



Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia

ANTONY ENIS VIRGÍNIO MACHADO

**Cultivo integrado do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e tomate
(*Solanum lycopersicum*)**

GURUPI – TO
2019



Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia

ANTONY ENIS VIRGÍNIO MACHADO

**Cultivo integrado do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e tomate
(*Solanum lycopersicum*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Félix Gonçalves de Siqueira, Embrapa Agroenergia

Co-orientadora: Profa. Dra. Simone Mendonça, Embrapa Agroenergia.

GURUPI – TO

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

M149c MACHADO, ANTONY ENIS VIRGINIO.
Cultivo integrado do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e tomate. /
ANTONY ENIS VIRGINIO MACHADO. – Gurupi, TO, 2019.
77 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Biotecnologia, 2019.

Orientadora : FÉLIX GONÇALVES DE SIQUEIRA

Coorientador: SIMONE MENDONÇA

1. Produção de cogumelos comestíveis. 2. Utilização de resíduos
agroindustriais como alternativa para o cultivo de cogumelos. 3.
Avaliação do pós cultivo de cogumelos em produção de mudas e
plantas de tomate. 4. Montagem e validação de sistema de
esterilização a vapor de água para cultivo de cogumelos comestíveis.
I. Título

CDD 660.6

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que
citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



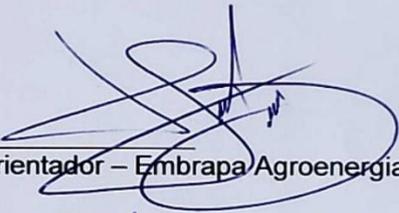
ANTONY ENIS VIRGÍNIO MACHADO

Cultivo integrado do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e tomate (*Solanum lycopersicum*)

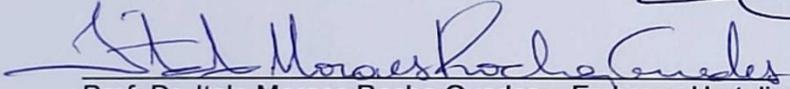
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia em 05/04/2019 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 05/04/2019.

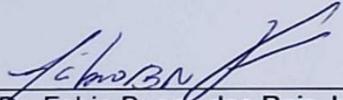
Banca Examinadora:



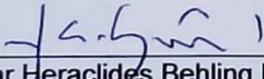
Prof. Dr. Félix Gonçalves de Siqueira – Orientador – Embrapa Agroenergia Brasília



Prof. Dr. Italo Moraes Rocha Guedes – Embrapa Hortaliças Brasília



Prof. Dr. Fabio Bueno dos Reis Junior – Embrapa Cerrados Brasília



Prof. Dr. Cesar Heraclides Behling Miranda – Embrapa Agroenergia Brasília

Brasília (DF).
2019.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer a Deus, pelas inúmeras oportunidades que Ele vem me concedendo, para sempre continuar acreditando no meu potencial.

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom ponto, sem o precioso apoio de várias pessoas:

Agradeço imensamente o meu orientador, Professor Doutor Félix Gonçalves de Siqueira, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e no trabalho de TCC da graduação. Agradeço ainda, pelas palavras sinceras e diretas que foi nos dirigidas, contribuiu e muito para o meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço aos colegas de trabalho de pesquisa e de sala de aula, que foram muitos no decorrer deste curso. De maneira especial, agradeço ao Aparecido, Ana Paula, Vandinelma, Taísa, Joice, Rubén e todos que contribuíram de alguma forma para que este trabalho chegasse até aqui.

Agradeço ainda, a família da Sra. Iolanda e Sr. Dionísio, na pessoa de seus filhos Rodrigo, Gustavo e Lucas, que sempre me acolheram de braços abertos durante as semanas de aula, que fiquei em Gurupi. Agradeço ainda aos funcionários da Embrapa Agroenergia, UFT e UnB, instituições que tenho o prazer de dizer, que fui colaborador e estudante.

E por último, mas não menos importante agradeço de coração a toda a minha família. Minha Mãe Ana Dourado, Meu Pai José Machado, irmã Ketinine Machado e minha querida esposa Tatiane Maria. Essas pessoas foram essenciais para a finalização dessa etapa na minha vida.

“Quem abandona a luta não poderá nunca saborear o gosto de uma vitória.”

RESUMO

A produção e consumo de cogumelos comestíveis é crescente, devido a maiores informações sobre seu potencial no benefício à saúde. Cogumelos são considerados um alimento funcional, rico em substâncias bioativas que apresentam atividade antioxidante, anti-inflamatória e antibiótica, além de ser uma das fontes de proteína alternativas à proteína animal. Em países ocidentais e/ou em desenvolvimento, como o Brasil, o cogumelo ainda é pouco consumido justificando-se por aspectos culturais e pelo alto custo do produto final devido a processo de produção com etapas que requerem altos investimentos, principalmente estrutural e em equipamentos. A utilização de biomassas vegetais residuais de processos agroindustriais de fácil obtenção e baixo custo como as obtidas do processamento do óleo do dendê (*Elaeis guineensis*), técnicas alternativas de cultivos e a agregação de valor nos resíduos da fungicultura tem sido possibilidades para a viabilização da produção de diferentes espécies de cogumelos. Este trabalho teve como foco a avaliação de sistema de cultivo de cogumelos *Pleurotus ostreatus* em diferentes fontes de substratos versus um sistema de esterilização por vapor de água; como também a obtenção de novos produtos processos por meio do aproveitamento da biomassa pós-colheita dos cogumelos (SMS – Spent Mushroom Substrate, inglês) integrados ao cultivo de tomates ou outra cultura olerícola. Um sistema de esterilização a vapor d'água foi desenvolvido e testado com intuito de atender sistema de produção de cogumelos do gênero *Pleurotus*, principalmente para pequenos fungicultores. Os resultados deste sistema de esterilização se mostraram eficiente na redução de contaminação causado por outros microrganismos. A produtividade e eficiência biológica do cultivo de *P. ostreatus* apresentaram valores significativos em diferentes fontes substratos oriundos de resíduos lignocelulósicos da agroindústria do dendê, quando submetidos à esterilização por vapor d'água no equipamento desenvolvido. As biomassas oriundas dos SMS apresentaram excelentes resultados agronômicos quando da composição de substratos para crescimento de mudas de tomates. A produtividade de frutos de tomate também foi significativa no sistema de cultivo em SMS. Uma vez que na ecologia de solos é comum observar a interação de algumas espécies de macrofungos (fungos saprofíticos) e plantas, onde fazem trocas de nutrientes e compostos químicos na região da rizosfera. Também possibilita a obtenção de respostas às vantagens observadas quanto a produtividade de cogumelos e frutos (tomate, neste exemplo), por meio do uso de ferramentas ômicas, potencializando a exploração de bioprodutos de interesse biotecnológico industrial.

Palavras-chaves: biotecnologia de macrofungos, interação microrganismos planta, sistema cultivo cogumelos.

ABSTRACT

The production and consumption of edible mushrooms is growing globally, taking on cultural issues, and disseminating more information about their potential in health benefits. Mushrooms are considered a functional food, rich in bioactive substances that have antioxidant, anti-inflammatory and antibiotic activity, for example, besides being one of the sources of protein alternatives to animal protein. In western and / or developing countries, such as Brazil, the mushroom is still poorly consumed, justified by cultural aspects and the high cost of the final product due to the production process with stages that require high investments, mainly structural and equipment. The use of easily obtained and low cost agroindustrial residual biomasses, such as those obtained from the processing of palm oil (*Elaeis guineensis*), alternative techniques of axenic blocks, and the aggregation of value in fungiculture residues have been possibilities for the viability of production of different species of mushrooms.. This study aimed to evaluate the *Pleurotus* spp mushroom culture system in different substrate sources versus a water vapor sterilization system; As well as the harvesting of new products-processes for the means of harnessing post-harvest biomass from the year of growing tomatoes or other olive cultivation. The steam sterilization equipment was developed and tested with the intention of producing a system of mushrooms of the genus *Pleurotus* and others, mainly for small fungicides. The results of this sterilization system are effective in reducing contamination. The productivity and biological efficiency of the cultivation of *P. ostreatus* major are the sources of substrates or residues of lignocellulosic nutrients of the palm oil industry when they are subjected to sterilization by water vapor in the developed equipment. Post-harvest biomass of the mushrooms (Spent Mushroom Substrate - SMS) had an excellent agronomic composition for the growth of tomatoes. The productivity of tomato fruit was also significant in the cultivation with SMS. In the ecology of soils, it is common to observe the interaction of some species of macrofungi (saprophytic fungi) and plants, where they exchange nutrients and chemical compounds in the rhizosphere region. It also makes possible to obtain answers to the observed advantages regarding the productivity of mushrooms and fruits (tomatoes, in this example), through the use of omic tools, enhancing the exploitation of bioproducts of industrial biotechnological interest.

Keywords: macro-basidiomycetes biotechnology, microorganisms-plant interaction, coccus plants-mushrooms, mushroom cultivation system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma geral da cadeia de fungicultura para produção de cogumelos comestíveis.....	15
Figura 2: Produção de cogumelos.....	21
Figura 3: Cultivo de cogumelos comestíveis conhecido como cultivo natural sem assepsia	22
Figura 4: Esquema de preparação das formulações de substratos e realização de semi-compostagem, ventilação forçada, ensacamento e frutificação de cogumelos. (SIQUEIRA et al., 2012).....	22
Figura 5: Compostos Orgânicos Voláteis microbianos emitidos com maior frequência na rizosfera de plantas, por meio da interação planta-microrganismos (KANCHISWAMY, et. Al., 2015).....	31
Figura 6 : Produção de micélio dos cogumelos (Spawns).....	37
Figura 7. Planta modelo do sistema de vapor d´água utilizado para esterilização de substrato para cultivo de cogumelos.	39
Figura 8: Preparo de compostagem para obtenção de substrato para cultivo de cogumelos.....	41
Figura 9: Sacolas com substrato a base de dendê, dentro do sistema de esterilização a vapor d´água.	46
Figura 10: Resultados de eficiência biológica dos fungos <i>P. djamor</i> e <i>P. ostreatus</i> e sua curva de porcentagem de viabilidade	48
Figura 11 Resultados de produtividade dos fungos <i>P. djamor</i> (<i>coluna preto</i>) e <i>P. ostreatus</i> (<i>coluna cinza</i>) e sua curva de porcentagem de viabilidade.	49
Figura 12: Vista superior das bandejas com substratos preparados para semeadura das sementes..	54
Figura 13: Vista superior dos baldes-tampas (orifícios central e laterais), com mudas de tomate transplantadas.	56
Figura 14: Estrados de madeira em estufa de sombrite que abrigou os baldes de cultivo dos tomates.....	58
Figura 15: Plantio de mudas de tomates em diferentes substreatos.....	59
Figura 16: Comprimento radicular (cm) de tomates de 3 plantas em 3 substratos testados.....	61
Figura 17: Resultado do tamanho da área radicular de tomates de 3 plantas em 3 substratos testados.	62

Figura 19: Rendimento (gramas) na colheita de tomates variedade santa clara no quando submetidos a diferentes tipos de misturas de solo versus o tipo de substratos oriundos dos cultivos das mudas.....	65
Figura 20: Comparativo de produtividade de tomates variedade Santa Clara entre 3 diferentes mudas desenvolvidas em substratos diferentes.	66
Figura 21: Detalhe das folhas de tomate Santa Clara, infectadas com oídio e machas de septoriose.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa de produção das principais espécies de cogumelos comestíveis cultivados no Brasil.....	20
Tabela 2: Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> CC389 em diferentes formulações de biomassas lignocelulosicas, acrescidas de torta de palmiste e farelo de trigo. 42	
Tabela 3: Análise da colonização/contaminação dos diferentes tipos de substratos e processos de esterilização por <i>Pleurotus ostreatus</i>	44
Tabela 4: Produtividade e eficiência biológica de <i>P. ostreatus</i> em quatro substratos por método de esterilização.....	47
Tabela 5: Substratos utilizados na produção de mudas de tomate.	55
Tabela 6: Composição dos tratamentos, misturas solo – SMS- <i>Pleurotus</i> – cama de frango utilizados para cultivo de tomate.	57
Tabela 7: Parâmetros agronômicas do cultivo de tomates em três misturas de solo em estufa-sombrites (baldes preparados para cultivos) a partir de mudas previamente cultivadas em diferentes substratos.....	63

LISTA DE ABREVIATÖES

BDA – Ágar Batata Dextrose

BRVs – Biomassas Residuais Vegetais

C/N – Relação Carbono Nitrogênio

EB – Eficiência Biológica

kg – Quilo

L – Litro

μm - Microcentimentros

POME – Inglês ‘Palm Oil Mill Effluent’, tradução livre: efluente da fábrica de óleo de palma

SMS – Inglês ‘Spent Mushroom Substrate’, tradução livre: Biomassa residual Pós-cultivo de cogumelos.

pH – Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 BIOMASSAS VEGETAIS RESIDUAIS AGROINDUSTRIAIS (BVRs)	17
2.2 FUNGICULTURA: PRODUÇÃO MUNDIAL E BRASILEIRA.....	18
2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS.....	21
2.4 PRODUÇÃO DE COGUMELOS: BIOMASSAS VEGETAIS RESIDUAIS AGROINDUSTRIAIS	23
2.4.1 SERRAGENS DE EUCALIPTO	24
2.4.2 RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DA AGROINDÚSTRIA DE DENDÊ.....	25
2.4.3 FARELO DE TRIGO	25
2.4.4 OUTRAS BIOMASSAS VEGETAIS.....	27
2.5 A CULTURA DO TOMATE	28
2.6 AGRICULTURA COM ENFOQUE NA ECOLOGIA SOLO – INTERAÇÃO MICROORGANISMOS-PLANTAS	29
3 OBJETIVOS.....	33
3.1 OBJETIVO GERAL	33
3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
4 CAPITULO I: PRODUÇÃO DE COGUMELOS <i>Pleurotus</i> spp. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E VALIDAÇÃO DE SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO	34
4.1 INTRODUÇÃO.....	35
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.2.1 MACROFUNGOS	36
4.2.2 PRODUÇÃO DE INÓCULO – SPAWN.....	36
4.3 METODOS DE ESTERILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS	37
4.3.1 PREPARO DE SUBSTRATOS	37

