



Universidade Federal
de São João del-Rei

**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

NARA TAINÁ ALVES

Crescimento micelial de *Pleurotus pulmonarius* utilizando resíduos agroindustriais

**Sete Lagoas, MG
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

**CRESCIMENTO MICELIAL DE *PLEUROTUS PULMONARIUS*
UTILIZANDO RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

NARA TAINÁ ALVES

Orientador

Professora Dr^a Cristiane Alcantara dos Santos

Coorientador

Professor Dr. Juliano de Carvalho Cury

Trabalho de Conclusão apresentado ao
Curso de Engenharia Agrônômica da
Universidade Federal de São João del-Rei,
como requisito parcial para obtenção do
grau de **Bacharel em Engenharia
Agrônômica.**

**Sete Lagoas, MG
2021**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

NARA TAINÁ ALVES

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Agrônômica**.

APROVADO EM _____/_____/_____

Dr^a. Cristiane Alcantara dos Santos
UFSJ
Orientadora

Dr. Juliano de Carvalho Cury
UFMS
Coorientador

Dr^a. Alejandra Semiramis Albuquerque
UFSJ

Sete Lagoas, MG
Abril de 2021

*Dedico este trabalho para a minha
querida mãe, pois sem ela esse sonho
não seria realidade.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por nunca ter me desamparado nessa caminhada.

À minha mãe, que sempre me incentivou, me amparou e sempre acreditou em mim.

Deixo agradecimento à minha orientadora pela dedicação ao meu projeto de pesquisa e ao meu coorientador que foi fundamental na execução do meu projeto.

Também quero agradecer à Universidade Federal de São João del-Rei e a todos os professores e funcionários pelo trabalho e dedicação durante todos esses anos.

RESUMO

ALVES, Nara Tainá. **Crescimento micelial de *Pleurotus pulmonarius* utilizando resíduos agroindustriais**. 34 p. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrônômica). Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG, 2021.

Os cogumelos comestíveis são uma fonte de proteína de alta qualidade e de alta eficiência, pois possuem baixo teor de gordura, poucas calorias e muitas vitaminas. Além de possuir importância do ponto de vista nutricional, os cogumelos desempenham papel importante na ecologia, agindo como agente na biodegradação de resíduos agroindustriais. O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* utilizando como substrato uma mistura de borra de café e rejeito celulolítico de reciclagem de papel, e resíduos da produção de cerveja em diferentes proporções. O micélio fúngico foi inoculado nos substratos durante os procedimentos experimentais e preparados utilizando arroz parbolizado. Em seguida, nos frascos foram adicionados cinco discos de 5 mm de diâmetro do micélio de *Pleurotus pulmonarius* crescido em placas de Petri contendo meio de cultura Sabouraud Dextrose Ágar (SDA). Os frascos foram incubados a 24 °C e arroz colonizado com o micélio de *Pleurotus pulmonarius* foi utilizado para inocular os substratos. Para a produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* os substratos utilizados foram divididos em 2 experimentos, no primeiro experimento foram 4 tratamentos com: apenas borra de café; borra de café + “areia” de rejeito de reciclagem de papel (2:1); borra de café + bagaço de malte (1:1) e apenas “areia”. Foram utilizados sacos de polipropileno de 2 litros. O experimento 2 foi composto por três tratamentos: T1: Borra de café + Bagaço de malte (1:1) + 125 mL de água destilada; T2: Borra de café + Bagaço de malte + Lúpulo (1:1:1); T3: Borra de café + Bagaço de malte + Levedo (1:1:1). O substrato inoculado foi colocado em provetas de polipropileno de 550 mL. Em seguida foi determinado o crescimento micelial do *Pleurotus pulmonarius* aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a inoculação. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa GENES e foi feita a análise de regressão de períodos dentro do substrato. Os resíduos utilizados nesse trabalho apresentaram boa capacidade de colonização, sendo os substratos do experimento 1 (apenas borra de café e borra de café + bagaço de malte) os mais eficientes para o crescimento micelial de *P. Pulmonarius*.

Palavras-chave: Cogumelo; fungo; Resíduos; Borra de café

ABSTRACT

ALVES, Nara Tainá. **Mycelial growth *Pleurotus pulmonarius* using agro-industrial residues.** 25 p. 2021. Final Paper (Bachelor in Agronomic Engineering). Federal University of São João del-Rei, Sete Lagoas, MG, 2021.

Edible mushrooms are a source of high quality and high efficiency protein, as they are low in fat, low in calories and high in vitamins. In addition to being nutritionally important, mushrooms play an important role in ecology, acting as an agent in the biodegradation of agro-industrial waste. The objective of this work was to evaluate the growth and production of *Pleurotus pulmonarius* mushrooms using as a substrate a mixture of coffee grounds and cellulolytic waste from paper recycling, and residues from beer production in different proportions. The fungal mycelium was inoculated on the substrates during the experimental procedures and prepared using parboiled rice. Then, five 5 mm discs of the mycelium of *Pleurotus pulmonarius* grown in Petri dishes containing Sabouraud Dextrose Agar (SDA) culture medium were added to the flasks. The flasks were incubated at 24 ° C and rice colonized with the mycelium of *Pleurotus pulmonarius* was used to inoculate the substrates. For the production of *Pleurotus pulmonarius* mushrooms, the substrates used were divided into 2 experiments, in the first experiment there were 4 treatments with: coffee grounds only; coffee grounds + paper recycling waste “sand” (2: 1); coffee grounds + malt bagasse (1: 1) and just “sand”. 2 liter polypropylene bags were used. Experiment 2 consisted of three treatments: T1: Coffee grounds + Malt bagasse (1: 1) + 125 mL of distilled water; T2: Coffee grounds + Malt bagasse + Hops (1: 1: 1); T3: Coffee grounds + Malt bagasse + Yeast (1: 1: 1). The inoculated substrate was placed in 550 ml polypropylene beakers. Then, the mycelial growth of *Pleurotus pulmonarius* was determined at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days after inoculation. The data were subjected to analysis of variance and the averages were compared using the Tukey test at 5% probability using the GENES program and the regression analysis of periods within the substrate was performed. The residues used in this work showed good colonization capacity, with the substrate of experiment 1 (only coffee grounds and coffee grounds + malt bagasse) the most efficient for the mycelial growth of *P. Pulmonarius*.

Key words: Mushroom; fungal; Waste; Coffe grounds

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - (A)** Taxa de crescimento diário de *Pleurotus pulmonarius* observada de 15 a 90 dias utilizando como substrato borra de café, bagaço de malte e lúpulo (substrato 2).
(B)Taxa de crescimento diário de *Pleurotus pulmonarius* observada de 15 a 90 dias utilizando como substrato borra de café, bagaço de malte e levedo (substrato 3) **15**
- Figura 2 -** Proveta de 550 mL contendo substrato e micélio fungico contaminado**16**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
	3.1 FUNGOS	4
	3.2 COGUMELOS	4
	3.3 <i>PLEUROTUS</i> SP.....	5
	3.4 SUBSTRATOS	6
4	MATERIAL E MÉTODOS	10
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
	5.1 EXPERIMENTO 1 – AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COGUMELOS DE <i>PLEUROTUS PULMONARIUS</i> UTILIZANDO COMO SUBSTRATOS: “AREIA” DE REJEITO DE RECICLAGEM DE PAPEL, REJEITO DA PRODUÇÃO DE CERVEJA E BORRA DE CAFÉ.	12
	5.2 EXPERIMENTO 2 – AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COGUMELOS DE <i>PLEUROTUS PULMONARIUS</i> UTILIZANDO COMO SUBSTRATO REJEITOS DA PRODUÇÃO DE CERVEJA.....	14
6	CONCLUSÃO	17
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 INTRODUÇÃO

O Reino Fungi está delimitado atualmente em características peculiares, que incluem aspectos morfológicos e fisiológicos. Apesar de muitas estruturas serem similares às dos animais, elas apresentam variações que são exclusivas dos fungos (Moore e Frazer, 2002; Burnett, 2003).

