https://correiodoestado.com.br/correio-rural/estado-deve-produzir-215-milhoes-de-toneladas-de-graos/400966>>. Acesso em: 04/10/2022.
37. REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2017150, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.
38. JUNQUEIRA, N. T. V.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. DA; ANTONIASSI, R.; BRAGA, M. F.; MALAQUIAS, J. V. Caracterização de populações naturais de macaúba

e avaliação do potencial produtivo. Embrapa Cerrados, Documentos 354, 32 p. Planaltina, DF, 2019. ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081.

39. MONTROYA, S. G.; MOTOIKE, S. Y.; KUKI, K. N.; COUTO, A. D. Fruit development, growth, and stored reserves in macauba palm (*Acrocomia aculeata*), an alternative bioenergy crop. **Planta**, v. 244, n. 4, p. 927-938, 2016.
40. FATMA, S.; HAMEED, A.; NOMAN, M.; AHMED, T.; SHAHID, M.; TARIQ, M.; TABASSUM, R. A review of the palm genus *Acrocomia*: Neotropical green gold. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 18, p. 151-161, 2018.
41. ARENA, A. C.; JORGE, B. C.; SILVA, M. C.; DE BARROS, A. L.; FERNANDES, A. A. H.; NÓBREGA, R. H.; MUZZI, R. M. *Acrocomia aculeata* oil: Beneficial effects on cyclophosphamide-induced reproductive toxicity in male rats. **Andrologia**, v. 50, e13028, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/and.13028>.
42. SILVA, C. A. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food Science. Biotechnology**, v. 25, p. 1225-1232, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0195-3>.
43. ROSADO, R. D. S.; ROSADO, T. B.; CRUZ, C. D.; FERRAZ, A. G.; LAVIOLA, B. G. Genetic parameters and simultaneous selection for adaptability and stability of macaw palm. **Scientia Horticulturae**, v. 248, p. 291-296, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.041>
44. REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, e2017150, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>
45. CRUZ-SOLORIO, A.; VILLANUEVA-ARCE, R.; GARÍN-AGUILAR, M. E.; LEAL-LARA, H.; VALENCIA-DEL TORO, G. Functional properties of flours and protein concentrates of 3 strains of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 3892-3901, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3312-x>.
46. BESSADA, S, M.F.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 53-68, 2019.
47. DE LIMA, N. E.; CARVALHO, A. A.; MEEROW, A. W.; MANFRIN, M. H. A review of the palm genus *Acrocomia*: Neotropical green gold. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 18, p. 151-161, 2018.

48. DE ANDRADE SILVA, C. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. *Food Science and Biotechnology*, v. 25, n. 5, p. 1225-1232, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0195-3>.
49. SAHIN, S.; ELHUSSEIN, E. A. A. Assessment of sesame (*Sesamum indicum* L.) cake as a source of high-added value substances: from waste to health. *Phytochemistry Reviews*, v. 17, p. 691-700, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9554-4>.
50. GHARBY, S.; HARHAR, H.; BOUZOUBAA, Z.; ASDADI, A.; EL YADINI, A.; CHARROUF, Z. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v. 16, p. 105-111, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.004>.
51. ZEB, A.; MUHAMMAD, B.; ULLAH, F. Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil from Pakistan for phenolic composition, quality characteristics and potential beneficial properties. *Food Measure*, v. 11, p. 1362-1369, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9514-5>.
52. ELHUSSEIN, E.; BILGIN, M.; ŞAHIN, S. Oxidative stability of sesame oil extracted from the seeds with different origins: Kinetic and thermodynamic studies under accelerated conditions. *Journal of Food Process Engineering*, v. 41, e12878, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12878>.
53. SAHIN, S.; ELHUSSEIN, E. A. A. Assessment of sesame (*Sesamum indicum* L.) cake as a source of high-added value substances: from waste to health. *Phytochemistry Reviews*, v. 17, p. 691-700, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9554-4>.
54. HUSSAIN, S. A. *et al.* Effects of sesame seed extract as a natural antioxidant on the oxidative stability of sunflower oil. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 10, p. 4099-4110, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3336-2>.
55. SAHIN, S.; ELHUSSEIN, E. A. A. Valorization of a biomass: phytochemicals in oilseed by-products. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, p. 657-668, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9552-6>.
56. DOSSOU, S. S. K.; XU, F.; YOU, J.; ZHOU, R.; LI, D.; WANG, L. Widely targeted metabolome profiling of different colored sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds provides new insight into their antioxidant activities. **Food Research International**, v. 151, p. 110850, 2022.
57. NOGUEIRA, G. F.; SOARES, C. T.; CAVASINI, R.; FAKHOURI, F. M.; DE OLIVEIRA, R. A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical,

- mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. **Food Chemistry**, v. 275, p. 417-425, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.054>.
58. NOGUEIRA, G. F.; FAKHOURI, F. M.; OLIVEIRA, R. A. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae L.*) starch and its application in edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 186, p. 64-72, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.024>.
59. CHARLES, A. L.; CATO, K.; HUANG, T. C.; CHANG, Y. H.; CIOU, J. Y.; CHANG, J. S.; LIN, H. H. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 187-191, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.024>.
60. AMANTE, P. R.; SANTOS, E. C. Z.; CORREIA, V. T. D. V.; FANTE, C. A. Benefits and Possible Food Applications of Arrowroot (*Maranta Arundinaceae L.*). **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 19, n. 6, p. 513-521, 2021.
61. ARAÚJO, M. S.; DA SILVA, L. C. G.; ANDRADE, V. Q. L.; DE GÓES CARNEIRO, A. P.; DE ALENCAR COSTA, E.; FERNANDES, L. E. S. Arrowroot, its processing and use in gastronomic preparations. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e387101522776-e387101522776, 2021.
62. KUMALASARI, I. D.; HARMAYANI, E.; LESTARI, L. A.; RAHARJO, S.; ASMARA, W.; NISHI, K.; SUGAHARA, T. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea. L*) in vitro and in vivo. **Cytotechnology**, v. 64, p. 131-137, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10616-011-9403-4>.
63. IAMKENG, S.; SANTIBENCHAKUL, S.; SOOKSAWAT, N. Potential of *Maranta arundinacea* residues for recycling: Analysis of total phenolic, flavonoid, and tannin contents. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 23, n. 3, 2022.
64. ASTUTI, R. M.; ASIAH, N.; SETYOWATI, A.; FITRIAWATI, R. Effect of physical modification on granule morphology, pasting behavior, and functional properties of arrowroot (*Marantha arundinacea L*) starch. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 23-30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.029>.
65. LACERDA, A. M.; CEREDA, M. P.; BRITO, V. Aproveitamento de resíduos agroindustriais—o potencial das fibras de araruta (*Maranta arundinacea L.*) para a alimentação humana. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e4611628378-e4611628378, 2022.

66. BELLETTINI, M. B.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; RIBANI, R. H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, ed. 4, p. 633-646, 2019.
67. KUMAR, K.; MEHRA, R.; GUINÉ, R. P.; LIMA, M. J.; KUMAR, N.; KAUSHIK, R.; KUMAR, H. Edible Mushrooms: A comprehensive review on bioactive compounds with health benefits and processing aspects. **Foods**, v. 10, n. 12, p. 2996, 2021.
68. CARRASCO, J.; ZIED, D. C.; PARDO, J. E.; PRESTON, G. M.; PARDO-GIMÉNEZ, A. Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. **AMB Express**, v.8, n. 146. p. 1-9, 2018.
69. CORRÊA, R. C. G. Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus* spp. (*Oyster mushroom*) related with its chemical composition: A review on the past decade findings. **Trends in Food Science & Technology**, v. 50, p. 103-117, 2016.
70. MASRI, H. J. M. H. J.; MAFTOUN, P. M. P.; ABD MALEK, R.; BOUMEHIRA, A. Z.; PAREEK, A.; HANAPI, S. Z.; EL ENSHASY, H. The Edible Mushroom *Pleurotus* spp.: II. Medicinal Values. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries**, v. 6, n. 1, 2017.
71. COELHO, M.; FIGUEIREDO, A. D. S. F.; MARTIM, S. R. M.; TEIXEIRA, M. F. S. T. Ciclo de produção de cogumelos comestíveis cultivados em resíduos lignocelulósicos da fruticultura Amazônica: um estudo de caso. **Concilium**, v. 22, n. 2, p. 284-294, 2022.
72. PAZZA, A. C. V.; ZARDO, C.; KLEIN, R. C. M.; DA CAS, T. M. S.; BERNARDI, D. M. Composição nutricional e propriedades funcionais fisiológicas de cogumelos comestíveis. **Fag journal of health (FJH)**, v. 1, n. 3, p. 240-265, 2019.
73. PREISS, P. V.; SCHNEIDER, S.; COELHO-DE-SOUZA, G. A contribuição brasileira à segurança alimentar e nutricional sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 275 p, 2020.
74. CABRERA, L. C.; CONSTANTINO, L. V.; DOS SANTOS ANTUNES, P.; GONÇALVES, L. S. A.; ERPEN-DALLA CORTE, L. Caracterização da produção de cogumelos comestíveis: estudo de caso na região de Londrina, Paraná. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e612974416-e612974416, 2020.
75. CARRILLO-ÁLVAREZ, E.; SALINAS-ROCA, B.; COSTA-TUTUSAUS, L.; MILÀ-VILLARROEL, R.; SHANKAR KRISHNAN, N. The measurement of food