4.3.2 SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO POR CALOR ÚMIDO (VAPOR D'ÁGUA).....	38
4.3.3 ESTERILIZAÇÃO QUÍMICA	40
4.3.4 PRÉ-COMPOSTAGEM E ESTERILIZAÇÃO A VAPOR D'ÁGUA.	40
4.3.5 SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVE - FORMULAÇÕES SUBSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS A BASE DE BIOMASSAS DO PROCESSAMENTO DE FRUTOS DE DENDÊ	41
4.3.6 INOCULAÇÃO E COLONIZAÇÃO-MICELIAÇÃO	42
4.3.7 FRUTIFICAÇÃO E COLHEITA	42
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.4.1 INÓCULOS OU SPAWN.....	43
4.4.2 SUBSTRATOS: SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO/PREPARO	44
4.4.3 SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVE - PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA BIOLÓGICA DE <i>Pleurotus</i> spp EM BIOMASSA DO DENDÊ...	47
4.4.4 TAXA DE CONTAMINAÇÃO DE <i>P. OSTREATUS</i> CRESCIDOS EM BIOMASSA DE DENDÊ	50
4.5 CONCLUSÃO	51
5 CAPITULO II: SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE COGUMELOS <i>PLEUROTUS</i> SPP. E TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) UMA ESTIMATIVA DE VIABILIDADE PRODUTIVA	52
5.1 INTRODUÇÃO.....	53
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
5.2.1 SMS e SUBSTRATOS PARA MUDAS DE TOMATE	54
5.2.2 RECIPIENTES PARA CULTIVO de TOMATES COM SUBSTRATOS DE SMS.....	55
5.2.3 FORMULAÇÕES SUBSTRATOS-SOLO E SMS/COLONIZADO	56
5.2.4 PLANTIO E CONDUÇÃO DOS TOMATES	57
5.2.5 PARAMENTROS AGRONÔMICOS – MUDAS E TOMATEIROS.....	58
5.2.6 PRODUTIVIDADE DE TOMATES	59

5.2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	59
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.3.1 AVALIAÇÃO DAS MUDAS DE TOMATE	59
5.3.2 AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DAS PLANTAS DE TOMATE DURANTE O CULTIVO EM DIFERENTES MISTURAS DE SOLO.	62
5.3.3 PRODUTIVIDADE DE FRUTOS DE TOMATE	64
5.4 CONCLUSÃO	67
6 CONCLUSÃO GERAL	68
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

É previsto um crescimento substancial da produção e consumo de cogumelos no Brasil. Tendo como principais fatores o processo de globalização que possibilita a interconexão cultural, inclusive hábitos culinários, e também a crescente busca por alimentos mais saudáveis e funcionais (MARTÍNEZ-IBARRA, 2019).

Entretanto, a produção de cogumelos em países ocidentais em desenvolvimento ainda é limitada devido ao alto custo de implementação e manutenção da cadeia da fungicultura. Assim a busca por técnicas de produção mais acessíveis é foco para viabilização e popularização do consumo de cogumelos (VIRMOND et al., 2013, SIQUEIRA et al., 2012).

A cadeia da fungicultura possui diferentes etapas essenciais para a instalação do sistema de produção: 1) obtenção e preparo de substrato para crescimento do fungo; 2) Processo de inoculação; 3) colonização; 4) frutificação; 5) colheita e pós-colheita (Figura 1). O processo de preparo de substrato, também conhecido como “etapa suja” da cadeia de produção, tem objetivo de oferecer condições favoráveis que atendem as necessidades fisiológicas e desenvolvimento do fungo como a relação adequada de C:N, umidade e pH, por exemplo. Biomassas lignocelulósicas, material vegetal, são ótimos para o cultivo da maioria das espécies fúngicas comerciais (HULTBERG, et al. 2018). Os processos de inoculação, colonização e frutificação, etapas que necessitam de descontaminação do substrato e ambiente, tem objetivo de oferecer condições de crescimento e frutificação do fungo sem a concorrência de outras espécies oportunistas (YAMAUCHI et al. 2018).



Figura 1: Fluxograma geral da cadeia de fungicultura para produção de cogumelos comestíveis.

A utilização de biomassas lignocelulósicas residuais para o cultivo de cogumelos diminui custos do processo, tornando o sistema viável para pequenos produtores. O Brasil por ser um país de referência na produção agrícola, também é um gerador de grandes quantidades e variedades de biomassas residuais que podem ser utilizadas na fungicultura, agregando valor às mesmas (PIROTA et al., 2015). Em cada região destacam-se diferentes tipos de biomassas, na região Norte, por exemplo, é comum a obtenção de biomassas residuais geradas no beneficiamento da palma de óleo (dendê), tendo o Pará como maior produtor, a casca de coco verde pode ser mais facilmente encontrada nos estados do Nordeste, (MARINO, et al., 2009), no Centro-Oeste, diferentes tipos de palhadas de grãos e no Sudeste e Sul a serragem de eucalipto, estão entre as principais biomassas residuais encontradas em grandes quantidades e de baixo custo (GONÇALVES et al., 2010).

No Brasil, grande parte da produção dos cogumelos ainda é realizada de forma rústica por pequenos produtores rurais, que combinam a fungicultura com outras atividades agrícolas. Além disso, é estudado que a utilização de resíduos do cultivo de cogumelos – SMS (do inglês *Spent Mushroom Substrate*) é um substrato que tem a capacidade de favorecer a ecologia microbiana do solo e disponibilizar matéria orgânica e minerais, conseqüentemente levando a beneficiamento de culturas vegetais (GOBBI, et al. 2016; BAREA et. al., 2017; FLOUDAS et al., 2012).

Buscando uma maior popularização da fungicultura em um sistema de economia circular, este trabalho buscou determinar a produção de cogumelos comerciais (*Pleurotus ostreatus*) utilizando biomassas residuais do dendê e desenvolvimento de um sistema de baixo custo para descontaminação da biomassa a base de vapor de água. Além disso, os resíduos gerados da produção do *Pleurotus ostreatus* foi analisado quanto ao beneficiamento do crescimento de mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) e produtividade do fruto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BIOMASSAS VEGETAIS RESIDUAIS AGROINDUSTRIAIS (BVRs)

A agricultura sempre desempenhou um papel importante na geração de riquezas. Em estudo sobre as divisões setoriais existentes sobre a produção agrícola nacional, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação–FAO (do inglês *Food and Agriculture Organization*) constatou que o Brasil é essencialmente agrícola, apresentando uma área cultivada de aproximadamente 78 milhões de hectares (IBGE, 2019, *site* consultado em 2019/Março).

O beneficiamento dos produtos agroindustriais gera resíduos, líquidos ou sólidos, que geralmente não são aproveitados, em decorrência da falta de desenvolvimento de técnicas para a obtenção de co-produtos e baixo valor agregado das biomassas residuais (SIQUEIRA, 2010). A não disposição destes resíduos geram passivos ambientais levando a gastos financeiros significativos para a eliminação dos mesmos. Alternativas biotecnológicas representam formas eficientes e adequadas para a destinação destes resíduos e geração de novos produtos com valor agregado (VIRMOND et al., 2013; PIROTA et al., 2015).

Resíduos agroindustriais são provenientes do processamento industrial de produtos agrícolas, animais ou obtidos de atividades agrícolas de campo. Normalmente, muitas destas biomassas não possuem uma aplicação direta para produtos com valor econômico. Contudo estes materiais residuais podem conter diferentes constituintes que podem ser utilizadas para diferentes finalidades: açúcares, fibras, proteínas e minerais, entre outros, que faz deles fontes alternativas para obtenção de carboidratos e nitrogênio, em substituição às fontes sintéticas empregadas em bioprocessos (PANESAR et al., 2016).

De acordo com Pirota e colaboradores (2015), alguns resíduos agroindustriais sólidos, podem ser transformados em subprodutos por serem constituídos de estruturas como celulose, hemicelulose, lignina, proteínas, lipídeos e minerais. Devido à composição em carboidratos das biomassas vegetais residuais, há a possibilidade de obtenção de monômeros de açúcares fermentáveis e outros nutrientes utilizados como substratos para microrganismos

industriais, e, subsequentemente, converte-los em vários outros produtos de importância industrial, por exemplo álcoois, polióis, ácidos orgânicos e outros (RAFATULLAH et al. 2010; PANDA et al., 2016).

2.2 FUNGICULTURA: PRODUÇÃO MUNDIAL E BRASILEIRA

O Reino Fungi possui uma diversidade enorme, mas com poucas espécies caracterizadas e desde tempos pré-históricos têm desempenhado um papel importante na sociedade humana como alimento e fonte de substâncias bioativas. A fungicultura é o ramo agroindustrial que destina a produção de cogumelos, espécies de fungos também conhecidas como macrofungos. Nos últimos anos, a fungicultura tornou-se um ativo estratégico para conservação e manejo dos ecossistemas em vários países e também como recurso para diminuir o êxodo de áreas rurais, como é observado nas regiões periféricas do Mediterrâneo (Espanha oriental), em que os pequenos produtores vêm nos cogumelos comestíveis alternativa para renda (MARTÍNEZ-IBARRA, 2019).

Segundo Pedroso (2003), existe uma ampla gama de fungos produtores de corpos de frutificação ou cogumelos conhecidos, sendo que 50% são comestíveis, 18% medicinais, 10% venenosos e 22% continuam com propriedades aos interesses comerciais ainda não definidas. Dentre outras importantes dos macrofungos está a função de desconstrução de biomassa orgânica vegetal através de processos enzimáticos promovendo a reciclagem do carbono no solo (FLOUDAS et al., 2012).

São conhecidas cerca de 2000 espécies de cogumelos comestíveis, porém, apenas 25 delas são cultivadas em grande escala comercial. A indústria de cogumelos comestíveis consiste em três segmentos principais: cogumelos comestíveis cultivados, cogumelos medicinais e cogumelos silvestres comestíveis (selvagens). Tem sido observado um crescimento do consumo de cogumelos mundialmente, devido suas qualidades nutricionais, como também avanços biotecnológicos para obtenção de bioprodutos para os setores farmacêutico, bioremediação, agricultura e pecuária (CHANG, 2018).

A produção mundial expressiva de cogumelos se concentra em apenas alguns países: China, Itália, Estados Unidos e Holanda. Dados de 2005 apontavam uma produção mundial de 25,7 milhões de toneladas. Comparando-

se com 2013, houve um crescimento de 42,3% na produção de cogumelos comestíveis, passando para 48,7 milhões de toneladas no mundo (FAOSTAT, 2019; ROYSE, 2015).

É observado um aumento na produção mundial de cogumelos comestíveis, desde a década de 1960, até o ano de 2013. Nesse período a produção mundial subiu de 850 toneladas para mais de 10 milhões de toneladas, na qual o principal responsável pelo aumento da produtividade e número de produtores foi a China (MARTÍNEZ-IBARRA, 2019). Os cogumelos estão entre os alimentos mais consumidos na Ásia, impulsionado por questões culturais. Em função de maiores informações sobre alto teor de proteínas, polissacarídeos e baixo teor de gordura e presença de bioativos, a produção e consumo vêm aumentando em todo o mundo. A China é o principal produtor e consumidor mundial, representando aproximadamente 70% de toda a produção (FAO, 2015; ROYSE, 2015). A base alimentar do Brasil usando proteína microbiana, na qual os cogumelos estão inseridos, é recente, como também restrita a algumas regiões onde prevalecem núcleos de imigrantes asiáticos, como no Estado de São Paulo (ANGELIS et al., 2002).

O baixo consumo de cogumelos no Brasil, em parte, se dá pelo fato cultural, influenciada pela colonização Portuguesa que, no passado, não tinha o hábito de consumir cogumelos (DIAS, 2010). No entanto, há relatos que os grupos indígenas Sanema e Yanomami, na Amazônia, eram consumidores de uma grande variedade de cogumelos (ANPC, 2018). Nos últimos anos foi observado um aumento do consumo de 80 para 160 gramas por pessoa, o que é considerado baixo quando comparado aos europeus, que conformem em média 2 quilos/pessoa/ano; ou aos asiáticos com média de 8 quilos/pessoa/ano. Esse aumento observado é devido ao crescimento de hábitos veganos, vegetarianos que buscam a substituição da proteína animal, bem como ao investimento em consumo *in natura* do produto (ANPC, 2018). Outro fator considerável são os estudos que apontam propriedades medicinais de alguns gêneros de fungos comestíveis. (DIAS, 2010; SIQUEIRA et al., 2015).

As espécies de maior consumo no país seguem os padrões da Europa e Ásia, tais como o *Agaricus bisporus* (Champignon de Paris), *Lentinula edodes* (Shiitake) e as espécies do gênero *Pleurotus*, principalmente *P. ostreatus* (Shiimeji-Brasil ou Hiratake) (Tabela 1).

Tabela 1: Estimativa de produção das principais espécies de cogumelos comestíveis cultivados no Brasil.