Os fungos estão presentes em todos os ecossistemas e possuem uma grande diversidade, o que gera interesse econômico devido a sua aplicabilidade nas mais diversas áreas. Em especial, os fungos comestíveis são apreciados pelo seu sabor e aplicação culinária desde as primeiras civilizações (Falcão et al., 2020).

O Filo Basidiomycota abrange fungos macroscópicos, comestíveis e também venenosos. Estima-se que existam aproximadamente 140.000 espécies de cogumelos e apenas 10% são conhecidas. Das espécies conhecidas, 50% podem ser consideradas comestíveis (Costa, 2010; Kim, 2017; Wen et al., 2017).

Os basidiomicetos formam um corpo de frutificação que é conhecido como cogumelo, sendo essa parte muito utilizada como alimento, devido a sua textura, sabor e algumas propriedades medicinais, como a presença de compostos bioativos, anti-inflamatórios, antibióticos e antioxidantes (Smolskaitė et al., 2015).

Os cogumelos comestíveis são uma fonte de proteína de alta qualidade e de alta eficiência, pois possuem baixo teor de gordura, poucas calorias e muitas vitaminas. Tais características são responsáveis pela sua importância, especialmente em países que estão em desenvolvimento, uma vez que podem ser considerados como uma alternativa alimentar em função de sua importância nutricional (Almeida et al., 2018).

Além de possuírem importância do ponto de vista nutricional, os cogumelos desempenham papel importante na ecologia, agindo como agente na biodegradação de resíduos agroindustriais (Silva et al., 2017), proporcionando o reaproveitamento de material orgânico rico em lignina e celulose. A alta variedade de substratos que podem ser utilizados no cultivo de cogumelos pode ser vista como uma possibilidade de aumentar a renda de pequenos produtores de maneira sustentável, o que torna esta atividade cada vez mais importante tanto pela situação de crise econômica como ambiental (Martins et al., 2018).

O gênero *Pleurotus* é o segundo maior grupo de cogumelos comestíveis do mundo, compreendendo mais de 40 espécies, as quais apresentam vantagens quando comparadas com outros cogumelos, como grande variedade de substratos que podem ser

utilizados para o cultivo e também a possibilidade de cultivo em diferentes temperaturas, uma vez que este fator pode ser limitante na produção (Inácio et al.,2015). *Pleurotus* é um gênero que possui cogumelos comestíveis em formato de concha e são chamados de “cogumelos ostra”. A sua cor varia entre azul-escuro, cinza-escuro, branco, creme, marrom, amarelo e rosa. Eles podem ser encontrados em florestas úmidas tropicais e subtropicais. A maioria é comestível, tendo alto índice proteico, vitamínico e de carboidratos, além de baixo teor de gorduras (Silveira, 2015).

O cultivo de cogumelos desse gênero é simples, dispensando qualquer tratamento do substrato. Além disso, seu sistema enzimático possui enzimas degradadoras eficientes na decomposição de lignina, sendo que o uso de fungos para converter material lignocelulósico é feito desde a antiguidade (Oliveira et al., 2007). Devido à grande diversidade de ligninas na natureza, foi constatado que esse sistema enzimático, que é capaz de degradar a lignina, não é específico, o que caracteriza a possibilidade de degradação de outros compostos relacionados à poluição ambiental, como pesticidas e solventes (Sturion e Ranzani, 2000).

Há uma crescente busca por maior utilização dos resíduos agroindustriais para produção de energia e de biomassa, visando menor impacto ambiental mundial. O uso de resíduos agrícolas como substrato para produção de cogumelos é interessante quando a relação carbono/nitrogênio é alta, pois isso interfere tanto na colonização do substrato como na produção do corpo de frutificação. Os principais resíduos utilizados são: bagaço de cana de açúcar, sabugo de milho, farelo e casca de arroz, resíduos de algodão e polpa de café (Figueiró, 2011).

2 OBJETIVOS

Avaliar o crescimento e produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* utilizando como substrato uma mistura de borra de café e rejeito celulolítico de reciclagem de papel, além de resíduos da produção de cerveja, em diferentes proporções.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FUNGOS

O reino Fungi é um dos grupos que possuem maior diversidade na Terra. Essa grande biodiversidade de espécies é visível em suas características macroscópicas, propriedades biológicas, em variados sistemas enzimáticos e em uma ampla atividade metabólica. O reino é composto por fungos filamentosos multicelulares (cogumelos e bolores) e leveduras (unicelulares). São organismos eucariotos, e sua parede celular é composta por glucanas e quitina (Takahashi et al., 2017).

Os fungos vivem em diversos ambientes, e sua dispersão na natureza ocorre por meio de agentes do ar e água, sementes, insetos, animais e seres humanos. Eles podem se reproduzir de forma sexuada ou assexuada. A forma de obtenção de nutrientes se dá por meio da absorção de compostos orgânicos como fontes de carbono e energia. Esses organismos conseguem sobreviver em uma ampla variedade de compostos orgânicos e habitam diversos ambientes como solo, água do mar e água doce, além de poderem viver associados a animais, insetos, plantas e detritos (Takahashi et al., 2017).

A classificação atual dos fungos reconhece sete filos: Ascomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota, Chytridiomycota, Glomeromycota, Neocallimastigomycota e Microsporidia. No Brasil é estimada uma biodiversidade de fungos de 150 a 264 mil espécies, que são distribuídas em 1.246 gêneros e 102 ordens (Maggio et al., 2021).

No Brasil, aproximadamente 1.200 desses fungos são agaricoides, pertencentes ao filo dos basidiomicetos (Maggio et al., 2021). Os basidiomicetos possuem uma grande diversidade de espécies que podem ser tóxicas, alucinógenas, comestíveis e outras sem valor utilitarista associado, a não ser um importante atributo: decompor a matéria orgânica (Schünemann et al., 2021).

3.2 COGUMELOS

O ser humano consome cogumelos desde a antiguidade. Os gregos e os romanos já consumiam cogumelos em grande quantidade devido ao conhecimento das suas propriedades gastronômicas (Omaiaa, 2011). Em todo o mundo, principalmente nos países ao lado do Pacífico, existe o hábito de coletar, identificar e consumir cogumelos comestíveis (Maggio et al., 2021). Cogumelos são os corpos de frutificação de

Basidiomicetos e são fonte de proteínas, o que faz com que eles sejam inseridos na alimentação humana, especialmente em países em desenvolvimento.

O cultivo de cogumelos possui suas peculiaridades, desempenhando papel ambiental importante, agindo na biodegradação de resíduos agroindustriais e proporcionando o reaproveitamento de matéria orgânica com altos teores de lignina e celulose (Silva et al., 2017). Isso ocorre porque os fungos são quimioheterotróficos, ou seja, necessitam de material orgânico para obtenção de energia e nutrientes. A decomposição da matéria orgânica ocorre, principalmente, na fase vegetativa do desenvolvimento fúngico, uma vez que, para formar sua biomassa, o fungo produz enzimas extracelulares, as quais possibilitam a degradação de componentes recalcitrantes presentes nos substratos (Velazquez et al., 2002; Brum, 2005).

Na fase vegetativa, ou de crescimento micelial, as hifas são responsáveis pela absorção dos nutrientes e colonização de todo o substrato (Philippoussis, 2009). A degradação da lignina por basidiomicetos é rápida e eles são responsáveis pela maior parte da degradação deste composto na natureza, desempenhando papel fundamental na ciclagem de nutrientes. Apesar de degradar lignina, o seu substrato de crescimento não é exclusivamente esse, mas também hemiceluloses e celulose (Kirk e Farrel; 1987; Blanchette, 1995).