insecurity in high-income countries: A scoping review. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 18, p. 9829, 2021.

76. BESSADA, S, M.F.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 53-68, 2019.

77. CRUZ-SOLORIO, A. *et al.* Functional properties of flours and protein concentrates of 3 strains of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 3892-3901, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3312-x>.

78. LAI, W. T.; KHONG, N. M.; LIM, S. S.; HEE, Y. Y.; SIM, B. I.; LAU, K. Y.; LAI, O. M. A review: Modified agricultural by-products for the development and fortification of food products and nutraceuticals. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 148-160, 2017.

79. CHUBA, C. A. M.; SILVA, R. E. P.; SANTOS, A. C.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Development of a Device to Pulping Fruits of Bocaiuva (*Acrocomia aculeate* sp.) for the Communities that Practice Sustainable Strativism. *Forest Research*, v. 7, ed.2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4172/2168-9776.1000218>.

80. MORENO, L. B.; TORALES, E. P.; HEID, D. M.; DE SOUZA, S. A.; ZÁRATE, N. A. H. Tipos e tamanhos de propágulos influenciando o crescimento de plantas de *Maranta arundinacea*. *Agrobiodiversidade. Manejo e Produção Sustentável. Volume I*. 1ed.: Pantanal Editora, p. 137-144. 2020.

81. PAZ, M. F.; DEMENJOURI, P. L.M. M.; CARDOSO, J. C. P.; LEITE, R. S. R. Cultivation of edible mushroom hiboukitake in cajá bagasse by in Jun-Cao tehniue. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 4, n. 2, p. 146-152, 2013.

82. Spawn adquirido comercialmente da empresa Funghi e Flora, localizada em Valinhos, São Paulo. Este laboratório produz sementes através de técnicas estéreis utilizando grãos de cereais que são colonizados pelo fungo servindo então como inoculante.

83. SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos. 3.Ed. Viçosa: UFV, 235f., 2002.

84. VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Development of a lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, v. 51, p. 780-785, 1968

85. RODRIGUES, R.C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. **Embrapa clima temperado**. Pelotas/RS, ISSN 1516-8840. Documentos, 306, 177f., 2010.
86. DETMANN, E. et al. Métodos para análise de alimentos. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214f., 2012.
87. SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2009.
88. RODRIGUES, R.C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. **Embrapa clima temperado**. Pelotas/RS, ISSN 1516-8840. Documentos, 306, 177f., 2010.
89. Licença: Microsoft Excel para Microsoft 365 MSO (Versão 2202 Build 16.0.14931.20128) 64 bits, licenciado para Rozanna Marques Muzzi.
90. DE MACÊDO CARVALHO, C. B.; MACAMBIRA, G. M.; DOS SANTOS, A. C. F.; DE HOLANDA OLIVEIRA, H. S.; DA SILVA, D. A.; RIBEIRO, A. G.; DE FRANÇA SILVA, G. K. Métodos de análise da composição química e valor nutricional de alimentos para ruminantes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e523101019047-e523101019047, 2021.
91. MAGALHÃES, M. P. D.; GANDRA, K. M. B.; DA CUNHA, L. R.; LIMA, E. M. F. Obtaining flour from acerola processing residue and evaluating bioactive and nutritive compounds. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e188101420714-e188101420714, 2021.
92. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Resolução-RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, constantes do anexo desta Portaria. Diário Oficial União, Brasília, DF, 22 set. 2005.
93. SHIMA, A. N.; AHEMEN, S. A.; ACHAM, I. O. Effect of addition of tigernut and defatted sesame flours on the nutritional composition and sensory quality of the wheat based bread. **Annals Food Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 15-23, 2019.
94. GONZALEZ, L.; ALVAREZ, A. E.; MURILLO, E.; GUERRA, C.; MENDEZ, J. Potential uses of the peel and seed of *Passiflora edulis f. edulis* Sims (gulupa) from its chemical characterization, antioxidant, and antihypertensive functionalities. **Asian J. Pharmaceut. Clin. Res**, v. 12, n. 10, p. 104-112, 2019.

95. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1.
96. OGUNBODE, A. A.; AKINOSUN, A. A.; OLAJIDE, T. M. Nutrients and anti-nutrient content of sundried cassava starch extract pulp. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 23, n. 6, p. 1133-1135, 2019.
97. CARDOSO, R. V.; FERNANDES, Â.; HELENO, S. A.; RODRIGUES, P.; GONZALÉZ-PARAMÁS, A. M.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. **Food Chemistry**, v. 280, p. 123-129, 2019.
98. BARROS, S. K. A.; DE SOUZA, A. R. M.; DAMIANI, C.; PEREIRA, A. S.; ALVES, D. G.; CLEMENTE, R. C.; DA COSTA, D. M. Obtenção e caracterização de farinhas de caroço de açaí (*Euterper Oleracea*) e de casca de bacaba (*Oenocarpus Bacaba*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e2710413724-e2710413724, 2021.
99. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 360, 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 dez. 2003.
100. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Resolução-RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR). de proteína, vitaminas e minerais, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2005.
101. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 54, 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2012.
102. DE OLIVEIRA MONTEIRO, V. C.; LIMA, A. R. N.; RODRIGUES, T. A.; LEMOS, J. D. O. M.; CÂMARA, G. B.; DE SOUZA OLIVEIRA, L; DA SILVA JÚNIOR, A. F. Determination of the nutritional composition of functional gluten-free cookies prepared with green banana flour and quinoa flour. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49985-50001, 2021.

103. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 54, 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2012.
104. VAZQUEZ ENCALADA, S.; SEGURA CAMPOS, M. R. Mucuna pruriens fiber: nutritional, functional and biological properties. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 120-126, 2020.
105. ZHANG, H. et al. Preparation and modification of high dietary fiber flour: A review. **Food Research International**, v. 113, p. 24-35, 2018.
106. PÉREZ-CHABELA, M. L.; HERNÁNDEZ-ALCÁNTARA, A. M. Agroindustrial coproducts as sources of novel functional ingredients. In: **Food processing for increased quality and consumption**. Academic Press, 2018. p. 219-250.
107. BIEL, W.; KAZIMIERSKA, K.; BASHUTSKA, U. Nutritional value of wheat, triticale, barley and oat grains. **Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica**, v. 19, n. 2, p. 19-28, 2020.
108. AYELE, H. H.; LATIF, S.; BRUINS, M. E.; MÜLLER, J. Partitioning of proteins and anti-nutrients in cassava (*manihot esculenta crantz*) leaf processing fractions after mechanical extraction and ultrafiltration. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1714, 2021.
109. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 57, 13 de janeiro de 1998. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jan. 1998.
110. ARAÚJO, M. S.; DA SILVA, L. C. G.; ANDRADE, V. Q. L.; DE GÓES CARNEIRO, A. P.; DE ALENCAR COSTA, E.; FERNANDES, L. E. S. Araruta, seu beneficiamento e utilização em preparações gastronômicas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e387101522776-e387101522776, 2021
111. FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; GIANNONI, J. A.; MARINELLI, P. S.; TANIGUCHI, E. T.; SOUZA, N. N.; SILVA, A. R. Perfil físico-químico, colorimétrico e sensorial de barras de cereais com polpa e amêndoas de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.). **Revista Unimar Ciências**, v. 27, n. 1-2, 2018.
112. FONSECA, R. S. K.; DE SOUZA, L. D. S. S.; PEREIRA, A. M. Evaluation of the antimicrobial activity of macaúba oil (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart). **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 23945-23962, 2022.