Espécies de cogumelos cultivadas no Brasil	Produção estimada (toneladas/ano)
<i>Agaricus bisporus</i> (Champignon de Paris)	8.000
<i>Pleurotus</i> spp.	2.000
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)	1.500
<i>Agaricus blazei</i> Murril	500
Outros	50

(Adaptado SEBRAE, 2018).

O cultivo de cogumelos comestíveis no Brasil, de modo geral ainda é realizado por pequenos produtores rurais atendendo apenas ao mercado local. Os mesmos utilizam métodos rudimentares e de baixa tecnologia em comparação com outros produtores da Europa e Ásia (DIAS, 2010; SIQUEIRA et al., 2012).

Nos últimos anos tem sido observado uma mudança lenta do cenário da fungicultura brasileira. Produtores tem investido em técnicas e profissionalização do cultivo de cogumelos em algumas regiões. São Paulo, por exemplo, possuem empresas com alta tecnologia para produção de *Pleurotus* sp. ou *L. edodes* (região de Mogi das Cruzes, Sorocaba, entre outras), e também na Bahia (Vitória da Conquista). O *A. bisporus* também tem sido produzido no Paraná, seguindo-se padrões Holandeses (VILELA, 2015).

Apesar do cenário nacional não ser de grande representação no consumo deste produto, houve um aumento significativo da produção e consumo em determinadas regiões do Brasil. A região Sudeste é a principal região produtora do país, devido à grande imigração de asiáticos para esta região, implantando assim tais costumes de consumo (DIAS, 2010; SIQUEIRA et al., 2015).

2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS

Existem diferentes métodos para a produção de cogumelos comestíveis, dependendo da espécie escolhida para o cultivo, dos resíduos vegetais ou biomassas vegetais disponíveis e dos insumos de menor custo (SIQUEIRA et al., 2012), como também capital de investimento.

A depender de fatores tais como a espécie de fungo, o cultivo pode seguir três diferentes técnicas, independente do volume de investimento em automação. Primeiro, o cultivo axênico (Figura 2), que consiste na esterilização do substrato através de técnicas assépticas, utilizando pressão e/ou temperatura. O material é então inoculado com micélio da espécie fungica selecionada. A segunda técnica, mais comum, se dá pelo cultivo natural sem assepsia, em toras de madeira, por exemplo, (Figura 3). A terceira técnica é baseada na semi-compostagem do substrato preparado, seguido de acondicionamento em túnel com ventilação forçada ou vapor por tempo determinado, que varia de acordo com espécie produzida (Figura 4) (EIRA, 2004; SIQUEIRA et al., 2012; KUBICEK, 2013).

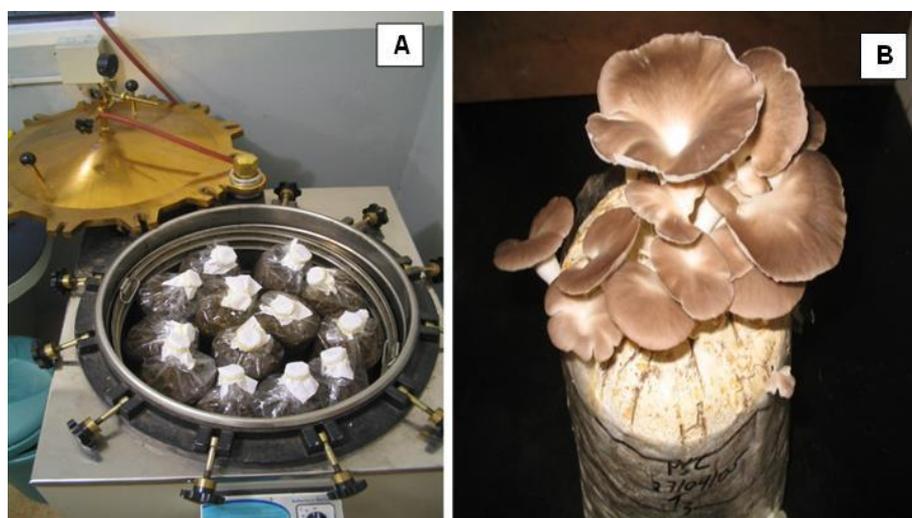


Figura 2: Produção de cogumelos. Esterilização do substrato (A) através de técnicas de esterilização por vapor (autoclave). Frutificação de cogumelo (B). (Fonte: Siqueira et al., 2012).

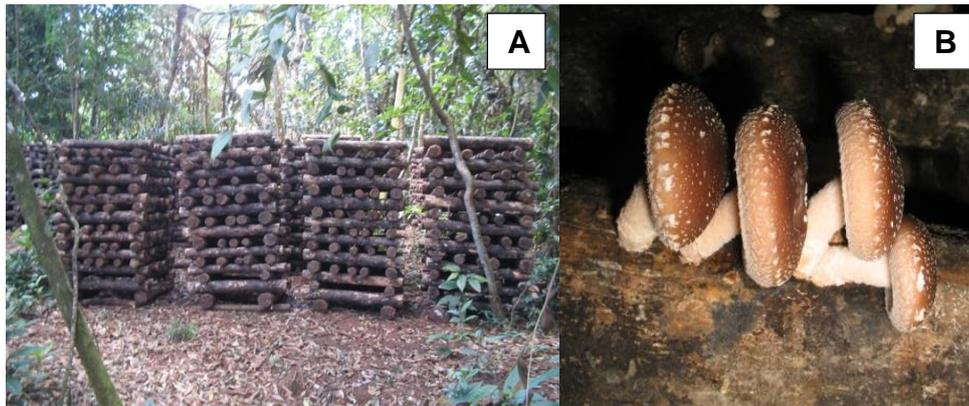


Figura 3: Cultivo de cogumelos comestíveis conhecido como cultivo natural sem assepsia, em toras (A), frutificação do cogumelo “Shiitake” (B). (SIQUEIRA, 2006).



Figura 4: Esquema de preparação das formulações de substratos e realização de semi-compostagem, ventilação forçada, ensacamento e frutificação de cogumelos. (SIQUEIRA et al., 2012).

2.4 PRODUÇÃO DE COGUMELOS: BIOMASSAS VEGETAIS RESIDUAIS AGROINDUSTRIAIS

Muitas são as preocupações com o meio ambiente e diversos problemas vêm se agravando decorrente da má utilização das fontes de recursos naturais. Pesquisas no âmbito da reutilização de matérias-primas vêm sendo desenvolvidas para tentar minimizar os impactos causados por atividades humanas. A agroindústria é responsável por grande parte desses impactos na natureza, devido ao uso de recursos naturais e descarte inadequado de subprodutos (GONZALEZ et al., 2012; NITAYAVARDHANA, 2012). O conceito de economia cíclica tem sido estudado e implantado para evitar a geração de resíduos em cadeia (GRIMM e WOSTEN, 2008).

Diversos resíduos agroindustriais possuem valores econômicos de utilização. Eles podem ser reaproveitados, solucionando problemas com o lixo orgânico, bem como serem utilizados para reduzir custos na produção de cogumelos comestíveis (PAIM et al., 2010). Substrato para a produção de cogumelos deve-se ter características químicas e físicas adequadas, como também oferecer as condições de ambiência para um bom desenvolvimento do fungo. Os fungos produzem e liberam enzimas específicas que atuam na degradação de biomassa lignocelulósica, fontes de nutrição. As enzimas produzidas pelo micélio dos cogumelos desempenham papel crucial, na colonização e degradação dos substratos, assim gerando rendimentos de corpos de frutificação, popularmente conhecido como cogumelos comestíveis (CHANG e WASSER, 2018).

O cultivo de cogumelos comestíveis pode ser realizado em diferentes substratos à base de resíduos lignocelulósicos (GONÇALVES et al., 2010). Algumas dessas biomassas vegetais são pobres nutricionalmente para uso em alimentação de animais quando não processados ou preparados para tal fim. No entanto, podem ser excelentes para cultivo de cogumelos, pois os fungos conseguem desconstruir a parede celular vegetal, retirando os carboidratos, lipídios, proteínas e minerais necessários para seu metabolismo primário e secundário.

A desconstrução da parede celular ocorre em função do complexo enzimático que permite degradar esses tipos de biomassas (SIQUEIRA, 2010;

GOMES, 2015). No entanto, para efeitos comerciais na fungicultura, somente o fato de desconstruir e metabolizar os componentes da parede celular vegetal não é suficiente para uma produção em escala. Deste modo, para se alcançar um maior rendimento de cogumelos frescos é necessária a adição de suplementos nutricionais como farelos oriundos de fontes de plantas/sementes oleaginosas que são ricos em proteínas e lipídios, tais como soja, algodão, girassol, entre outros (BERNARDI et al., 2008).

2.4.1 SERRAGENS DE EUCALIPTO

O eucalipto (*Eucalyptus spp.*) é uma arbórea nativa da região tropical da Oceania, tendo sua maior concentração de espécies na Austrália. Dentre as mais de 700 espécies de eucaliptos registradas, encontram-se propriedades físicas e químicas tão diversas que fazem com que os eucaliptos sejam usados para as mais diversas finalidades como, lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibras e de partículas, até movelaria, geração de energia, medicamentos, entre outros (EMBRAPA FLORESTAS, 2018). No Brasil, a espécie mais produzida é a *Eucalyptus grandis*.

Para a produção de cogumelos comestíveis comerciais no Brasil, a principal biomassa utilizada para a produção é a serragem de eucalipto, pois oferece a principal fonte de lignina e celulose, de forma mais barata.

A utilização de serragem a base de eucalipto se tornou a fonte mais barata para a produção comercial de cogumelos comestíveis, principalmente o Shiimeji-Brasil, Hiratake e Shiitake que são produzidos em blocos (SIQUEIRA et al., 2015). A serragem de eucalipto é uma alternativa aos substratos baseados em gramíneas, que é a fonte mais utilizada na Ásia. O uso de serragem de eucalipto se tornou mais abundante no Brasil, em função de sua utilização na indústria madeireira, com o emprego das madeiras em escoras da construção civil, lenha para carvão, estacas para diversas construções rurais. Isto gera grande disponibilidade deste resíduo e oportunidade para fungicultores de diferentes regiões (DIAS, 2010).

Mas para se obter um bom desenvolvimento do fungo, é necessário proporção de Carbono:Nitrogênio ideal, necessitando a adição de alguma fonte nitrogenada ou proteica. Alguns trabalhos da literatura relatam que a falta e/ou

excesso de fontes nitrogenadas podem causar retardamento no crescimento microbiano; assim, para fins comerciais, deve-se adequar a proporção de C:N dos substratos (MONTESSI et al, 2016).

2.4.2 RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DA AGROINDÚSTRIA DE DENDÊ

O dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) ou palma de óleo é uma planta oleaginosa de grande importância em todo o mundo (SHEIL et al., 2009). Com produção estimada de óleo em 62,35 milhões de toneladas na safra 2014/2015, representa a cultura de maior produção de óleo no mundo. Supera a produtividade média de outras culturas oleaginosas, produzindo em média de cinco toneladas por hectare (SANTOS, 2008; BORGES, 2016).

A palmeira de dendê é uma arbórea com folhas pinadas, caule colunar vertical ereto, com entrenós curtos. Possui espinhos curtos no pecíolo da folha e nos cachos. A espécie é normalmente monóica, com inflorescências femininas e masculinas dispostas separadamente na planta, mas, às vezes, mista. As inflorescências se desenvolvem nas axilas das folhas. O cacho é formado por diversos frutos, que são os fornecedores de óleo (BORGES, 2016).

Os principais resíduos do processamento do fruto do dendê são os cachos vazios, que podem ser utilizadas como combustível; as cinzas das caldeiras, que podem ser utilizadas como adubo; torta de palmiste, que pode ser utilizada na alimentação de animais domésticos; a fibra do mesocarpo que, tem potencial para adubo orgânico e o POME (inglês, *Palm Oil Mill Effluent*) que pode ser utilizado para a fabricação de plástico biodegradável. Todos estes resíduos citados podem também, ser utilizados também na produção de cogumelos comestíveis, como fonte de lignina, celulose e hemicelulose. A torta de palmiste (resíduo da extração do óleo da amêndoa do dendê) pode ser usada como fonte proteica nos substratos de cultivo (ARAÚJO, 2018).

2.4.3 FARELO DE TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) (Poaceae), originada do Egito, é uma das culturas primordiais da agricultura humana. No Brasil é o cereal de inverno de maior importância, cultivado principalmente no Sul do país (Paraná, Santa

Catarina e Rio Grande do Sul). Atualmente, está expandindo para outros estados como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Bahia e o Distrito Federal (CAIERÃO, 2009; PASINI, 2017).

Nas últimas três décadas, a área de trigo plantado no Brasil tem passado por grande variação, devido as políticas econômicas inconsistentes e influência da instabilidade climática. Isto afeta o desenvolvimento da cultura, principalmente na Região Sul. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) na safra de 2016, o cereal chegou a uma área estimada em 2,11 milhões hectares, com produção acima dos 6,72 milhões de toneladas e produtividade média de 3.117 kg por hectare (CONAB, 2017).

O cultivo do trigo tem por principal objetivo a alimentação humana e animal. O farelo, que é um produto secundário da indústria de moagem, pode servir como componente alimentício valioso, ingrediente de ração ou matéria-prima para biorrefinarias. No entanto, todas essas aplicações apresentam inconvenientes de desafios sensoriais, fisiológicos e tecnológicos. Várias alternativas são estudadas, para agregar ainda mais valor a esse cereal, tais como a utilização do farelo como substrato para a produção de cogumelos (WANZENBÖCK, et al., 2017).