A comercialização de cogumelos in natura apresentou um aumento de 80% em vendas desde de 2009 (Miragaia, 2014). O aumento no consumo atrai novos produtores, caracterizando o cogumelo como um nicho de mercado devido ao seu baixo custo de produção e ao seu alto valor comercial (Bett e Perondi, 2011). Segundo Schmidt et al., (2003), os fungos possuem capacidade de degradar resíduos à base de celulose e lignina a partir da produção de enzimas lignocelulolíticas. O gênero *Pleurotus* é um dos cogumelos mais conhecido, de cultivo simples, dispensando qualquer tipo de tratamento do substrato. Além disso, seu sistema enzimático possui enzimas degradadoras eficientes na decomposição dos materiais (Oliveira et al., 2007).

3.3 *Pleurotus* sp.

Os três gêneros de Basidiomicetos mais cultivados são *Agaricus* sp., *Pleurotus* sp. e *Lentinula* sp. De acordo com a Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos, o gênero *Pleurotus* sp. corresponde a mais de 16% (2.000 t ano⁻¹) do total de fungos comestíveis produzidos (Martos e Heck, 2021).

Pleurotus é um dos gêneros fúngicos mais conhecidos. Popularmente são chamados de “cogumelos ostra”. No Brasil são conhecidos como “cogumelos gigantes” e pelos japoneses como “Shimeji” (Kohari et al., 1997).

A espécie *Pleurotus ostreatus* é a segunda espécie comestível mais cultivada em todo o mundo (Sánchez, 2010), pois possui sabor agradável, baixo custo de produção e se desenvolve bem em locais de clima tropical, em temperatura de aproximadamente 20 °C (Kohari et al., 1997), além de apresentar alta eficiência biológica (Silva, 2019). Seu consumo no Brasil tem sido encorajado nas últimas décadas e, por conseguinte, a expansão do cultivo tem sido expressiva.

A comercialização das espécies desse gênero vem crescendo na fungicultura brasileira pela sua adaptabilidade ao clima do país, por seu sabor, propriedades nutricionais, medicinais e pela possibilidade de cultivo em diversos substratos de forma mais rústica. Além disso, sua procura no mercado vem se intensificando, por ser uma boa opção dietética para vegetarianos, sendo considerado saudável, com poucas calorias, baixo teor de lipídios e alto teor de proteínas e fibras (Kalac, 2013).

Os fatores determinantes para se ter uma boa produção e sucesso do cultivo deste cogumelo são basicamente a composição química do substrato, as condições assépticas para a inoculação, condições de umidade e temperatura do armazenamento, controle de pragas e a qualidade do inóculo (Martins, 2019).

Na literatura os resultados de produtividade são dados em termos de matéria úmida do cogumelo por matéria seca do substrato, que é conhecida como eficiência biológica (Albuquerque, 2010). A eficiência biológica é calculada como a razão entre a massa de cogumelos fresco e a massa do substrato original, com o resultado dado em porcentagem. Para o cultivo comercial de *Pleurotus* se tem como valor mínimo de referência 50% de eficiência biológica (Belém et al., 2016).

3.4 SUBSTRATOS

3.4.1 Resíduos agroindustriais

Com o atual cenário próspero em vários setores industriais, novas técnicas de aproveitamento e valorização dos resíduos e subprodutos da agroindústria têm sido desenvolvidas. A tecnologia enzimática vem utilizando esses resíduos na biotecnologia e na transformação da biomassa em outros produtos de interesse econômico (Dos Santos et al., 2018).

A atividade agrícola gera muitos resíduos lignocelulósicos. No Brasil predominam a cana-de-açúcar, soja e milho (Magalhães et al., 2019). Na Amazônia, os substratos de maior disponibilidade são exocarpo de cupuaçu e sementes de açaí (Nascimento, 2019).

O aproveitamento de substratos lignocelulósicos para crescimento de microrganismos é interessante por representar baixo custo e alternativa sustentável, uma vez que é dado um destino ao resíduo, além da redução dos custos de produção do cogumelo devido ao baixo custo do substrato. Neste processo o organismo converte a biomassa em nutrientes assimiláveis, por ação de suas enzimas extracelulares (Gao et al., 2020; Han et al., 2020).

Como *Pleurotus sp.* é um fungo que degrada a lignina, muitos resíduos agroindustriais podem ser utilizados para seu cultivo, tais como serragens, bagaço de cana, polpa de café, capins, cascas de frutas, farelo de cereais e casca de mandioca (Saad et al., 2018).

3.4.2 Resíduos da reciclagem de papel

Com o crescimento e o desenvolvimento da população mundial, houve um aumento na industrialização e na evolução das tecnologias e, paralelamente a esse crescimento, a sustentabilidade tem obtido grande foco e importância (Kosai e Yamasue, 2019). No setor papelero, a reciclagem é um importante aspecto pois, além de contribuir para a preservação de recursos naturais, também pode ser uma fonte de ganhos financeiros. Apesar das vantagens da reutilização de resíduos, somente 13% dos resíduos são usados para reciclagem no Brasil (IPEA, 2017).

O Brasil ocupava o oitavo lugar no ranking mundial dos produtores de papel em 2018, produzindo 10,4 milhões de toneladas (IBÁ, 2019). Tem-se uma estimativa de crescimento de 2% ao ano entre 2015 e 2030 na América do Sul, onde o Brasil enquadra-se como maior produtor de papel (Nali, 2016).

Toda a produção de madeira brasileira vem de florestas plantadas de pinus e eucalipto, enquanto que em outros países a produção vem de florestas naturais (Sartori, 2008). A localização geográfica do país permite que a produção de madeira seja boa, devido as condições de clima, solo e luminosidade favoráveis, além dos investimentos na biotecnologia florestal (Biazus et al., 2011).

A indústria papeleira separa da madeira a celulose, gerando a lignina como resíduo através do processo chamado na indústria de polpação Kraft. As extrações químicas e físicas, existentes na polpação Kraft e pirólise geram resíduos que podem ocasionar problemas ambientais quando realizado em larga escala e se o método de descarte for inadequado. Grande parte desses resíduos são queimados, porém, o poder calorífico que a queima gera é menor do que de outras fontes de combustíveis. A lignina presente nesses resíduos é considerada uma fonte de compostos fenólicos, com potencial de ser biotransformada e utilizada no desenvolvimento de novos compostos de importância médica, alimentícia ou de materiais com benefícios socioeconômicos e ambientais (Dorte, 2019).

Com a preocupação em relação aos cuidados com o meio ambiente, tem-se uma maior utilização de papel reciclado por parte da população. O uso de papéis reciclados tem apresentado uma maior demanda, juntamente para que ele seja constantemente reciclado após sua utilização, ao invés de ser jogado aos aterros (Da Silva et al., 2015)

No processo de reciclagem ainda existe alguns resíduos que são rejeitados. Esse resíduo celulolítico, com textura de papelão moído, acaba sendo descartado nos aterros apropriados e que possuem a licença ambiental para tal (Gallon, 2008). Porém, devido ao volume de resíduo produzido, alternativas viáveis para sua utilização devem ser estudadas.

3.4.3 Resíduos da produção de cerveja

A biomassa residual da produção de cerveja tem ganhado destaque, pois sua utilização no sentido econômico, sustentável, energético e ambiental diminui a pressão sobre as fontes não-renováveis (Gonçalves, 2006).

As vantagens de se utilizar a biomassa justificam os estudos desenvolvidos para encontrar as diferentes formas para seu reaproveitamento. Os principais resíduos gerados na produção de cerveja são: grãos usados, bagaço de malte, trub grosso e trub fino (Altíssimo, 2016). O bagaço do malte é o principal subproduto da produção de cerveja, correspondendo a um total de 85% de todo o resíduo gerado na produção (Cordeiro, 2012; Mello, 2014). Segundo a classificação internacional de alimentos, o resíduo é considerado um produto proteico, uma vez que possui teores de fibra bruta menores que 18% e de proteínas maiores que 20% (Mello, 2014).