113. ARAÚJO, N. L.; AVELINO, K. V.; HALABURA, M. I. W.; MARIM, R. A.; KASSEM, A. S. S.; SANTANA, T. T.; DO VALLE, J. S. Production of mycelial biomass and lignocellulolytic enzymes of *Pleurotus spp.* in liquid culture medium. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e6810111406-e6810111406, 2021.
114. BELLETTINI, M. B.; FIORDA, F. A.; MAIEVES, H. A.; TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S., HORNUNG, P. S.; RIBANI, R. H. Factors affecting mushroom *Pleurotus spp.* **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 4, p. 633-646, 2019.
115. MACHADO, T. D. O. X.; GUEDES, T. J. F. L.; DE OLIVEIRA FERREIRA, T.; & DE MELO, B. C. A. Characterization of Isabel precoce grape residue flour and “BRS Violet” from juice production. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19260-19268, 2020.
116. DE SOUZA ARAÚJO, P.; DA SILVA, P. G. P.; DE SOUZA ARAÚJO, S.; LEITE, R. S. R.; DE ANDRADE SILVA, C. A.; FONSECA, G. G. Changes in biochemical composition of cassava and beet residues during solid state bioprocess with *Pleurotus ostreatus*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 26, p. 101641, 2020.
117. STOFFEL, F.; SANTANA, W. D. O.; FONTANA, R. C.; GREGOLON, J. G. N.; KIST, T. B. L.; DE SIQUEIRA, F. G.; CAMASSOLA, M. Chemical features and bioactivity of grain flours colonized by macrofungi as a strategy for nutritional enrichment. **Food chemistry**, v. 297, p. 124988, 2019.
118. STOFFEL, F.; DE OLIVEIRA SANTANA, W.; GREGOLON, J. G. N.; KIST, T. B. L.; FONTANA, R. C.; CAMASSOLA, M. Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 58, p. 102227, 2019.
119. DA SILVA, I. F. et al. High-yield cellulase and LiP production after SSF of agricultural wastes by *Pleurotus ostreatus* using different surfactants. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 101428, 2019.
120. BARROS, S. K. A. et al. Obtaining and characterizing açai seed (*Euterper Oleracea*) and bacaba peel (*Oenocarpus Bacaba*) flours. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e2710413724-e2710413724, 2021.
121. FERREIRA, D. M.; CARVALHO, K. C. M.; NATEL, A. S.; DE FÁTIMA AGUIAR, É.; LIMA, L. F. Caracterização químico-física de biscoito formulado com ou sem farinha de hibisco. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e49011226094-e49011226094, 2022.

122. FRANCELIN, M. F.; MACHADO, L. M.; DA SILVA, D. D. M. B.; DA SILVA ALVES, E.; PERALTA, R. M.; COSTA, S. C.; MONTEIRO, A. R. G. Desenvolvimento e caracterização de snack de milho extrusado com adição de farinha de ora-pro-nóbis. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e2910312850-e2910312850, 2021.
123. ASENSIO-GRAU, A.; CALVO-LERMA, J.; HEREDIA, A.; ANDRÉS, A. Enhancing the nutritional profile and digestibility of lentil flour by solid state fermentation with *Pleurotus ostreatus*. **Food & Function**, v. 11, n. 9, p. 7905-7912, 2020.
124. GARRIDO-GALAND, S.; ASENSIO-GRAU, A.; CALVO-LERMA, J.; HEREDIA, A.; ANDRÉS, A. The potential of fermentation on nutritional and technological improvement of cereal and legume flours: A review. **Food Research International**, v. 145, p. 110398, 2021.
125. VIROLI, S. L. M.; DA SILVA, L. G.; VAZ, A. V.; VIROLI, S. G.; CARVALHO, N. P.; DUARTE, H. A.; SALES, P. V. G. Characterization of corn cob flour and its use as an alternative for enrichment of food products. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e26111225783-e26111225783, 2022.
126. CHOUDHARY, P. Health benefits of nutritional value of fish and fish products for human: review based perspective. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, v. 8, p. 236-239, 2021.
127. JIANG, H.; GU, Z.; MANTHEY, F.; CHEN, B.; RAO, J. Comparison of the Proximate Compositions, Nutritional Minerals, Pasting Properties, and Aroma Differences of Flours from Selected Yellow Pea Cultivars Grown across the Northern Great Plains. **ACS Food Science & Technology**, v. 1, n. 9, p. 1529-1537, 2021.
128. DE SOUSA, A. P. M. et al. Parâmetros de qualidade física e química do eixo central, mesocarpo e semente de jaca submetidos a diferentes processos de secagem. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e34311427328-e34311427328, 2022.
129. BRITO, E. et al. Chapter 6: Urinary Excretion of Major Minerals: Potential Indicators of Health. **Nutritional Deficiency & Impact on Health**, p. 1-15, 2021.
130. SOKRATEVA, T.; IVANOV, D.; MIHAYLOVA, M.; NAZIFOVA-TASINOVA, N.; TASINOV, O.; IVANOVA, D.; NASHAR, M. Contribution of sulfurous mineral waters to dietary sulfur intake and metabolism. **Scripta Scientifica Pharmaceutica**, v. 7, n. 2, 2021.