O farelo de trigo possui alto teor de nutrientes, principalmente proteínas. No entanto, não é amplamente consumido por seres humanos, mas usado para alimentação animal. O farelo de trigo contém mais de 15% de proteínas de alta qualidade, que infelizmente está complexada na matriz de polissacarídeos da parede celular vegetal e, portanto, é pouco digerível, isto resulta num desperdício anual de 15,5 milhões de toneladas de proteína utilizável. A busca por usos dessas proteínas tem sido orientada principalmente para sua incorporação como fortificantes em sistemas alimentares. Neste sentido, são bem caracterizados em termos de propriedades nutricionais e funcionais. Proteínas de farelo de trigo também têm sido exploradas como fonte de aminoácidos e peptídeos bioativos ou como inibidores de enzimas de interesse industrial (BALANDRÁN-QUINTANA, et al., 2015).

2.4.4 OUTRAS BIOMASSAS VEGETAIS

Até a década de 1980, as árvores e seus derivados eram os principais substratos para o cultivo dos cogumelos. Contudo, essa técnica, com o passar do tempo, foi cada vez mais de encontro com o equilíbrio ecológico. Com o crescimento do cultivo de determinadas espécies de cogumelos, a situação se tornou muito crítica. Para sanar esse problema, iniciou-se o desenvolvimento de pesquisas para se substituir a serragem por substratos acessíveis, abundantes e ecologicamente neutros, como os bagaços, palha de arroz, carapaça da semente de algodão, caule de trigo, entre outros (SAAD et al., 2017).

As gramíneas foram utilizadas durante muito tempo no cultivo de cogumelos, sendo posteriormente substituída pela serragem de eucalipto. Com as pesquisas recentes, vem se observando a volta dessa prática, principalmente quando enriquecidos com alguma fonte proteica (SAAD et al., 2017). No Brasil, há uma gama de espécie de gramíneas com potencial para utilização na produção de cogumelos

O Brasil é o quarto produtor mundial de coco verde (*Cocos nucifera*) com produção entre 2007 e 2011, de aproximadamente 1,9 milhões de toneladas, em uma área que variou, no mesmo período, entre 271 e 278 mil ha de coqueiros (IBGE, 2013, citado por SINDICOCO, 2015). Esse volume representa mais de 80% da produção nos países da América do Sul (PEREIRA, 2012).

Os Estados do Nordeste do Brasil produzem cerca de 80% de todo o coco verde cultivado no Brasil (SINDICOCO, 2015). A casca do coco verde tem alto potencial de aproveitamento, mas com poucas ações de reaproveitamento implantadas no Brasil, sendo repetidamente depositados em lixões e às margens de estradas (OMENA et al., 2012). Essas cascas geram volumes significativos e crescentes, principalmente nas cidades costeiras do Brasil.

Além disso, esse material é de difícil decomposição no solo, em função do maior grau de recalcitrância das estruturas lignocelulósicas, gerando assim um passivo ambiental (WAN et al., 2015). Por outro lado, possui características estruturais com potencial para diversas áreas, tais como: construção civil, substratos para xaxim, cultivo de hortaliças, espécies arbóreas/florestais e cogumelos comestíveis (PEDRA, 2006; MARINO, 2006; PEREIRA, 2012; MELO et al., 2012).

Todos os resíduos agroindustriais citados possuem valores econômicos de utilização e de reaproveitamento. Além disto, a utilização deles solucionaria problemas ambientais e sociais. Sua utilização na produção de cogumelos comestíveis é ponto chave na minimização de custos e agregação de valor para esses resíduos (PAIM et al., 2010).

2.5 A CULTURA DO TOMATE

O tomateiro é uma das culturas mais importantes economicamente dentre as hortaliças (folhosas ou verduras). É a hortaliça mais industrializada no mundo (FILGUEIRA, 2008). O Brasil produziu em 2017 quase 4 milhões de toneladas de tomate em uma área aproximada de 59 mil hectares, sendo o nono maior produtor mundial deste fruto. As regiões Centro-Oeste e Sudeste foram as maiores produtoras com cerca de 1 e 1,8 milhões de toneladas, respectivamente.

O tomateiro é sensível a fatores climáticos durante seu desenvolvimento, tais como temperatura, umidade do solo, umidade relativa do ar e o fotoperíodo. O controle de tais fatores permite a obtenção de alto rendimento de frutos de boa cotação comercial (ALVARENGA, 2013).

A temperatura afeta significativamente o desenvolvimento e a produção do tomateiro, uma vez que existem faixas de variação para cada estágio do seu desenvolvimento (NAIKA et al., 2006). O tomateiro é exigente em água, tanto no seu desenvolvimento quanto na fase de produção. O excesso de chuvas e aplicação demasiada de água por irrigação pode favorecer a ocorrência de doenças, afetar a qualidade dos frutos e limitar crescimento radicular, dificultando a absorção de nutrientes pela planta (BRESOLIN et al., 2010).

O cultivo do tomateiro deve ser feito preferencialmente em solos arejados (solo franco arenoso profundo), com capacidade de retenção de água adequada e livre de salinidade. Em solos argilosos é recomendável o aprofundamento da lavoura para melhorar a infiltração das raízes (NAIKA et al., 2006).

O cultivo de tomate requer um elaborado programa de adubação, sendo o tomateiro uma das hortaliças que apresenta maior demanda de adubos, devido à sua baixa eficiência de absorção dos nutrientes. Para a elaboração do programa de adubação se faz necessário ter uma boa amostragem do solo, adotar a adubação química preconizada para a cultura e considerar outros

fatores climáticos como a temperatura do ar e do solo, luminosidade, época de plantio, umidade relativa, sistema de condução de plantas e espaçamento (BRESOLIN et al., 2010; ALVARENGA, 2013).

Para os macronutrientes são indicadas quantidades variáveis N, P₂O₅ e K₂O, a depender da análise do solo. Para a adubação orgânica são indicados esterco de aves e esterco de gado, podendo ser distribuídos a lanço ou no sulco (BRESOLIN et al., 2010). Para fornecer os micronutrientes geralmente são utilizadas adubações foliares e/ou fertirrigações.

2.6 AGRICULTURA COM ENFOQUE NA ECOLOGIA SOLO – INTERAÇÃO MICRORGANISMOS-PLANTAS

Existem variados tipos de consórcios microbianos, incluindo tanto simbioses mutualistas, quanto microrganismos saprófitas, que vivem nas interfaces raiz-solo, a rizosfera. De acordo com Barea e colaboradores (2017), várias espécies vegetais são beneficiadas com essas associações planta-microrganismos. As mais conhecidas leguminosas, formam relações simbióticas úteis com dois tipos de microbiota do solo: bactérias fixadoras de nitrogênio, chamadas de rizóbios, e fungos micorrízicos arbusculares. A rizosfera das leguminosas habita outros microrganismos de importância para ecologia do solo, denominadas rizobactérias (*Azobacter*, *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Blkholeria*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, por exemplo), que promovem o crescimento de plantas. Esses microrganismos interagem intensamente entre si e com raízes de leguminosas para desenvolver a micorrizosfera de leguminosas multifuncionais, um ambiente de microcosmo de atividades variáveis, apropriado para a produtividade de leguminosas (BAREA et al., 2017).

Os fungos têm papel de extrema importância na ecologia microbiana do solo. Podem ser citados os FMAs ou fungos micorrízicos arbusculares, que são grupos de fungos de solos nativos que colonizam raízes de diferentes plantas, proporcionando um maior e melhor desenvolvimento das plantas. Principalmente no que diz respeito ao aumento da absorção de certos nutrientes, como o fósforo. Com eles, a planta resiste melhor a condições como falta de água e tolera a pressão de fitopatógenos (JAIZME-VEJA e AZCÓ, 1995).

Os fungos podem atuar nas raízes como simbioses e na fixação de minerais. Há outras classes de fungos que vivem em consórcio com as raízes e produzem fitotoxinas para inibição de agentes causadores de doenças. O gênero *Trichoderma*. Algumas espécies deste gênero liberam antibióticos e enzimas na própria rizosfera da planta (MENDES, 2017).

As interações entre as plantas e microrganismos já são bastante conhecidas. Entretanto, a grande exceção é a associação de plantas com fungos micorrízicos, pois a princípio se pensava que microrganismos eram apenas agentes causadores de doenças. O solo é um local de grande número e variedade de interações biológicas, incluindo a competição, a predação, o parasitismo, o comensalismo, o mutualismo e a forésia. As interações biológicas têm um papel fundamental no funcionamento do solo, ou seja, na sua capacidade de sustentar a vida tanto das plantas como dos animais e outros seres que vivem no solo (BROWN, 2002).

A comunidade microbiana na rizosfera é representada por populações diversificadas e numerosas em estado de equilíbrio dinâmico, refletindo o ambiente físico, químico, biológico e suas relações. Assim, a comunidade reflete seu habitat, onde a densidade de uma população microbiana aumenta até encontrar limitações de natureza abiótica e biótica (MOURA, 2015).

A interação de plantas e microrganismos se dá por meio de comunicações específicas complexas, chamadas de VOCs (Compostos Orgânicos Voláteis, português). Esses compostos, que possuem alta pressão de vapor e uma grande variedade de moléculas a base de carbono, podem viajar por grandes distâncias entre o ponto de produção e o ponto de utilização, via atmosfera (PENUELAS, et al., 2014).

Através de técnicas de bioinformática e software de instrumentação analítica, usando a metabolômica para estudar diversas interações ecológicas entre os microrganismos, foi possível determinar que metabólitos voláteis, tais como, furfural, ácido butanóico, ácido propanóico, 5-hidroxi-metil-furfural, β -cariofileno, geosmina, 2-metil isoborneol, 1-octenol, α -pineno, canfeno, cânfora, metanol e acetaldéido (Figura 5), são os mais emitidos pela microbiota (SUNDBERG et al., 2013; KANCHISWAMY, et. Al., 2015).

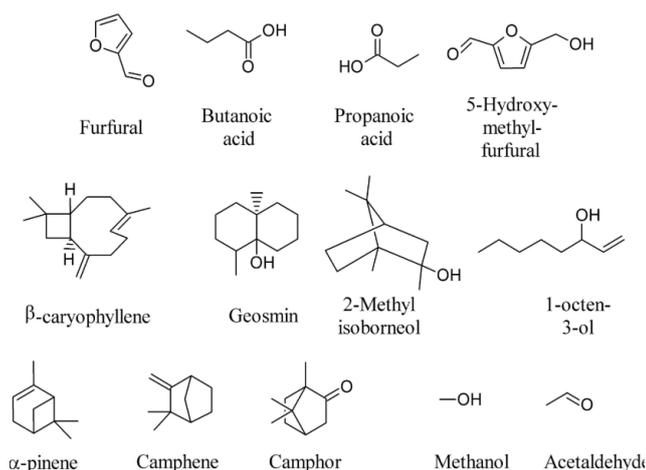


Figura 5: Compostos Orgânicos Voláteis microbianos emitidos com maior frequência na rizosfera de plantas, por meio da interação planta-microrganismos (KANCHISWAMY, et. Al., 2015).

As plantas conseguem perceber os estímulos bióticos, reconhecendo uma infinidade de diferentes compostos de sinalização originários dos organismos em interação. Algumas dessas substâncias químicas representam padrões moleculares associados ao patógeno, que geralmente atuam como elicitores das reações de defesa. Estes são percebidos em baixas concentrações e compreendem diversas estruturas, incluindo carboidratos, proteínas, glicoproteínas, peptídeos, lipídios e esteróis (HAHLBROCK et al. 2003). Os microrganismos também sintetizam e emitem muitos compostos voláteis com massas moleculares de baixa polaridade e alta pressão de vapor (SUNDBERG et al., 2013).

Os estudos sobre interações planta-microrganismos em sua grande maioria foram realizados sob condições de contato físico entre a planta hospedeira e o microrganismo. Porém, pouco se sabe sobre como as emissões voláteis microbianas podem afetar a fisiologia das plantas na ausência de contato físicos.

Pseudomonas spp., *Streptomyces* spp., *Botrytis cinerea*, *Penicillium* spp e uma variedade de fungos micorrízicos, como as trufas, produzem gás etileno (CONSIDINE et al., 1977, CRISTESCU et al., 2002), ou seja, um hormônio vegetal gasoso. Este fitohormônio desempenha importantes papéis em múltiplos aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas, incluindo germinação de sementes, alongamento de hipocótilo, iniciação de cabelos radiculares,

senescência de folhas e flores, amadurecimento de frutos, acúmulo de amido etc. Recentemente demonstrou-se que o etileno produzido por trufas induz alterações no desenvolvimento de plantas modelo como *Arabidopsis*, as quais presumivelmente resultam em importantes mudanças no metabolismo.

Emissões de compostos químicos voláteis de isolados das rizobactérias *Bacillus subtilis* GB03, *B. amyloliquefaciens* IN937 e *B. cepacia* promoveram o crescimento em plantas de *Arabidopsis*. Tais compostos facilitaram a absorção de nutrientes, fotossíntese e respostas de defesa, além de diminuir os níveis de detecção de glicose e ácido abscísico (ABA) na planta. Algumas espécies fúngicas exercem efeitos inibitórios sobre o crescimento de plantas de *Arabidopsis*, enquanto voláteis emitidos por *Escherichia coli* não exercem nenhum efeito sobre plantas crescimento (RYU et al. 2003; EZQUER, et al., 2010). Os macrofungossaprófitos também são indutores de crescimento de plantas, liberando VOCs na rizosfera. Pham et al. (2019) demonstraram que o macrofungo *Pleurotus pulmonarius* foi capaz de produzir o fito-hormônio ácido-indolilacético (IAA, inglês) – VOCs – em meio de cultura CMC-Agar (carboximetil-celulose-sódio) enriquecido com L-triptofano, promovendo o alongamento de raízes de sementes de arroz, da mesma forma que o meio de cultivo com IAA-sintético.