A biomassa que provém do processo de produção de cerveja é considerada um bom substrato para cultivo de fungos, pois na sua composição possui fontes de carbono

como polissacarídeos, lignina, glicose, galactose, manose, frutose, óleos, ceras e ácidos orgânicos, que são fontes de C cruciais para regular a produção enzimática dos fungos (Zanetti e Ranal, 1997). Os minerais residuais da produção cervejeira são denominados cinzas e atuam como cofatores enzimáticos no metabolismo celular dos basidiomicetos (Wisniewski et al., 2010). As proteínas têm como principal função fornecer nitrogênio orgânico para que ocorra a multiplicação celular, enquanto que as fontes de carbono (hemicelulose e celulose), são convertidas em moléculas de água e CO₂ pelos fungos, que possuem o complexo enzimático para essa finalidade (Buswell et al., 1995; Vieira et al., 2008).

3.4.4 Borra de café

Os processos industriais utilizam matéria prima para produção de bens de consumo e, conseqüentemente, geram os mais variados tipos de resíduos. A indústria cafeeira sempre gerou diferentes tipos de resíduos como a casca, a polpa e a borra de café, encontrando dificuldades no descarte adequado deste material (Dorte, 2019).

O café é uma das matérias-primas mais utilizadas no mundo todo, porém os seus resíduos não têm sido utilizados como subproduto adequadamente. Os resíduos do café possuem nutrientes e compostos bioativos que conferem uma característica de grande potencial para reutilização (Bravo et al., 2013). A produção e consumo mundial de café geram quantidades enormes de resíduos, que podem ser reciclados e reutilizados por meio de compostagem, na produção de cogumelos, alimentação animal e, atualmente, tem sido testado na produção de biodiesel e bioetanol (Mussatto et al., 2011; Cruz et al., 2014). Valorizar os resíduos na agricultura e em outras atividades é uma prática que tem ganhado grandes adeptos, principalmente com a visão de proteção ambiental e à manutenção dos recursos naturais (Cordovil, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparo do inoculante

O micélio fúngico de um isolado de *Pleurotus pulmonarius* foi inoculado nos substratos durante os procedimentos experimentais. O fungo foi cultivado em placas de Petri com meio de cultura Sabouraud Dextrose Ágar (SDA) a 28 °C por 7 dias. Após o período de incubação para formação dos micélios, o inóculo foi preparado utilizando arroz parboilizado previamente cozido durante 30 minutos. Frascos de vidro contendo 400 g do arroz cozido foram autoclavados. Após autoclavados, foram adicionados a cada frasco cinco discos de 5 mm de diâmetro de micélio de *Pleurotus pulmonarius* anteriormente cultivado. Os frascos de vidro foram incubados a 24 °C até que o micélio colonizasse todo o arroz. O arroz colonizado com o micélio de *Pleurotus pulmonarius* foi utilizado para inocular os substratos.

4.2 Crescimento e produção de cogumelos de *Pleurotus Pulmonarius*

Para avaliar o crescimento e produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* em diferentes substratos, foram realizados dois experimentos. Em ambos o delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso, com 5 repetições.

4.2.1 Experimento 1

O desenvolvimento e produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* foi avaliado em substratos contendo os seguintes resíduos: “areia” de rejeito de reciclagem de papel, rejeito da produção de cerveja e borra de café. Todos os compostos utilizados na formação dos substratos foram secos ao ar livre antes da utilização.

O experimento foi composto por quatro tratamentos: T1, apenas borra de café; T2, borra de café + “areia” de rejeito de reciclagem de papel (2:1); T3, borra de café + bagaço de malte (1:1); T4, somente “areia” de rejeito de reciclagem de papel. Foram utilizados sacos de polipropileno transparentes de 2 litros contendo 1,5 litros de substrato umedecido com 400 mL de água destilada. Depois de adicionado o substrato, os sacos foram fechados e autoclavados a 121 °C durante 30 minutos. Após, cada saco recebeu 10 g do inoculante de *P. pulmonarius*, sendo os sacos fechados e incubados a 24 °C até que os micélios fúngicos colonizasse todo o substrato. Após 90 dias, com estiletes sanitizados, foram feitos cortes de 7 cm em forma de cruz no centro da lateral dos sacos, para induzir

a frutificação. Foi borrifada água mineral sobre os cortes diariamente a fim de manter a umidade do substrato.

4.2.2 Experimento 2

O desenvolvimento e produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* foi avaliado em substratos contendo os seguintes resíduos: borra de café, bagaço de malte, lúpulo e levedo.

O experimento foi composto por três tratamentos: T1, borra de café + bagaço de malte (1:1) + 125 mL de água destilada; T2, borra de café + bagaço de malte + lúpulo (1:1:1); T3, borra de café + bagaço de malte + levedo (1:1:1).

O tratamento 1 foi utilizado como controle positivo, devido a relatos na literatura da utilização do mesmo. Depois de feita a mistura, os substratos foram autoclavados a 121 °C por 30 minutos dentro dos sacos de polipropileno. Depois de autoclavados, os substratos foram inoculados com 10 g do inóculo. O substrato inoculado foi colocado em provetas de polipropileno de 550 mL, que foram fechadas com o auxílio de papel plástico e barbante e incubados a 24 °C, até que o micélio colonizasse o substrato. Após 85 dias, a proveta foi aberta e retirado o plástico juntamente com o barbante que estava vedando a base da proveta, para que a frutificação fosse induzida. Foi borrifado água diariamente, para que a umidade do substrato se mantivesse.

4.3 Coleta dos dados e análise estatística

No experimento 1 foi determinado o crescimento micelial do *Pleurotus pulmonarius* com 90 dias após a inoculação. No experimento 2, o crescimento foi determinado aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a inoculação. A avaliação do substrato colonizado pelos micélios fúngicos foi feita visualmente e medido com uma régua. Também foi observada a formação dos corpos de frutificação dos fungos ao final do período de incubação, os quais foram contados e pesados. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). No experimento 1 as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa GENES, enquanto que no experimento 2 foi feita a análise de regressão de períodos dentro do substrato.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento 1 – Avaliação da produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* utilizando como substratos: “areia” de rejeito de reciclagem de papel, rejeito da produção de cerveja e borra de café.

Os resultados da avaliação do crescimento micelial de *Pleurotus pulmonarius* em função dos 4 tratamentos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Quadro de ANOVA e Teste de Tukey do crescimento micelial de *Pleurotus pulmonarius* durante 90 dias em sacos de polipropileno contendo diferentes substratos.

	QM	Tratamentos	Crescimento (%)	
FV	GL	% migração	T1: borra de café	100 a
TRAT	3	1000**	T2: borra de café + papel	67,9 b
RE	16	157	T3: borra de café + bagaço de malte	83,4 ab
CV (%)	15,4		T4: “areia” de reciclagem de papel	73,6 b

**Significativo a 1% de probabilidade; FV= fonte de variação; GL= Grau de liberdade; TRAT= tratamentos; RE= Resíduo; CV= coeficiente de variação

Observou-se diferença significativa entre os substratos utilizados ($p < 1$), sendo que o substrato que proporcionou crescimento micelial mais acelerado foi o T1, com 100% e o T3 com 83,4 %, diferindo significativamente de T2 e T4. Outros estudos também mostram um favorecimento do crescimento fúngico em substrato feito a partir de borra de café (Fan e Soccol, 2001; Twaddell, 2020). Este efeito favorável pode se dar pelo fato de a borra de café ser excelente fonte de nutrientes minerais e de compostos bioativos (sobretudo compostos fenólicos), alta concentração de açúcares, matéria orgânica e compostos inorgânicos (Fan e Soccol, 2005; Twaddell, 2020). Além disso, a borra de café possui baixa relação C/N, o que contribui no fornecimento de nitrogênio, favorecendo o processo de decomposição do resíduo (Kaick e Vaz, 2018).