131. DEMINA, E. N.; SAFRONOVA, O. V.; KUPRINA, I. K.; KOCHIEVA, I. V.; ABAEVA, S. K. Research of the mineral composition of freeze-dried plant powders. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012040.
132. DAMAK, A. M. A.; AKUBOR, P. I.; ARIAHU, C. C.; OKEREKE, G. O. Functional and Nutritional Properties of Various Flour Blends of Arrowroot Starch and wheat Flour. **Asian Food Science Journal**, v. 21, n.6, p. 12-25, 2022.
133. DE OLIVEIRA MONTEIRO, V. C.; LIMA, A. R. N.; RODRIGUES, T. A.; LEMOS, J. D. O. M.; CÂMARA, G. B.; DE SOUZA OLIVEIRA, L.; DA SILVA JÚNIOR, A. F. Determination of the nutritional composition of functional gluten-free cookies prepared with green banana flour and quinoa flour. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 49985-50001, 2021.
134. SOUZA, M. L. R. D.; GODOY, L. C. D.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E. D.; FRANCO, N. D. P.; OLIVEIRA, G. G.; GOES, E. S. D. R. Fish meal production from tilapia, pacu and carp carcasses for inclusion in food products. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e583101621134-e583101621134, 2021.
135. OGUNLAKIN, G. O.; AJALA, F. O.; OLAJIRE, A. S. Nutritional Composition of Wheat, Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and Unripe Plantain (*Musa paradisiaca*) Flour Blends. **Asian Food Science Journal**, 2022. DOI:10.9734/afsj/2022/v21i730437.
136. DA SILVA, L. C. Orthomolecular antioxidant therapy as a strategy for balanced health. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 4, p. 16370-16392, 2021.
137. SIYAME, P.; KASSIM, N.; MAKULE, E. Effectiveness and suitability of oyster mushroom in improving the nutritional value of maize flour used in complementary foods. **International Journal of Food Science**, v. 2021, 2021.
138. GONDAL, A. H.; ZAFAR, A.; ZAINAB, D.; TOOR, M. D.; SOHAIL, S.; AMEEN, S.; YOUNAS, N. A detailed review study of zinc involvement in animal, plant and human nutrition. **Indian Journal of Pure & Applied Biosciences**, v. 9, n. 2, p. 262-271, 2021.
139. GNANWA, J. M.; SORO, L. C.; FAGBOHOUN, J. B.; YOROU, N. S.; KOUAME, L. P. Components of *Pleurotus ostreatus* Mushrooms Cultivated and Sold in Assessment of Minerals, Vitamins, Amino and Fatty Acids the Village of M'Badon (Abidjan, Côte d'Ivoire). **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 10, n. 09, p. 276-283, 2021.
140. SARDAR, H.; ALI, M. A.; ANJUM, M. A.; NAWAZ, F.; HUSSAIN, S.; NAZ, S.; KARIMI, S. M. Agro-industrial residues influence mineral elements accumulation

and nutritional composition of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 327-334, 2017.

141. FARIA, P. M. Bioconversão de resíduos agroindustriais utilizando fungos *Pleurotus Ostreatus* e *Pleurotus Sajor-caju* para alimentação de ruminantes. 2021. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

142. DE SOUZA ARAÚJO, P.; DA SILVA, P. G. P.; DE SOUZA ARAÚJO, S.; LEITE, R. S. R.; DE ANDRADE SILVA, C. A.; FONSECA, G. G. Changes in biochemical composition of cassava and beet residues during solid state bioprocess with *Pleurotus ostreatus*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 26, p. 101641, 2020.