A monocultura e o cultivo subsequente de diversas culturas, sem o manejo adequado do solo, vêm reduzindo a fertilidade e o poder de regeneração microbiana do solo. Uma série de fatores bióticos estão envolvidos nesse fenômeno, podendo ser regulada e controlada com métodos essencialmente agrônômicos. Uma das boas práticas agrícolas para aumentar a atividade microbiana do solo é a utilização de plantas de cobertura de inverno, que são substituídas por meio do plantio direto de outras culturas (MANICI, et al., 2018). O favorecimento do crescimento de alguns macrofungos saprófitos também podem contribuir com melhoria do solo, como tem sido demonstrado em ambientes de cultivos controlados, como casas de vegetação. Singh et al. (2018) apresentou um aumento na produtividade de tomates em casa de vegetação utilizando SMS (*Agaricus bisporus*), SMS-*Trichoderma harzianum* e SMS-*Trichoderma*-minhocas, inclusive com melhorias nas qualidades nutricionais dos frutos, como beta-caroteno.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estabelecer e avaliar a viabilidade do uso de um sistema de integração da produção de cogumelos *Pleurotus* sp. e culturas hortícolas usando tomate como planta modelo.

3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- OE1: Montar e validar um sistema de esterilização por vapor de água para cultivo de cogumelos *Pleurotus* sp.
- OE2: Avaliar o uso de biomassas residuais pós-colheita de cogumelos (SMS - *spent mushroom substrate*) como base de substratos para cultivo de mudas olerícolas (tomate como planta modelo).
- OE3: Avaliar o uso de biomassas residuais pós-colheita de cogumelos (SMS - *spent mushroom substrate*) como base de substratos para cultivo de tomate.
- OE4: Avaliar a produtividade de tomates utilizando o SMS adicionado ao solo (casa de vegetação).

4 CAPITULO I: PRODUÇÃO DE COGUMELOS *Pleurotus* spp. EM DIFERENTES SUBSTRATOS E VALIDAÇÃO DE SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO

RESUMO

O cultivo de cogumelos utilizando biomassas vegetais residuais (BVRs) é um modelo interessante desde que diminuem os custos para a fungicultura de produção de cogumelos, e, ao mesmo tempo agregam valor à biomassa residual do pós-cultivo dos cogumelos (SMS). Para a eficiência na produção de cogumelos é necessário a implementação de equipamentos e técnicas eficazes para a esterilização do substrato, que pode ser realizado por métodos físicos, químicos ou biológicos, a depender dos equipamentos/sistemas utilizados, esse processo pode se tornar relativamente caro e inviabilizar a produção de cogumelos para pequenos e médios produtores. Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar a produtividade e eficiência biológica de *P. ostreatus* em diferentes substratos a base de BVRs (casca de coco verde e torta de caroço de algodão e biomassas do processamento dos frutos de dendê). Além disso desenvolver um sistema (protótipo) capaz de esterilizar eficientemente tais substratos para cultivo de *P. ostreatus*. Para isso, sementes de arroz com casca enriquecido com 10% de farelo de trigo cozidos fora utilizados para produção de *spawns* (inóculos) do *P. ostreatus* para posterior inoculação nos substratos analisados: T1) 20% Torta de algodão + 80% de casca de coco verde; T2) 20% de Torta de algodão + 80% Casca de raízes de mandioca; T3) 20% de Torta de caroço de algodão + 80% de Serragem de eucalipto e T4) 20% de torta de algodão + 80% de fibra do cacho vazio de dendê. Foram utilizados 3 diferentes métodos de esterilização, biológico por compostagem do substrato, químico por alcalinização e físico-vapor d'água (axênico) – modelo a ser validado. Para a esterilização físico-vapor d'água foi construído sistema-estruturado a base de chapas de ferro e zinco com duas resistências elétricas para produção do vapor d'água. A produção de *spawns* não foi observada contaminação. Quanto a eficiência do processo de esterilização apenas o processo físico-vapor d'água demonstrou substratos com níveis de contaminação aceitáveis. Os métodos biológicos e químicos apresentaram contaminações de até 20% e nenhum sem crescimento total para nenhuma das repetições. O sistema de esterilização físico-vapor d'água desenvolvido se mostrou eficiente para a esterilização de substratos a base de BVRs. Utilizando O sistema de esterilização físico-vapor d'água desenvolvido e BVRs do beneficiamento da palma de óleo – cacho do dendê foi alcançado uma produtividade de 12% e eficiência biológica de 27% para produção de *P. ostreatus*.

4.1 INTRODUÇÃO

A produção de qualquer espécie de cogumelos comestíveis depende de matérias-primas lignocelulosicas com relação C:N adequada (YILDIZ et al., 2002), que poderão ser preparadas por diferentes técnicas (DIAS, 2010). Deste modo, a viabilidade econômica deste ramo da fungicultura depende da estratégia de obtenção/disponibilidade de biomassas lignocelulósicas, que estejam próximas ao local de produção (DIAS, 2010; SIQUEIRA et al., 2012).

Os gêneros de cogumelos comestíveis mais produzidos em todo o mundo são *Agaricus*, *Lentinula* e *Pleurotus* (DIAS, 2010; ROYSE, 2015). Pedra e Marino (2006) citam no seu trabalho que os cogumelos do gênero *Pleurotus* têm sido estudados intensivamente em muitas partes do mundo, em função das seguintes características: capacidade de crescimento vegetativo em uma grande variedade de biomassas lignocelulósicas, ciclo de crescimento e reprodução relativamente curto em comparação com outros gêneros, textura e sabor apreciado pelos consumidores e também a possibilidade de cultivo em ambientes rústicos, com menor controle de contaminantes. Essa espécie de macro-basidiomiceto (macrofungo) é natural de florestas tropicais e subtropicais e podem ser cultivados em ambientes agrícolas controlados.

O Brasil é conhecido por ser um país essencialmente agrícola e possui inúmeros tipos e volumes de biomassas vegetais residuais (BVRs). A destinação inadequada e em aterros sanitários destas biomassas são comuns, tornando-se um problema aos produtores bem como gerando gastos extras no sistema de produção. Uma alternativa para utilização destas biomassas é o direcionamento para a produção de cogumelos, agregando-se valor às biomassas ao mesmo tempo minimizando-se os custos da cadeia da fungicultura (PHILIPPOUSSIS, 2009).

O potencial de BVRs produzidos no Brasil são interessantes para a produção de cogumelos devido à grande quantidade e variedades de biomassas em todas as regiões. Destacam-se as do beneficiamento da indústria do dendê no Norte, torta do caroço de algodão no Centro-oeste e Sudeste e casca de coco verde no Nordeste.

O cultivo axênico de cogumelos comestíveis é um método no qual o substrato é esterilizado, permitindo um crescimento em monocultivo do fungo, ou seja, não há competição no meio. Assim, apenas uma espécie de fungo é

inoculada garantindo uma maior capacidade de desenvolvimento. Uma das vantagens desse sistema é a possibilidade de utilizar os mais diversos resíduos agrícolas necessitando-se apenas realizar um enriquecimento com farelos ricos em proteínas (MAGALHÃES et al., 2018). O alto custo de equipamentos e instalações para implementação deste sistema é um dos principais impasses para sua utilização. O desenvolvimento de sistemas/equipamentos com baixo custo e eficiente para descontaminação dos substratos torna-se necessário para viabilização dessa técnica para pequenos e médios produtores.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produtividade e eficiência biológica (EB) de *P. ostreatus*, *P. djamor* e *P. eryngii*, quando cultivado em substratos a base de resíduos da agroindústria do dendê e outras biomassas residuais como o caroço de algodão, bem como desenvolver e validar sistema de esterilização por vapor d'água que possa ser construído pelos próprios fungicultores, podendo auxiliar na redução do custo para esterilização dos substratos.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 MACROFUNGOS

Para realização dos experimentos foram utilizados os fungos tidos como comerciais que estivessem a disposição na coleção de macrofungos da Coleção de Microrganismos e Microalgas Aplicados a Biorrefinaria (CMMABio) da Embrapa Agroenergia. Durante a etapa inicial de seleção dos macrofungos, foram selecionados alguns de acordo com características de cultivo e resultados de trabalhos realizados por outros colaboradores do grupo de pesquisa.

4.2.2 PRODUÇÃO DE INÓCULO – SPAWN

Os *spawns* (inglês: multiplicador) ou sementes, de *P. ostreatus*, *P. djamor* e *P. eryngii* foram obtidos após serem cultivados substrato composto de arroz com casca e acréscimo de 10% de farelo de trigo. Essas biomassas foram cozidas utilizando-se placas de aquecimento a 100°C, por 30 min (Figura 6A). Após o resfriamento em temperatura ambiente, o material foi ensacado em sacos de polietileno de alta densidade com filtro (Figura 6B).

As sacolas com as misturas dos ingredientes foram lacradas (selagem por aquecimento) e levadas para autoclavagem, para esterilização por 40 min a 121°C em 1 atm de pressão. Após o resfriamento do substrato de cultivo foi feita a inoculação a partir de micélio do *P. ostreatus*, *P. djamor* e *P. eryngii* (Figura 6C) em meio BDA em placa de Petri. O material inoculado foi colocado em estufas ventiladas com temperatura de 28°C para crescimento do fungo. O tempo de colonização foi de aproximadamente 20 dias (Figura 6D). O inóculo previamente avaliado visualmente livre de contaminação, foi utilizado para o cultivo dos substratos, na proporção de 1% do volume de substrato preparado.

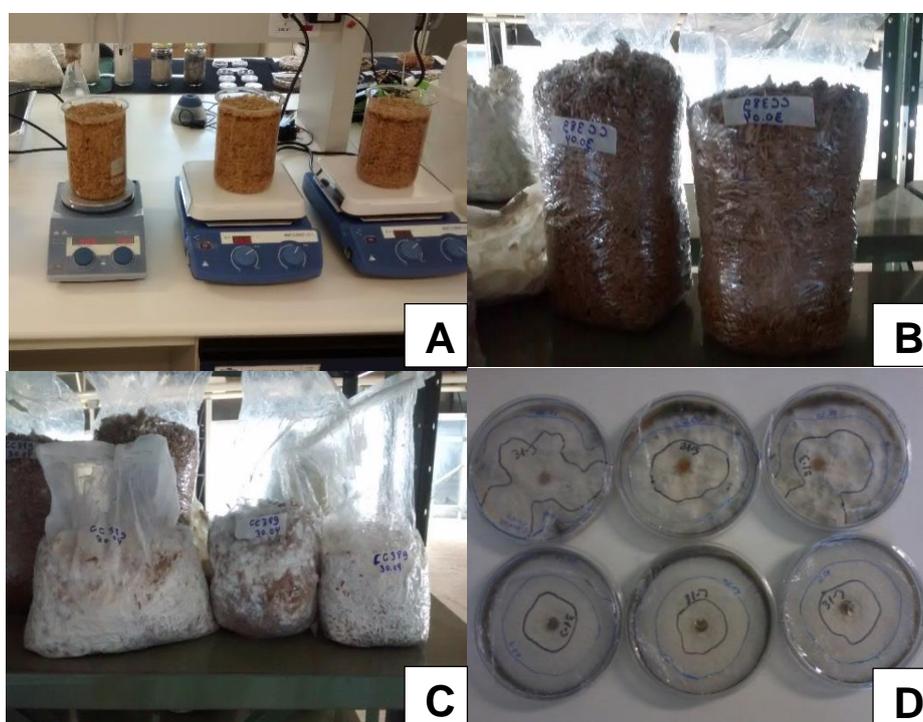


Figura 6 : Produção de micélio dos cogumelos (Spawns). A) Preparo dos substratos a base de arroz em casca para produção de inóculo (*spawn*) para cultivo de *P. ostreatus* CC389; B) Arroz em casca devidamente esterilizado e fechado para inoculação. C) Colonização total. D) Micélios em meio Agar-Batata (Placa de Petri).

4.3 METODOS DE ESTERILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS

4.3.1 PREPARO DE SUBSTRATOS

Diferentes formulações contendo BVRs foram preparadas e esterilizadas seguindo três diferentes métodos: físico (vapor d'água), biológico e químico descritas abaixo.

As formulações preparadas foram: T1) 20% Torta de algodão + 80% de casca de coco verde; T2) 20% de Torta de algodão + 80% Casca de raízes de mandioca; T3) 20% de Torta de caroço de algodão + 80% de Serragem de eucalipto e T4) 20% de torta de algodão + 80% de Fibra de cacho vazio de dendê.

4.3.2 SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO POR CALOR ÚMIDO (VAPOR D'ÁGUA)

O sistema montado para esterilização (Figura 7) foi feito pela junção com 8 partes essenciais:

- 1) Tampa;
- 2) Duas alças na tampa
- 3) Cubo com chapa de metal (1 m³)
- 4) Duas resistências (1500 w)
- 5) Quatro rodas
- 6) Cano de metal para saída de água
- 7) Tubo transparente para nível de água
- 8) Mesa metálica – tela-moeda (1 ou 2 andares)

Para desenvolvimento e montagem do sistema de esterilização com capacidade cúbica (interna) de 1 m³ (Figura 7) foram utilizadas chapas de ferro com laminas de zinco pelo lado externo. Para isolamento térmico foram utilizadas duas camadas de isopor do tipo para construção de lajes premoldadas (7 cm de espessura) entre as chapas de ferro e zinco em todo equipamento, inclusive na tampa. A tampa foi montada com o mesmo material que o cubo, mas com dois suportes (alças) para abertura. Foram adicionadas rodas na parte cúbica do equipamento com intuito de facilitar movimentação e limpeza no ambiente. Duas resistências de 1500 watts de potência foram instaladas a altura de 12 cm (interno). Uma saída (cano rosca e *cap*) de água foi fixada rente à base interna do cubo para escoamento de água residual e limpeza. Duas grades de metal (com “pés”) feitas de tela-moedas (orifícios) foram usadas para dar suporte as sacolas com substratos, evitando o contato com água e permitindo a recirculação do vapor de água (Figura 7). Uma mangueira (transparente) foi colocada pelo

lado externo do equipamento, porém conectada com o nível de água interno. Assim, monitora-se o nível de água perdido durante o processo de vaporização.