Apesar do bom desempenho da borra de café como substrato, a sua utilização em conjunto com o resíduo de papel apresentou o menor crescimento micelial (67,9%). Diversos autores relatam que o tipo de substrato e de suplementação podem influenciar a velocidade do crescimento micelial (Gomes et al., 2008; Sales e Andrade, 2011). Neste sentido, o substrato contendo papel pode ter provocado resultados baixos de crescimento de *Pleurotus pulmonarius* devido à alta relação C:N, o que influencia a biodegradabilidade e equilíbrio nutritivo do substrato. Quando ocorre a mistura de dois materiais, sendo um de alta relação C/N e outro de baixa, deve-se equilibrar as

quantidades de cada resíduo, a fim de fornecer quantidades adequadas de nitrogênio, seja com maior adição do resíduo de baixa C/N ou através de suplementação deste nutriente, a fim de não prejudicar o processo de decomposição do substrato e crescimento microbiano. Caso não se estabeleça esse equilíbrio, poderá ocorrer menor utilização dos nutrientes do substrato e menor eficiência de uso, como observado no presente trabalho. Segundo Brito (2005) em sistemas de compostagem é observado crescimento lento dos microrganismos devido a deficiência de nitrogênio, causando menor degradação do material orgânico.

Job (2004) relatou que espécies de *Pleurotus ostreatus* cultivados em pó de café degradam completamente a cafeína, mas não a incorpora aos corpos frutíferos. A capacidade de degradação do substrato sem a incorporação da cafeína na parte comestível do mesmo é interessante sob o ponto de vista que algumas pessoas possuem sensibilidade à cafeína, o que poderia ser um problema no consumo do cogumelo. Essa mesma característica se torna também interessante quando do uso de outros resíduos que possam conter substâncias potencialmente problemáticas, o que deve ser melhor investigado.

A variação no crescimento micelial com a variação do substrato pode ser devida também a diferenças estruturais do mesmo (Silva et al., 2019). A combinação entre material com texturas grossa e fina para formação do substrato acaba fornecendo melhor base para estruturação e melhora na oxigenação do substrato, algo que pode justificar o resultado observado com a adição de bagaço de malte, que tem em sua composição o cepilho, que ajuda na circulação de ar, além de ser uma ótima fonte de nutrientes (Oei e Van Nieuwenhuijzen, 2006).

Com relação à formação do cogumelo, o mesmo se deu em apenas algumas repetições, o que não possibilitou relacionar o tipo de substrato com a formação dos corpos de frutificação (dados não apresentados).

Contudo, quando realizado o descarte dos substratos, houve a formação do cogumelo. O período em que a embalagem fica fechada é importante para a produção, já que ela é uma condição de stress responsável pela indução da formação dos corpos de frutificação (Garcia, 2019). No entanto, a falta de oxigênio por períodos prolongados pode interferir em diversos processos, como a síntese e secreção de fenoloxidasas, impedindo a formação dos corpos de frutificação (Faria, 2004). Essa contradição deixa claro que o teor de oxigênio é fator limitante para o crescimento do fungo e mudança no seu ciclo de desenvolvimento. Além da disponibilidade de oxigênio, a umidade e compactação do substrato também são fatores que podem contribuir para a não formação de corpos de

frutificação. Por este motivo, esses fatores devem ser observados pelo produtor a fim de evitar prejuízos e maximizar a produção de cogumelos.

5.2 Experimento 2 – Avaliação da produção de cogumelos de *Pleurotus pulmonarius* utilizando como substrato rejeitos da produção de cerveja

Com relação ao experimento 2, por meio da análise de variância, observou-se que houve diferença significativa no período de 15 dias nos tratamentos 2 e 3 (nível de significância de 1%), ou seja, o tempo do crescimento micelial dentro desses substratos influenciaram no crescimento do cogumelo, mostrando que houve um aumento do crescimento de *Pleurotus pulmonaris* quando comparados ao controle (substrato 1) (Tabela 2).

Quadro 1 – Análise de variância do crescimento micelial com o fator período desdobrado dentro de cada substrato.

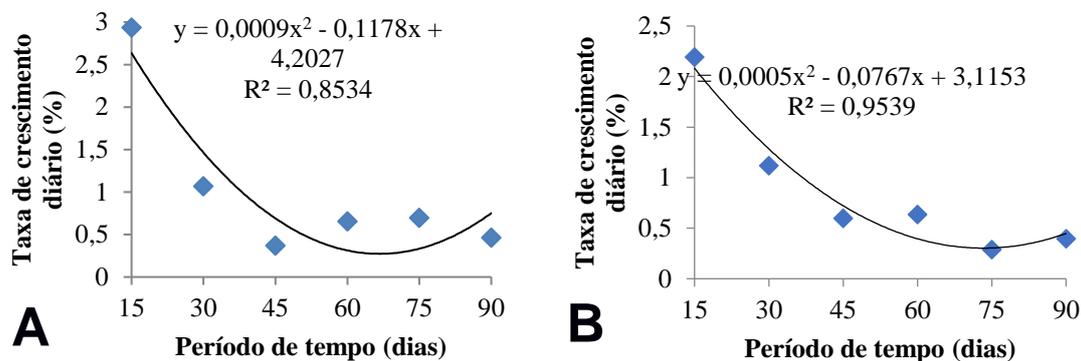
FV	GL	SQ	QM	F
SUBSTRATOS (S)	2	2,09634	1,04817	2,39205 ns
PERÍODO (P)	5	18,339	3,66779	20,68109**
S×P	10	4,3819	0,43819	2,47076*
PERÍODOS/SUBSTRATOS	15	22,7209	1,51472	8,54087**
PER/SUBSTRATO 1	5	1,31533	0,26307	1,48332 ns
PER/SUBSTRATO 2	5	13,9012	2,78023	15,67653**
PER/SUBSTRATO 3	5	7,50436	1,50087	8,46277**

**Significativo a 1% de probabilidade; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: média de quadrados

O maior crescimento micelial observado no substrato 2 (15,67 cm) e substrato 3 (8,46 cm) pode ser justificado pela presença de lúpulo e levedo, os quais podem ter favorecido o crescimento de *Pleurotus pulmonarius* (Beltrán *et al.* 2020).

O melhor tempo de avaliação dos substratos 2 e 3 foi com 15 dias (2,93% e 2,19%, respectivamente), após esse tempo houve uma queda brusca na massa seca, aos 60 e 75 dias. O grau de certeza das análises representado pelos gráficos foi de 85% e 95%, respectivamente (Figuras 1A e 1B).

Figura 1 – Taxa de crescimento diário micélio de *Pleurotus pulmonarius* observados de 15 a 90 dias no substrato 2 e substrato 3 (A – substrato 2: borra de café, bagaço de malte e lupulo; B – substrato 3: borra de café, bagaço de malte e levedo).



O trabalho de Bermúdez et al. (2018), com sete linhagens de *Pleurotus* sp. crescendo em polpa de café mostrou que diferentes cepas colonizaram todo o substrato em 18 dias, mostrando que esse período de crescimento foi próximo com os achados neste estudo, onde o melhor período de crescimento foi observado aos 15 dias.

Vários estudos enfatizam a influência do substrato sobre o crescimento micelial de *Pleurotus* sp. (Dias et al., 2003; Donini et al., 2005; Andrade et al., 2008), assim como o alto índice de contaminação de fungos naturais presentes em cada substrato utilizado e a taxa de umedecimento variável, podendo justificar a queda brusca na massa seca de *P. pulmonarius*.

Os resíduos utilizados nesse trabalho apresentaram boa capacidade de colonização, sendo o substrato do experimento 1 (borra de café + bagaço de malte), mais eficientes para o crescimento micelial de *P. Pulmonarius*. No entanto, em boas condições de temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes, o crescimento fúngico ocorre rapidamente, ocorrendo a redução da taxa de crescimento com o passar do tempo (Silva, 2019).

A velocidade de crescimento micelial é condicionada a diversos fatores, sendo um deles o substrato. A disponibilidade de substâncias facilmente assimiláveis, como, por exemplo, a glicose favorece o crescimento no início do período de incubação. No entanto, com a redução da disponibilidade destas substâncias e a predominância de compostos mais recalcitrantes, diminui o crescimento fúngico. Além das características do substrato, há também variação dentro da mesma espécie ou gênero de fungo, sendo que diferentes linhagens podem apresentar variação no crescimento micelial e responder de forma diferente a um mesmo substrato (Donini et al., 2005).