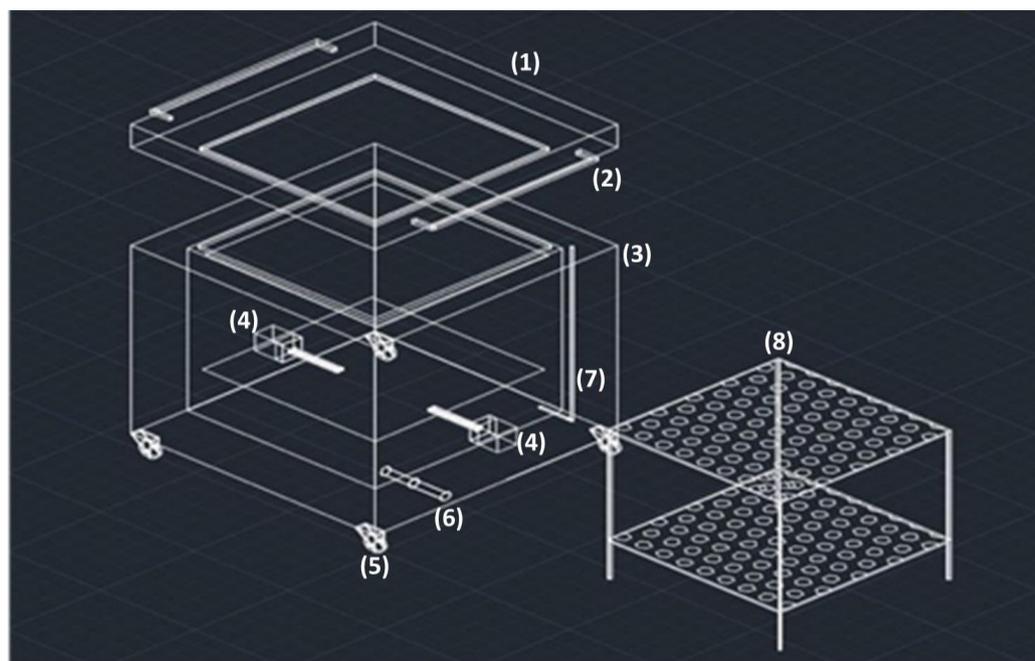


Figura 7. Planta modelo do sistema de vapor d'água utilizado para esterilização de substrato para cultivo de cogumelos.

O esterilizador a vapor d'água por resistência elétrica tem área de 1 m³ (interno), com capacidade de esterilização entre 150 a 180 sacolas com 0,9 a 1,5 kg substrato úmido (a depender da densidade dos BVRs utilizadas nas formulações dos substratos).

Para testar a eficiência do sistema foram feitas formulações de substratos contendo de 0,8 kg até 2 kg de substrato total. As sacolas eram semifechadas com fita branca e acondicionadas dentro do equipamento. Foram avaliados 400 sacolas-substratos, sendo 100 sacolas-repetições por tipo de *Pleurotus* spp. com repetição em triplicata.

Com as sacolas de substratos já acondicionadas dentro do equipamento e a água no nível adequado, a tampa foi fechada manualmente ou com auxílio de uma talha presa a estruturas de ferro na parte do teto. As resistências foram ligadas ao mesmo tempo, permanecendo ligadas por 2 horas. Logo após este período, manteve-se apenas uma das resistências aquecendo por mais 10 horas.

Com o tempo de 12 horas em esterilização por vaporização de água, o material foi retirado para resfriamento e inoculação. As sacolas-substratos

esterilizados-inoculadas foram então levadas para a sala de crescimento micelial. O monitoramento de contaminação junto às sacolas-substratos foi realizado periodicamente. Esse tratamento foi denominado de tratamento físico (TF1).

4.3.3 ESTERILIZAÇÃO QUÍMICA

Para esterilização química os substratos-formulados foram acondicionados em sacos de ráfia, com peso aproximado de 40 kg por formulação. Estes por sua vez eram submergidos em solução de óxido de cálcio (cal virgem) a 10%, objetivando-se a regulação do pH do substrato. A imersão era feita em tanques tipo caixa d'água. Os substratos ficaram submersos na solução de óxido cálcio durante um período de 18 horas. Após o período foram retirados e colocados suspensos para escoamento do excesso de solução no substrato.

Após 12 horas escoando a solução, as sacolas foram colocados em sacolas de polipropileno com respirador, com um total de 2 kg de substrato em cada sacola. Cada tratamento originou aproximadamente 30 sacolas, totalizando 120 sacolas deste tratamento, denominado químico (TQ2). Ao serem pesadas as sacolas, foram inoculadas com os 3 fungos para cada formulação.

4.3.4 PRÉ-COMPOSTAGEM E ESTERILIZAÇÃO A VAPOR D'ÁGUA.

O processo de pré-tratamento biológico consiste em favorecer o crescimento dos microrganismos de interesse através de compostagem. Para o processo as biomassas foram misturadas adicionando 70% de água e parcialmente compactadas em 4 pilhas/medas de 1m³ cada (Figura 8A). Foram feitas reviragens nas pilhas a cada 2 dias (Figura 8B). No 6º dia este material foi colocado em sacolas de polipropileno com respirador e pasteurizadas durante 12 horas no equipamento desenvolvido (Seção 4.3.2). Foram inoculados três fungos testados em cada formulação, que foi denominada tratamento biológico (TB3).



Figura 8: Preparo de compostagem para obtenção de substrato para cultivo de cogumelos. A) Pilhas/medas de compostagem a base de fibra e cacho de dendê; B) Processo de reviragem e compactação da compostagem em composteira de 1m³.

4.3.5 SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVE - FORMULAÇÕES SUBSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS A BASE DE BIOMASSAS DO PROCESSAMENTO DE FRUTOS DE DENDÊ

As formulações dos substratos para cultivo dos *Pleurotus* spp com diferentes BVRs foi determinada conforme descrito na Tabela 2. Utilizou-se 20% de torta de palmiste e 80% de resíduos vegetais de dendê, comparando-se o tratamento 3, que é o substrato utilizado normalmente por fungicultores comerciais, a base de serragem de eucaliptos e farelo de trigo. Assim, os ingredientes das formulações foram pesados e inseridos em máquina misturadora, tipo betoneira da indústria de construção civil, para homogeneização dos substratos. A adição de água junto aos substratos na misturadora foi calculada de acordo com o resultado de umidade/matéria seca da somatória dos ingredientes das formulações, de modo atingir a umidade entre 65 e 70%. Amostras de cada formulação foram retiradas para realizar a correção da umidade para os cálculos de produtividade e eficiência biológica (EB).

Após as formulações serem homogeneizadas, os substratos foram distribuídos em 20 sacolas de polipropileno, contendo filtro de ar (0,22 µm).

Deste modo, cada formulação teve 20 repetições, onde a massa úmida por sacola-repetição tinha aproximadamente 0,9 kg da formulação, ou, aproximadamente 0,390 g matéria seca.

As sacolas contendo as formulações foram submetidas a processo de esterilização por calor úmido (autoclave – sistema de esterilização física – normalmente utilizada por empresas média-grande de produção de cogumelos), durante 3 horas com temperatura de 121°C e pressão de 1 atm foram constantes nas duas autoclavagens.

Tabela 2: Cultivo de *Pleurotus ostreatus* CC389 em diferentes formulações de biomassas lignocelulosicas, acrescidas de torta de palmiste e farelo de trigo.

Formulações	Tratamentos	FPD	FCD	SE	TP
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1	80%	0%	0%	20%
	2	0%	80%	0%	20%
	3	0%	0%	80%	20%

Legenda: FPD: Fibra de Prensagem de Dendê; FCD: Fibra do Cacho do Dendê; TP: Torta de Palmiste; SE: Sepilho ou serragem de eucalipto.

4.3.6 INOCULAÇÃO E COLONIZAÇÃO-MICELIAÇÃO

Após resfriamento ou acondicionamento dos substratos foram inoculados com aproximadamente 50 gramas de inóculo para cada saco de substrato, sendo 20 sacos para cada tratamento. Após a inoculação as sacolas foram fechadas e armazenadas na sala de colonização, com controle de umidade (75%), mas sem controle de temperatura e renovação de ar. A porta da sala em determinado momento do dia, ficou aberta para uma renovação de ar.

4.3.7 FRUTIFICAÇÃO E COLHEITA

As sacolas contendo o *Pleurotus ostreatus* colonizadas totalmente foram levadas para casa de vegetação, abertas e acomodadas em estantes em sala com umidade próxima a 90%.

Os cogumelos foram colhidos manualmente, registrando-se a massa (g de cogumelos frescos) de acordo com formulações de substratos. Os cogumelos

fora de padrão de consumo, com características de desidratação ou abertos (píleo) não foram contabilizados na produtividade.

O percentual de produtividade foi calculada por meio da equação 1.

Equação 1:

$$Produtividade (\%) = \frac{\text{cogumelofresco}}{\text{substrato úmido}} * 100$$

A taxa de bioconversão dos substratos (biomassas vegetais) em biomassa fúngica (micélio), denominada aqui de eficiência biológica (EB) foi calculada por meio da equação 2.

Equação 2:

$$EB(\%) = \frac{\text{cogumelo frescos}}{\text{substrato seco}} * 100$$

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 INÓCULOS OU SPAWN

Os inóculos dos macrofungos avaliados apresentaram o tempo de colonização diferentes, como já era esperado. O *P. ostreatus* colonizou todo o substrato arroz com casca em 20 dias. Não ocorreu contaminação das sementes/spawn durante o crescimento micelial dos fungos, de forma que todo o material foi aproveitado. Isto evidencia que o processo de preparação do substrato e esterilização foram eficientes, como também seu manuseio.

De acordo com Nattoh e colaboradores (2016), *Pleurotus citrinopileatus* mostraram melhores parâmetros de crescimento que *P. djamor*, com exceção do substrato de serragem em que *P. citrinopileatus* não colonizou evidenciando que o *P. djamor* tem um tempo de colonização mais lento quando comparado com outros *Pleurotus*.

Van Kuijk e colaboradores (2015), trabalhando com tratamento da biomassa lignocelulósica constataram que, dentre quatro espécies testadas, todas cresceram nos substratos avaliados, porém o crescimento se deu na ordem de *L. edodes*, *P. ostreatus*, *G. lucidum* e *P. eryngii* respectivamente, sendo que o último, em alguns substratos, mostrou muito pouco ou nenhum crescimento.

Para melhores resultados da colonização fúngica é necessário ambiente aclimatado durante a fase de crescimento com temperatura e umidade controladas, critério não seguido em função de falta de ambientes com capacidade para controlar todas as variáveis.

4.4.2 SUBSTRATOS: SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO/PREPARO

O comparativo entre os tratamentos de esterilização e preparo dos substratos-formulações feitos por processos físico (TF1), químico (TQ2) e biológico (TB3) ou processo combinado entre o TB3 e TF1 são apresentados na Tabela 3. Sendo que este resultado apresenta apenas os índices de contaminação, sacolas sem crescimento e sacolas viáveis (para a produção de cogumelos), comparando os 3 métodos esterilização/preparo mencionados.

Tabela 3: Análise da colonização/contaminação dos diferentes tipos de substratos e processos de esterilização por *Pleurotus ostreatus*.

<i>Pleurotus ostreatus</i> CC389												
Sistemas de cultivo	T1 (%)			T2 (%)			T3 (%)			T4 (%)		
	CT	SC	VI	CT	SC	VI	CT	SC	VI	CT	SC	VI
Colonização	CT	SC	VI	CT	SC	VI	CT	SC	VI	CT	SC	VI
TF1	0	0	100	65	0	45	30	0	70	10	0	90
TQ2	20	80	0	12	88	0	15	85	0	10	90	0
TB3	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0

Legenda 1: Substratos-Tratamentos - T1: 20% Torta de algodão + 80% de casca de coco verde; T2: 20% de Torta de algodão + 80% Casca de raízes de mandioca; T3: 20% de Torta de caroço de algodão + 80% de Serragem de eucalipto e T4: 20% de torta de algodão + 80% de Fibra de dendê. TF1: Tratamento físico (vapor d'água); TQ2: Tratamento químico; TB3: Tratamento biológico. CT: Contaminados; SC: Sem crescimento; VI: Viáveis.

A esterilização química por óxido de cálcio (TQ2) foi eficiente para evitar o crescimento de contaminantes, porém não proporcionou o crescimento do *P. ostreatus*. Devido ao pH próximo de 12, não favoreceu o crescimento do *P. ostreatus* no substrato. Deste modo, o preparo de substratos esterilizados pelo método químico necessita manter o pH adequado para o crescimento dos cogumelos. Cada espécie de fungo possui um pH ótimo para crescimento e frutificação, sendo a variação do pH entre 4.0 a 7.0 a mais adequada para crescimento do micélio. Para frutificação, o ideal é uma variação entre 3.5 a 5.0. Esses valores de pH podem ser maiores ou menores a depender da espécie (BELLETTINE et al., 2016).

No processo biológico quando utiliza o método de pré-compostagem, ocorre uma estabilização da ecologia microbiana, em que os decompositores primários consomem os monômeros de açúcares deixando apenas os complexos de celulose-lignina. Porém, se faz necessário que os teores de amônia sejam dissipados por volatilização (DEMIRER et al., 2005). Nesta experimentação, com apenas uma semana de pré-compostagem combinada com vapor d'água (sistema desenvolvido) não se obteve sucesso. Os teores de amônia ainda eram perceptíveis (odor característico). Provavelmente, as sacolas fechadas e o ambiente não permitiram a dissipação da amônia, prejudicando o desenvolvimento do *P. ostreatus*.

A esterilização por vapor d'água (físico), sistema desenhado e construído mostrou-se eficiente quanto ao desenvolvimento do *P. ostreatus*. A formulação (T1) composta por 80% de casca de coco verde enriquecida com torta de algodão, aprestou viabilidade total e sem contaminação (Tabela 2). Possivelmente devido à boa relação C/N (30/1) obtida nessa mistura, além da boa aeração.

A temperatura dentro do equipamento de esterilização chegou acima dos 90°C. Essa temperatura aliada ao tempo que as resistências ficaram ligadas, favoreceu a esterilização de alguns tipos de substratos-formulações, como foi caso do T1. No T2 foi notado alto índice de contaminação, como o T2 (Tabela 3). No entanto, tal contaminação foi devido ao processo de inoculação rústico utilizado durante o processo e não devido à eficácia do equipamento.

O sistema desenvolvido com materiais acessíveis, teve um custo total (material e mão-obra) de aproximadamente R\$ 6.000,00 (1 m³ de capacidade

interna), valor significativamente inferior ao comparado com equipamentos comerciais como autoclaves (valor médio de R\$ 30.000,00 (orçamento feito para autoclave de 137 L). Além disso, o equipamento desenvolvido tem capacidade de esterilizar em um único processo até 180 sacos de substratos de 1 kg (Figura 9) eliminando-se a necessidade de esvaziar e preencher o equipamento por vários ciclos.

O peso da tampa/posição (lateral ou superior), quantidade de água necessária (aproximadamente 250 L) e dificuldade de limpeza na parte inferior interna são pontos a serem melhorados no sistema, podendo ser um sistema em forma de “V” o fundo, facilitando o escoamento da água (limpeza). A quantidade de água é um fator importante, no entanto a água pode ser reutilizada para vários processos de esterilização.



Figura 9: Sacolas com substrato a base de dendê, dentro do sistema de esterilização a vapor d'água. Processo físico de esterilização (A). Sacolas com substrato a base de dendê, após o processo físico de esterilização (B).

Durante o processo de validação do sistema foi avaliado a temperatura máxima no interior, chegando a um valor de 90°C. Com temperatura próxima a 100°C durante tempo de 12 horas o equipamento mostrou-se eficiente na eliminação de microrganismos capazes de competir com o macrofungo produtor de cogumelo comercial pelo substrato. Geralmente, as biomassas residuais da agroindústria contêm fungos endofíticos e esporulantes difíceis de serem eliminados mesmo por processo axênicos utilizando autoclaves (DAMASO et al., 2012). Como visto no tratamento T1, sem apresentação de contaminantes aparentes, o sistema aqui desenvolvido foi capaz de eliminar tais microrganismos.

No tratamento físico (TF1), a produtividade e eficiência biológica teve uma grande variação dentro dos resultados obtidos, sendo que chegou em 12,5% no

tratamento 1 (20% torta de algodão e 80% casca de coco) e 37,7% de eficiência biológica. A casca de coco verde junto com o caroço de algodão, resulta em um substrato com melhor aeração, proporcionando ao fungo uma rápida colonização dos espaços interno do substrato. O tratamento 2 (20% torta de algodão e 80% de casca de mandioca), foi o que obteve menor resultado de produtividade e eficiência biológica, 3,8% e 11,6%, respectivamente (Tabela 4). As duas biomassas utilizadas neste tratamento não proporcionaram uma relação C:N adequada para a frutificação do fungo. Como visto em Junio et al. (2010), a relação de C:N é um fator importante a ser considerado para a produção de cogumelos. Diferentes espécies requerem diferentes proporções destes dois elementos.

Tabela 4: Produtividade e eficiência biológica de *P. ostreatus* em quatro substratos por método de esterilização

TRATAMENTO FÍSICO (TF1)		
Substratos	PRODUTIVIDADE	EF. BIOLÓGICA
1	12,5%	37,7%
2	3,8%	11,6%
3	4,9%	14,7%
4	11,9%	25,8%
TRATAMENTO QUIMÍCO (TQ1)		
Não ocorreu frutificação e crescimento micelial		
TRATAMENTO BIOLÓGICO (TB1)		
Não ocorreu frutificação e crescimento micelial		

4.4.3 SISTEMA DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVE - PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA BIOLÓGICA DE *Pleurotus* spp EM BIOMASSA DO DENDÊ

Afim de validar os resíduos vegetais da agroindústria do dendê também no sistema tradicional de esterilização por autoclave, como é feito por medias e

grandes empresas de produção de *Pleurotus spp*, foi realizado um experimento a parte com preparo de substratos tendo BVRs de dendê.

A eficiência biológica diz respeito a capacidade que o microrganismo tem em converter carbono orgânico presente no substrato em corpo de frutificação. O cultivo de *P. ostreatus*, em substratos com BVRs de dendê apresentou uma eficiência biológica de 27% (Figura 10). Trabalhos têm demonstrado que em um sistema de produção axênico e compostagem, a eficiência biológica chega a resultados de 59,5% e 61,7%, respectivamente (SIQUEIRA 2012).

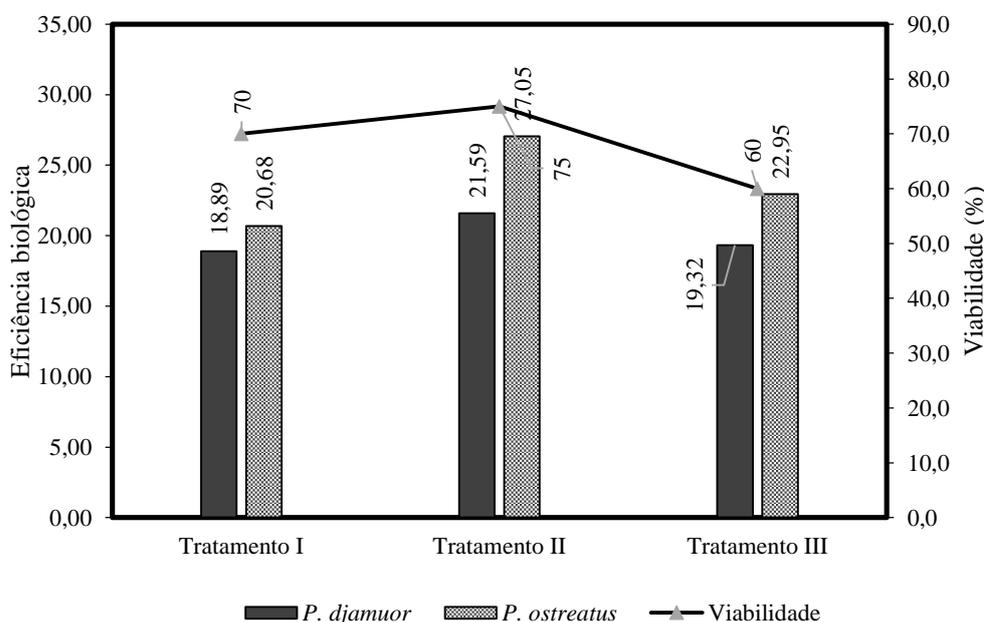


Figura 10: Resultados de eficiência biológica dos fungos *P. djamuor* e *P. ostreatus* e sua curva de porcentagem de viabilidade. Tratamento 1 – 80% Fibra da prensagem do dendê + 20% Palmiste, Tratamento 2 – 80% Fibra do cacho do dendê + 20% palmiste, Tratamento 3 – 80% de serragem + 20% palmiste.

P. djamuor e *P. ostreatus* apresentaram resultados satisfatórios de eficiência biológica quando cultivado em biomassa de dendê esterilizada com o equipamento desenvolvido (Figura 10), considerando apenas 1 fluxo de colheita, a produtividade de *P. ostreatus* ficou acima de 12%. Resultados de produtividade do trabalho de Siqueira e colaboradores (2012), foram de 21,3% em sistema de compostagem, isso se deu em ambiente controlado e com todos os fluxos de colheita.

O tratamento 2, farelo de trigo e fibra do cacho, apresentou melhor resultado de produtividade (Figura 11). A fibra do dendê e farelo de trigo proporciona uma boa relação de nutrientes para o crescimento do fungo e produção do cogumelo, fator importante para a fungicultura (Da Luz.,2013).

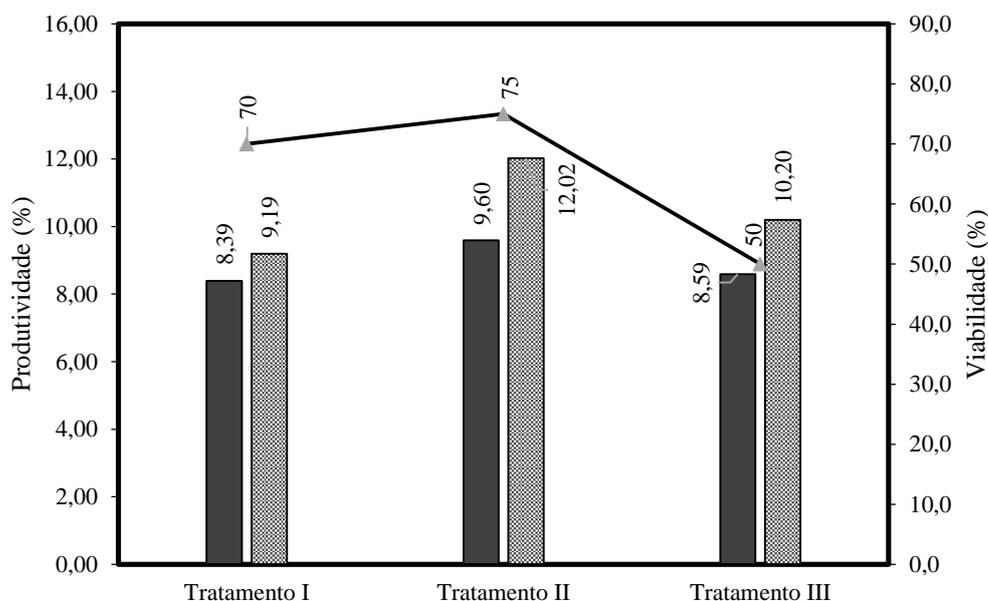


Figura 11 Resultados de produtividade dos fungos *P. djamor* (coluna preto) e *P. ostreatus* (coluna cinza) e sua curva de porcentagem de viabilidade. Tratamento 1 – 80% Fibra da prensagem do dendê + 20% Palmiste, Tratamento 2 – 80% Fibra do cacho do dendê + 20% palmiste, Tratamento 3 – 80% de serragem + 20% palmiste.

As sacolas foram abertas quando estavam totalmente colonizadas, em sala ambientada com umidade acima de 80% os primórdios começaram a aparecer no sexto dia. O *P. ostreatus* apresentou melhor produtividade. O Tratamento II composto de 80% de cacho de dendê + 20% de torta de palmiste apresentou melhor produtividade resultando em 12% para *P. ostreatus* e 9,6% para *P. djamor*. Todos os tratamentos contendo biomassas do dendê apresentaram melhores produtividades que o tratamento III (substrato comercial).

De acordo com Girmay e colaboradores (2016) o cogumelo-ostra (*Pleurotus ostreatus*) pode crescer em sementes de algodão, resíduos de papel, serragem e palha de trigo, com diferentes desempenhos de crescimento. Demonstrando que a escolha de substrato correto é fator crucial para o aumento

da produção do *Pleurotus ostreatus*, resultado também observado por Liang e colaboradores 2009. Assim, nas comparações de diferentes combinações de substratos feitos, pode se concluir que o cacho de dendê é a mais recomendada para a produção de *Pleurotus*, informação que pode auxiliar regiões com produção de palma de óleo como alternativa para agregação de valor ao sistema de produção.

4.4.4 TAXA DE CONTAMINAÇÃO DE *P. OSTREATUS* CRESCIDOS EM BIOMASSA DE DENDÊ

Foram avaliados 20 sacolas por tratamento, sendo 3 tratamentos distintos, tratamento 1 e 2 a base de resíduos vindo da dendecultura e o tratamento 3 a base de serragem de eucalipto comumente utilizado por fungicultores. Para o cultivo de *P. ostreatus*, por exemplo, em substratos contendo cacho de dendê (Formulação 2) não foi observado contaminações, no entanto apenas 80% das sacolas cresceram adequadamente durante o período de 30 dias e abertas à frutificação.

Todos os 3 tratamentos testados nesse experimento, obtiveram resultados de produtividade satisfatória e pouca contaminação. As contaminação observadas foram devido ao tempo de exposição após a abertura das sacolas durante a frutificação.

Um dos principais contaminantes de substratos a base de biomassa residual da agroindústria é o *Trichoderma* spp., fungo filamentoso esporulante de cor verde escuro. O controle do mesmo se dá por boas práticas durante todas as etapas de produção e um processo de esterilização eficiente. Para o *Trichoderma* spp. métodos como alcalinização do meio e temperatura durante o meio são pontos que ajudam o controle do mesmo (COLAVOLPE et al., 2014). A espécie fúngica também ajuda a diminuir a contaminação pela sua velocidade de crescimento, o cultivo de *P. ostreatus*, por exemplo, possui rápido crescimento, e minimiza a incidência de contaminantes, exige poucos controles ambientais e seus cogumelos não são frequentemente atacados por doenças e pragas, além da possibilidade de serem cultivados de maneira simples e barata (SÁNCHEZ, 2010).