De acordo com os resultados observados no presente trabalho, o tempo para estabelecimento do fungo no substrato e colonização do mesmo deve ser reduzido para próximo de 30 dias em ambos substratos, o que poderia favorecer a formação dos corpos de frutificação e evitar possíveis contaminações, uma vez que foi observada contaminação em todos os tratamentos em torno 15 dias após o início da incubação (Figura 2).

Figura 2 – Proveta de 550 mL contendo substrato e micélio de *Pleurotus pulmonarius* crescendo juntamente com fungo contaminante.



Neste experimento também não foi possível realizar a contagem dos corpos de frutificação, uma vez que não houve a formação de cogumelos de forma homogênea no período de avaliação. Além de questões relacionadas ao excesso de umidade e diminuição da concentração de oxigênio, um fator a ser levado em consideração pode estar relacionado a um esgotamento nutricional do substrato, devido ao prolongamento do crescimento micelial pelo período de 90 dias, podendo acarretar em um estresse nutricional e, por consequência, inviabilizar a entrada do fungo na fase reprodutiva.

6 CONCLUSÃO

Os substratos compostos apenas com borra de café e borra de café + bagaço de malte foram os que apresentaram melhores resultados quanto ao crescimento micelial de *Pleurotus pulmonarius*.

No experimento 2, foi encontrado o período ideal para o crescimento micelial de 15 a 30 após a inoculação. Os substratos apresentando resíduos de indústria cervejeira se mostraram adequados para o crescimento do fungo

Considerando que os resíduos avaliados neste trabalho são largamente disponíveis e que *P. pulmonarius* é um cogumelo rústico, com poucas exigências nutricionais, sua produção pode ser uma alternativa extra de renda para os pequenos produtores rurais, sem que haja a necessidade de grandes investimentos em sua produção. Sua produção representa uma alternativa para agregar valor aos resíduos oriundos do setor de cervejaria e agrícola.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBURQUERQUE, M. P. De. *Cultivo de lentinus sajor-caju (fr.) fr. pleurotus sajorcaju (fr.) singer e pleurotus spp. em diferentes substratos*. Orientador: Prof. Dr. José Soares do Nascimento. 126 f. Tese (Pós graduação em Sistemas de Produção agrícola familiar) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

ALMEIDA, A. C. P. S.; SILVA, L. M. De M. M.; NETO, J. S. B.; CELESTINO, E. G.; SILVA, J. M.; SILVA, C. S.; NASCIMENTO, M. S.; CRISTO, C. C. N.; SANTOS, T. M. C.; *Cultivo axênico de cogumelos comestíveis em resíduos agroindustriais*. Revista Craibeiras de Agroecologia, Rio Largo, v. 3, n. 1, p. e6651, 2018. 03 a 05 de dezembro de 2018.

ALTÍSSIMO, R. G.; *Estudo de caso da viabilidade técnico-econômica da reutilização do resíduo de terra diatomácea em indústria cervejeira*. 2016. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em “Engenharia Química”) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2016.

ANDRADE, M. C. N.; ZIED, D. C.; MINHONI, M. T. A.; KOPYTOSKI FILHO, J. *Yield of four Agaricus bisporus strains in three compost formulations and chemical composition analyses of the mushrooms*. Brazilian Journal of Microbiology, v. 39, n. 3, p. 593-598, 2008.

BELEM, A. P. G.; ALEJANDRO, N. M.D; FABIÁN, R. M. *Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (Pleurotus spp.)*. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, v. 32, n. EspecialResiduosSolidos, p. 141–151, 2016.

BELTRÁN, D. Y., MORRIS, Q., HUMBERTO, L. M., BERMÚDEZ, S. G., CATALINA, R., & GARCÍA O., N. *Procedimientos para la producción de setas del género pleurotus con potencial aplicación farmacológica*. Revista Cubana de Química, 32(2), 245-261. Epub 21 de septiembre de 2020.

BERMÚDEZ S., R. C., GARCÍA O., N., AGBOZOUHOUE, K., K., & MIGDALIA, S., A. *Evaluación de la productividad de dos cepas de pleurotus spp sobre pulpa de café coffea canephora pierre ex frhoener*. Tecnología Química, 38(2), 246-255, 2018.

BETT, C.F.; PERONDI, M.A. *Análise do mercado de cogumelos comestíveis e medicinais: uma prospecção de alternativas de renda para agricultura familiar na região sudoeste do Paraná*. Synergismus Scientifica, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2011.

BIAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. *O potencial de investimento nos setores florestal, de celulose e de papel..* Rio de Janeiro: BNDES. p. 108-143,2011.

BLANCHETTE, R.A. *Degradation of lignocellulose complex in wood*. Can. J. Bot. 73. s.999- 1010, 1995.

BRAVO, J., MONENTE, C., JUÁNIZ, I., PEÑA, M. P. De., CID, C. *Influence of extraction process on antioxidant capacity of spent coffee*. Food Research International, v.50, n.2, p.610-616. 2013.

BRITO, L. *Manual de Compostagem. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2005.*

BRUM, A.A. *Perfil enzimático e degradação lignocelulósica durante o crescimento vegetativo de Agaricus brasiliensis em diferentes substratos.* Dissertação (Mestrado) – Departamento de Microbiologia y Parasitología, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

BURNETT, J. *Fungal populations & species.* Oxford University Press, Oxford, USA, 348pp, 2003.

BUSWELL, J. A.; CAI, Y.; CHANG, S. T. *Effect of nutrient nitrogen and manganese on manganese peroxidase and lacase production by Lentinula (Lentinus) edodes.* Fems. MicrobLett.. v. 128, p. 81-88, 1995.

CORDEIRO, L.G. *Caracterização do bagaço de malte oriundo de cervejarias.* Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró – RN, v.7, n.3, p. 20-22, 2012.

CORDOVIL, C. M. S. *Dinâmica do azoto na reciclagem de resíduos orgânicos aplicados ao solo.* Instituto do ambiente, pp.56, 2004.

COSTA, N. M. B; ROSA, B. R. *Alimentos Funcionais: Componentes Bioativos e efeitos fisiológicos.* Editora Rubio, 2010.

CRUZ, R., GOMES, T., FERREIRA, A., MENDES, E., BAPTISTA, P., CUNHA, S., PEREIRA, J. A., RAMALHOSA, E., CASAL, S. 2014b. *Antioxidant activity and bioactive compounds of lettuce improved by espresso coffee residues.* J. Agric. Food Chem, 145: 95-101.

DA SILVA, S. E. P., DA SILVA, J., G., DA SILVA, F., A., LOPES, E., O. *DESENVOLVIMENTO ECOSUSTENTÁVEL: Modelo de gestão ambiental para a reciclagem de papel.* 2015.

DIAS, E. S.; KOSHIKIMO, E. M. S.; SCHWAN, R. F.; SILVA, R. *Cultivo do cogumelo Pleurotus sajor-caju em diferentes resíduos agrícolas.* Ciência e Agrotecnologia, v. 27, n. 6, p. 1363-1369, 2003.

DONINI, L. P., BERNARDI, E., MINOTTO, E., & NASCIMENTO, J. D. *Desenvolvimento in vitro de Pleurotus spp. sob a influência de diferentes substratos e dextrose.* Arquivos do Instituto Biológico, 72(3), 331-338, 2005.

DORTE R.P. *Investigação de fungos ligninolíticos na produção de lacase utilizando lignina kraft e borra de café.* Pós graduação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

DOS SANTOS, P. S., SANTOS, S., L., GOMES, B. S., J.; SAMPAIO, G.; BRAGA JR, A. C.R.; DO VAL DE ASSIS, F. G.; LOPES LEAL, P. *Fermentação em estado sólido*

em resíduos agroindustriais para a produção de enzimas: uma revisão sistemática. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 04, n. 02, p. 181–188, 2018.

FALCÃO, M., LUCINI, F., SILVA, F.A.B., VELLOSO, R.P.J., MAGGIO, P.L., PUTZKE, J. *Oficina pedagógica como ferramenta de ensino na micologia: aprendendo a cultivar cogumelos comestíveis.* Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 1, 14 fev. 2020.

FAN, L.; SOCCOL, C.R. *Produção de cogumelo comestível do tipo Pleurotus, Lentinus e Flammulina em casca e borra de café.* II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, v.3, Ed: Embrapa Café, Laboratório de Processos Biotecnológicos, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2002.

FAN, L.; SOCCOL, C. R. *Shiitake Bag Cultivayion.* Parte I Shiitake. Coffee Residues. Mushroom Grower's Handbook. Mushworld All, 2, p. 92-94, 2005.

FARIA, R. O. de. *Avaliação do potencial biotecnológico de Lentinula boryana (BERK & MONT) Pegler,* 2004.

FIGUEIRÓ, G.G.; GRACIOLLI, L.A. *Influência da composição química do substrato no cultivo de Pleurotus florida.* Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n.5, p.924-930, 2011.

FU, L., McCALLUM, S.A., MIAO, J., HART, C., TUDRYN, G.J., ZHANG, F., LINHARDT, R.J. *Rapid and accurate determination of the lignin content of lignocellulosic biomass by solid-state NMR.* Fuel. V.141, p.39-45, 2015.

GALLON, A. V.; SALAMONI, F. L.; BEUREN, I. M. *O processo de fabricação de papel reciclado e as ações associadas aos custos ambientais em indústria de Santa Catarina.* ABCustos, v. 3, n. 1, 2008.

GAO, M., LI, H., MA, H., PENG, C., WU, W., YU, Z., WANG, Q. *Electricity Enhancement by MFCs from Food Waste Ethanol Fermentation Recycle Stillage Effect of Dilution Ratio and Addition of Tween 80.* Chemistry select, 2020.

GARCIA, R. L. *Produção de alimentação para cães com incorporação de resíduos do cogumelo Agaricus bisporus.* Pós graduação. Unesp, 2019.

GOMES, S. M.C.; COIMBRA, L. B.; SILVA, E. S. *Crescimento micelial de dois isolados de Lentinula edodes (Berk.). Pegler em resíduos lignocelulóticos.* Acta Scientiarum. Biological Sciences, Maringá, v. 30, n. 2, p. 192-196, 2008.

GONÇALVES, C.C.M.; PAIVA, P.C.A.; DIAS, E.S.; SIQUEIRA, F.G.; HENRIQUE, F. *Avaliação do cultivo de Pleurotus sjor-caju (Fries) Sing. sobre o resíduo de algodão da indústria têxtil para a produção de cogumelos e para alimentação animal.* Ciência e Agrotecnologia, v. 34, n.1, p. 220-225, 2010.

HAN, W., LIU, Y., XU, X., HUANG, J., HE, H., CHEN, L., QIU, S., TANG, J., HOU, P. *Bioethanol production from waste hamburger by enzymatic hydrolysis and fermentation,* Journal of Cleaner Production, v. 264, 2020.

INÁCIO, F. D., FERREIRA, R. O., ARAUJO, C. A., V., BRUGNARI, T., CASTOLDI R., PERALTA, R. M., and SOUZA, C. G. M. *Proteases of Wood Rot Fungi with Emphasis on the Genus Pleurotus*. Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International. Vol 15. 2015.

IBÁ. Associação Brasileira de Árvores. Relatório 2019. 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>> Acesso em: 17 mar. 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos no país vão para reciclagem*. 2017. Disponível em: Acesso em 15 mar. 2020.

JOB, D. *Uso de resíduos da indústria de café para a produção de Pleurotus ostreatus (Jacq.: Fr.) Kummer na fermentação em estado sólido*. Iberoamerican Journal of Mycology, 21, 195-197. ISSN: 1130-1406, 2004.

KAICK, T. S. V., VAZ, A. C. N. III-083- *Avaliação de dois modelos de vermidigestores para o tratamento de resíduos orgânicos crus*. 2018.

KALÁČ, P. *A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms*. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 93, n. 2, p. 209-218, 2013.

KASONGO, R.K., KASONGO, R.K., VERDOODT, A., KANYANKAGOTE, P., BAERT, G., VAN RANST, E. *Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments*. Soil Use Manag, 27: 94–102, 2011.

KIM, K. H. *Discovery of new bioactive metabolites from Korean wild mushrooms.*, 29(1), 21-22, 2017.

KIRK, T.K. & FARREL, R.L. *Enzymatic 'combustion': The microbial degradation of lignin*. Annual Review of Microbiology. v.41, p.465-505, 1987.

KOHARI, E.K.; AMAZONAS, M.A.L.A.; CARVALHO, F.J.P.C *Potencial de crescimento micelial do fungo Pleurotus sajor-caju em serragem e casca de Pinnus spp e resíduo de infusão de erva-mate*. In: Workshop Sulamericano Sobre Usos Alternativos de Resíduos de Origem Florestal e Urbana. Curitiba. Anais. Colombo: Embrapa-Florestas, p. 150-155, 1997.

KOSAI, S.; YAMASUE, E. *Global warming potential and total material requirement in metal production: Identification of changes in environmental impact through metal substitution*. Science of The Total Environment, v. 651, p. 1764-1775, 2019.

MAGALHÃES, A. A. S., TEIXEIRA, M. F., CRUZ FILHO, R., DA SILVA, S., GOMES, D. M., & PEREIRA, J. *Produção e caracterização de enzimas proteolíticas de Lentinus crinitus (L.) Fr. 1825 DPUA 1693 do bioma amazônico (Polyporaceae)*. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 14, n. 3, p. 453-461, set.-dez. 2019.

MAGGIO, L. P., HERBELE, M. de A., KLOTZ, A. L., FALCÃO, M. de S, SILVA, F. A. B. Da, PUTZKE, M. T. L., PUTZKE, J. *Identificação de espécies de cogumelos comestíveis e tóxicas da família Agaricaceae (fungos - Agaricomycetes) encontradas no Brasil*. Brazilian Applied Science Review, Curitiba, ano 2021, v. 5, n. 1, p. 391-416, 2021.

MARTINS, O. G., ABILIO, D. P., SIQUEIRA, O. A. P. A., RONCHESEL, M., ANDRADE, M. C. N. *Sobra de alimentos como alternativa para a Formulação de novos substratos para o cultivo de Pleurotusostreatus (BASIDIOMYCOTA, FUNGI)*. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 11, n. 2, p. 505-518, 2018.

MARTINS, O. G.; *Análise da produtividade e sustentabilidade de inóculo de Pleurotus ostreatus após repicagens sucessivas: estudo de caso*, 2019.

MARTOS, E.T.; HECK, K. *Inoculação de substrato colonizado como alternativa aos pequenos produtores de cogumelos comestíveis no brasil*. BIOFIX Scientific Journal, v. 6, n. 1, p. 62-68, 2021.

MELLO, V. S. A.; *Determinação da composição do bagaço do malte de cevada e estudo das suas potenciais aplicações*. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2014.

MENEZES, C. R.; BARRETO, A. R.; *Biodegradação de resíduos lignocelulósicos por fungos basidiomicetos: Caracterização dos resíduos e estudo do complexo enzimático fúngico*. Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental, v. 19, n. 2, p. 1365–1391, 2015.

MILES, P. G.; CHANG, S. T. *Mushroombiology: concise basics and current developments*. Singapore: World Scientific, 194 p., 1997.

MIRAGAIA, M. *Cogumelo fresquinho*. ANPC – Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos, 2014. Disponível em: <https://www.anpccogumelos.org/single-post/2014/02/05/Cogumelo-fresquinho>. Acesso em: 15 de jun. 2017

MOORE, D.; FRAZER, L. N. *Essential Fungal Genetics*. Springer, New York, USA, 357 pp, 2002.

MUSSATO T., S.I., MACHADO, E. M. S., MARTINS, S., TEIXEIRA, J. A. *Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues*. Food Bioprocess Technol, 4: 661–672, 2011.

NALI, E. C.; RIBEIRO, L. B. N. M.; HORA, A. B. *Biorrefinaria integrada à indústria de celulose no Brasil: oportunidade ou necessidade?*. 2016.

NASCIMENTO, J. F., SILVA JÚNIOR, A. C. S. da, TOSTES, E. S. L, DA SILVA, A. S. S.. *Avaliação físico-química de polpas de cupuaçu, Theobroma grandiflorum Schum, industriais e artesanais*. PUBVET v.13, n.3, a300, p.1-6, Mar., 2019

OEI, P.; VAN NIEUWENHUIJZEN, B. *O Cultivo de cogumelos em pequena escala*, v. 40 Agromisa p. 13–39, 2006.

OLIVEIRA, C., C. *Produção de cogumelos comestíveis utilizando resíduos agroindustriais*. Orientador: Prof. Dr. José Soares do Nascimento. 2018. 48 f. Trabalho de diplomação (Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

OLIVEIRA, M.A., DONEGA, M. A., PERALTA, R. M., & SOUZA, G. C. M. De. *Produção de inóculo do cogumelo comestível Pleurotus pulmonarius (Fr.) Quélet - CCB19 a partir de resíduos da agroindústria*. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 27(supl.): 84-87, 2007

OMAIAA. *A comercialização de cogumelos em Portugal*. Artigos - Publicações. Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agro-Alimentares. Disponível em: http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=102, 2011.

PAIVA, G. A., CAMPOS, O. R., SILVA, A. P. R., KNUPP, A. N., DAVID, G. Q., SORATO, A. M. da C. *Produção do cogumelo comestível Hiratake em resíduos agrícolas e florestais na região de Alta Floresta- MT*. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, Nº 1, Jul. 2018.

PANDEY, A., SOCCOL, C. R., NIGAM, P., SOCCOL, V. T., VANDENBERGHE, L. P. S., MOHAN, R. *Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse*. Bioresouce Technology. Amsterdam, v.74, p.81-87, 2000.

PHILIPPOUSSIS, A. N. “*Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates,*” in: *Biotechnology for Agro-industrial Residues Utilization*, P. S. N. Nigam and A. Pandey (eds.), Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 163-196, 2009.

SAAD, A L. M.; LIMA, F. S.; DE ANDRADE, M. C. N. *Adubo orgânico consorciado com gramíneas para o cultivo do cogumelo Ganoderma lucidum*. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 11, n. 2, p. 561-572, 2018.

SALES, C.; ANDRADE, M. C. N. *Aproveitamento de resíduos madeireiros para o cultivo do cogumelo comestível Lentinus strigosus de ocorrência na Amazônia*. Acta Amazonica, Petrópolis, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2011.

SÁNCHEZ, C. “*Cultivation of Pleurotus ostreatus and other edible mushrooms,*” Appl. Microbiol. Biot. 85(5), 1321-1337. DOI: 10.1007/s00253-009-2343-7, 2010.

SANTOS, J.Q. *Fertilização & Ambiente: Reciclagem Agro-Florestal de Resíduos e Efluentes*. Pubic Europa - America, Lisboa, pp.180-202, 2001.

SARTORI, P. A. *Estudo sobre a evolução da área plantada de eucalipto e pinus no Brasil*. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, v. 11, p. 139-145, 2008.

SCHMIDT, P.; WECHSLER, F.S.; NASCIMENTO, J.S.; VARGAS, F.M.J. *Tratamento de Feno de Braquiária pelo fungo Pleurotus ostreatus*. Revista Brasileira de Zootecnia, v32, n.6, p.1866-1871, 2003.

SCHÜNEMANN, B. L. B.; PALACIO, M.; REGIO, N. C. *O desconhecido reino dos fungos*. Ensino de biologia, 2021.

SILVA, J. M.; SANTOS, M. T.; ROCHA, J. R.; SANTOS, T; M. C.; MONTALDO, Y. C. M.; TEIXEIRA, R. R. O. *Decomposition of sugarcane bagasse by edible mushrooms estimated by microbial respiration*. International Journal of Agriculture Innovations and Research, v. 6, n. 1, p. 172-175, 2017.

SILVA, L.F.D. *Viabilidade técnica da produção de briquetes a partir do bagaço de malte de cevada*. 2018. 49f. Dissertação (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília. Brasília- DF. 2018

SILVA, M. C. S.; LUZ, J. M. R. Da; NUNES, M. D.; PAES, S. A.; TORRES, D. P.; KASUYA, M. C. M. *Lignocellulolytic enzyme production of Pleurotus ostreatus growth in agroindustrial wastes*. Brazilian Journal of Microbiology (Impresso), v. 43, p. 1508-1515, 2012.

SILVA, M.C. P. E.; *Avaliação da eficiência biológica e produtiva, de substrato a base de bambu dendrocalamus asper, para a produção de pleurotus ostreatus e pleurotus sajor-caju*. Orientador: Prof. Dr. Flavia Alves Pereira. 2019. 37 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.

SILVA, R. S.; VÍTOLA, F. M. D.; SILVA, M. A. B. *Biotecnologia convertendo bagaço de malte em nutrientes para produção de cogumelos*. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 07, Vol. 11, p. 79-100. ISSN: 2448-0959, 2019.

SILVEIRA, M.L.L. *Caracterização Estrutural e Ação Antinociceptiva e AntiInflamatória de Polissacarídeos Isolados de Pleurotus sajor-caju*. Tese de pós-graduação – doutorado (Programa de Pós Graduação em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SMOLSKAITÈ, L.; VENSKUTONIS, P. R.; TALOU T. *Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species*. LWT - Food Science and Technology, v. 60, p. 462-471, 2015.

SOUZA, F. *Avaliação da qualidade de briquetes produzidos com seis biomassas agroflorestais por métodos não destrutivos*. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

STURION, G. L.; RANZANI, M. R. T. de C. *Composição em minerais de cogumelos comestíveis cultivados no Brasil - Pleurotus spp e outras espécies desidratadas*. ALAN (Caracas), v. 50, n. 1, 2000.

TAKAHASHI, J. A., LIMA, G. S., DOS SANTOS, G. F., LYRA, F. H., HUGHES, A. F., & GONÇALVES, F. A. G. *Fungos filamentosos e química: velhos conhecidos, novos aliados*. Revista virtual de química, 9(6), 2351-2382, 2017.

TWADDELL, B. *Trash to Table: Pleurotus pulmonarius Cultivation on Spent Coffee Grounds*. Simpósio de pesquisa de graduação e engajamento. Loyola University Chicago, 2020.

VELAZQUEZ, C.; MATA, G.; SAVOIE, J.M. *Waste reducing cultivation of Pleurotus ostreatus and Pleurotus pulmonarius on coffee pulpe changes in the production of some lignocellulolytic enzymes*. Word Journal of Microbiology and Biotechnology, v.18, n.3. 201-207 (7), 2002.

VIEIRA, G.R.T.; LIEBL, M.; TAVARES, L. B. B.; PAULERT, R.; SMÂNIA JR, A. *Submerged culture conditions for the production of mycelial biomass and antimicrobial metabolites by Polyporus tricholoma* Mont. Braz. J. Microbiol., v. 39, p. 561-568, 2008.

WEN, T. C., XIAO, Y. P., HAN, Y. F., HUANG, S. K., ZHA, L. S., HYDE, K. D., & KANG, J. C. *Multigene phylogeny and morphology reveal that the Chinese medicinal mushroom 'Cordyceps gunnii' is Metacordyceps neogunnii sp. nov.* Phytotaxa, 302(1), 27-39, 2017.

WISNIEWSKI A.C., AMAZONAS M.A., PALMA M.B. and TAVARES L.B.B. *Produção de enzimas amilolíticas por Macrocybetitans em resíduo do processamento de cerveja*. Rev Bras Bioci 8: 285-293, 2010.

ZANETTI, A. L.; RANAL, M. A. *Suplementação de cana-de-açúcar com guandu no cultivo de Pleurotus sp. 'Florida'*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 32, n. 9, p. 959- 964, set. 1997.