4.5 CONCLUSÃO

A corrida micelial dos *spaws* ou sementes do Fungo *P. ostreatus*, utilizando o farelo de trigo e arroz em casca, indicaram um rápido e eficaz desenvolvimento para este processo e ainda utilizando o método de esterilização física (axênico), foi observado baixo índice de contaminação, mostrando que esse método de esterilização em pequena escala é o método mais eficaz.

A produtividade e eficiência biológica do *P. ostreatus* nas formulações contendo biomassas lignocelulósicas residuais do dendê foram significativas em um ciclo de colheita, pois é comum este tipo de produtividade chegar a 20%, quando se mantêm a colheita em três fluxos.

O sistema de esterilização a vapor d'água mostrou-se eficiente quanto ao controle de contaminação dos substratos por outros fungos filamentosos, entretanto, as contaminações observadas podem ter sido ocasionadas em função do ambiente de inoculação não ter filtros ou força de ar negativo, de forma a minimizar o fluxo de ar com esporos.

O sistema desenvolvido para esterilização combinado com ambientes mais controlados quanto ao fluxo de ar circulatório para fazer o inóculo, podem ser indicados para sistema de produção de cogumelos *Pleutorus ostreatus* e outros, visando pequenos e médios produtores.

5 CAPÍTULO II: SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE COGUMELOS *PLEUROTUS* SPP. E TOMATE (*Solanum lycopersicum*) UMA ESTIMATIVA DE VIABILIDADE PRODUTIVA

RESUMO

Neste capítulo foram avaliadas a produtividade de tomates crescidos em substratos contendo fonte de nutrientes provindos de SMS da produção de cogumelos visto no capítulo 1. Também foram elaborados substratos a base de SMS para o desenvolvimento de mudas de tomate, as quais foram avaliadas quanto aos parâmetros agrônômicos referentes à parte aérea e radicular. No cultivo as plantas de tomate foram avaliadas os mesmos parâmetros e a produtividade de frutos. Os substratos para o desenvolvimento das mudas de tomate também foram utilizados SMS de produção de cogumelos comerciais misturados a outros ingredientes. No sistema de cultivo em SMS foram feitos 3 tratamentos distintos modificando os tipos camadas no recipiente: T1 (Brita, cama de frango e solo); T2 (Brita, cama de frango, solo e SMS), T3 (Brita, cama de frango, solo e coco-verde colonizado por macrofungo). Foram plantadas mudas de tomates produzidas a partir de 3 substratos diferentes: substrato-1 (Comercial - Carolina soils), substrato-2 (SMS de *P. ostreatus* + cama de frango) e substrato-3 (colonizado de *A. bisporus* + misturas de dendê). As mudas a partir do substrato-2 foram as que apresentaram melhores resultados, tanto de parte aérea como crescimento de raiz. Enquanto no cultivo em SMS as plantas apresentaram melhor crescimento toda parte aérea e raiz no tratamento T3 com as mudas cultivadas no substrato-3. A produtividade de tomates apresentou melhores resultados com as mudas do substrato-3 e crescimento no substrato T2, representando a média de 1,5 kg de tomate por planta.

5.1 INTRODUÇÃO

A rizosfera é um habitat mutável, composta de diferentes estruturas, substâncias e variadas forma de vidas que são influenciadas durante o ciclo vegetativo das plantas. Suas características também são de acordo com o tipo, composição e umidade do solo.

A planta possui a capacidade de modificar as características químicas do solo nas regiões mais periféricas das raízes, através dos fragmentos e substâncias que são liberados na superfície das raízes, denominado exsudados, enriquecendo o solo com uma gama de compostos orgânicos. Os exsudados radiculares são ricos em compostos químicos, tais como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, peptídeos, nucleotídeos, vitaminas e outros bioativos, diferenciando-se a sua composição de acordo com as diferentes fases do desenvolvimento da planta (HASSANI, et al., 2018). Na natureza, plantas e microrganismos encontram-se em constante interação, seja, harmônicas (simbiose - endofíticos/micorrizicos) ou desarmônicas (antagonismo - patogênica).

O tomate é a espécie mais importante do grupo das hortaliças, tanto sob o ponto de vista econômico quanto social, pelo volume da produção e geração de empregos. São aproximadamente quatro milhões de hortas cultivadas com a espécie, o que gera uma produção de cerca de 110 milhões de toneladas. O custo médio de produção do tomateiro, no Brasil, próximo é de R\$ 30 mil/ha, podendo sofrer alterações de acordo com o sistema de produção adotado (MAKISHIMA e MELO, 2019).

A fungicultura voltada a produção de cogumelos comestíveis também tem no custo de produção um dos gargalos para maior adesão ao consumo deste alimento no Brasil. Deste modo, alternativas de incentivo ao cultivo de cogumelos e sua associação a outro sistema produtivo, vem sendo desenvolvidas, através de pesquisas com vistas a minimizar custos. O aproveitamento de BVRs para produção de cogumelos e posterior aplicação do SMS em culturas olerícolas pode ser um caminho para um modelo de integração entre essas cadeias produtivas. O produtor pode otimizar espaço, minimizar custos e maximizar possibilidades com aumento de diversidade produtiva e biodiversidade.

O objetivo do presente capítulo desta dissertação foi analisar a utilização do SMS, resíduo da produção de cultivo de *Pleurotus* sp. e *A. bisporus* para

preparo de mudas e cultivo de olerícolas usando-se como planta modelo o tomate (*Solanum lycopersicum*).

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 SMS e SUBSTRATOS PARA MUDAS DE TOMATE

A produção de mudas de tomate *S. lycopersicum* tipo salada Santa Clara (*top seed*) foi realizado sob ambiente controlado (casa de vegetação – Embrapa Agroenergia) com temperatura a 28°C. A irrigação foi mantida por três vezes ao dia, com duração de 15 minutos, mantendo-se a umidade do ambiente próximo de 60%.

Foram realizadas o plantio das sementes de tomate em três diferentes substratos (Tabela 5): testemunha com substrato comercial (M1); SMS de *Pleurotus* + cama de frango (M2); substrato colonizado de *A. bisporus* + resíduos de dendê (Figura 12). Foi preparada uma bandeja de poliestireno rígido de cada tratamento contendo cada bandeja com 128 células.

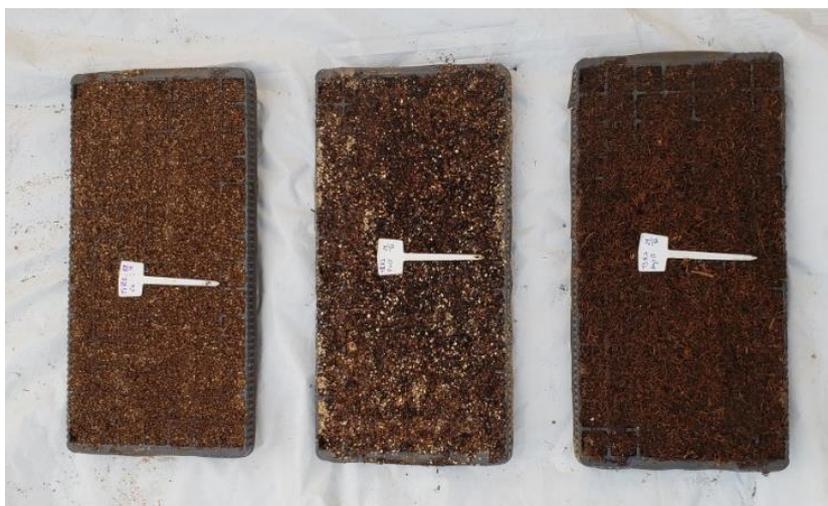


Figura 12: Vista superior das bandejas com substratos preparados para semeadura das sementes. Onde da esquerda para direita são: substrato comercial (M1), SMS de *Pleurotus* + cama de frango (M2) e Substrato colonizado de *Agaricus bisporus* + resíduos de dendê.

Foram semeadas duas sementes de tomate por célula, após a semeadura, as sementes foram cobertas com o substrato referente a cada tratamento, utilizando-se uma camada em torno de 1 cm acima da semente.

Tabela 5: Substratos utilizados na produção de mudas de tomate.

Substratos – Tratamentos
M1. Controle – Substrato comercial Carolina Soil;
M2. 50% SMS <i>Pleurotus</i> + 50% Cama de frango
M3. 50% Substrato colonizado de <i>Agaricus</i> sp. + 50% Resíduos de dendê (40% cacho vazio +30% palmiste + 30% de cinza).

Utilizou-se o sistema de produção de mudas em casas de vegetação, com bandejas suspensas e alocadas em bancadas. A irrigação foi realizada para manutenção da umidade próxima a capacidade de campo.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente ao acaso (DIC) em sistema com 3 tratamentos e 3 repetições, cada repetição de 32 plântulas.

5.2.2 RECIPIENTES PARA CULTIVO DE TOMATES COM SUBSTRATOS DE SMS

Os cultivos dos tomateiros foram realizados em vasos do tipo baldes, com capacidade de 15 kg (reutilizados da indústria de margarina). Utilizando uma furadeira elétrica os baldes foram furados em 4 linhas horizontais. As aberturas feitas nos baldes têm como objetivo a drenagem do excesso da água acumulada.

As tampas dos baldes também foram furadas com furadeira elétrica. O buraco de maior diâmetro foi utilizado para plantio e crescimento do tomateiro, enquanto buracos menores foram feitas entre a borda e central da tampa de forma a permitir maior permeação da água de irrigação e não acúmulo sobre a tampa (Figura 13).



Figura 13: Vista superior dos baldes-tampas (orifícios central e laterais), com mudas de tomate transplantadas.

5.2.3 FORMULAÇÕES SUBSTRATOS-SOLO E SMS/COLONIZADO

O sistema de cultivo do tomate nas biomassas colonizadas de *P. ostreatus* foi realizado nos baldes (preparados), onde foram feitas diferentes tipos de camadas para atender as necessidades fisiológicas da planta. Deste modo, os solos para cultivo foram formulados por meio da mistura de solo, SMS *Pleurotus*, cama de frango e “tubete” coco-verde colonizado por *P. ostreatus*, organizados em 3 tratamentos (Tabela 6). Todas as misturas, foram feitas em betoneira, comumente utilizada na construção civil. Todos os baldes contendo as misturas foram transportados para uma estufa não aclimatada, e acomodados sobre estrados de madeira.

Tabela 6: Composição dos tratamentos, misturas solo – SMS-*Pleurotus* – cama de frango utilizados para cultivo de tomate.

TRATAMENTO	1ª CAMADA INFERIOR DRENAGEM	2ª CAMADA SUPERIOR PLANTA-TOMATE
1		75% de solo + 25% de cama de frango
2	Brita	50% de solo + 25% de cama de frango + 25% SMS <i>Pleurotus</i>
3		50% de solo + 25% de cama de frango + Coco colonizado*

*Coco-verde integral colonizado utilizado como “tubete” bidegradável onde foi colocado a muda de tomate com substratos, de forma a produzir uma zona circular em volta da raiz do tomateiro.

5.2.4 PLANTIO E CONDUÇÃO DOS TOMATES

Para plantio das mudas de tomates foi utilizado 15 repetições para cada tipo de misturas de solo-SMS-cama de frango e “tubete” colonizado. Os recipientes preparados foram umedecidos até o ponto de saturação (água no dreno-balde). Após 24 horas de foi feito o transplântio dos três tipos de mudas de tomate, sendo 5 baldes-substratos de cada tratamento para cada tipo de muda (M1 ou M2 ou M3). Após o transplântio das mudas nos respectivos baldes-tratamentos foram distribuídos na estufa-sombrite (Figura 14). Os baldes foram dispostos seguindo sorteio estatístico através do DBC (Delineamento em Blocos Casualizados). Em cada estrado-madeira foram dispostos 5 baldes sorteados aleatoriamente.



Figura 14: Estrados de madeira em estufa de sombrite que abrigou os baldes de cultivo dos tomates.

Durante o desenvolvimento os tomateiros passaram por fase de condução e adubação via folha e solo, a fim de manter os níveis nutricionais adequados para um bom crescimento da planta. Foram realizadas aplicações a cada 15 dias de foliares a base de nitrogênio, magnésio, cálcio e Boro, além de fungicida/bactericida a base de casugamicina.

A colheita dos tomates foi feita após a formação da pigmentação avermelhada (início da maturação) dos frutos.

5.2.5 PARAMENTROS AGRONÔMICOS – MUDAS E TOMATEIROS

As mudas cultivadas sobre o substrato comercial (M1), substrato a base de *Pleurotus sp.* (M2) e substrato a base de *Agaricus bisporus* (M3), foram avaliados os parâmetros de emergência, altura da parte aérea e tamanho da parte de raiz. A emergência das mudas se dá no momento que as plântulas atravessam o nível do substrato. A contagem foi realizada 10 dias após o plantio das sementes.

Os parâmetros avaliados nas plantas foram: altura de planta, tamanho da parte aérea, distância 1º nó, número de engalhamento, peso parte aérea e o estágio fenológico em que a cultura se encontrava naquele momento da avaliação. Foi utilizada uma trena para realizar as medidas e uma balança digital para conferir o peso da parte aérea.

As avaliações das plantas de tomate foram realizadas 54 dias após o transplântio para os baldes de cultivo e 76 dias após serem semeadas nas bandejas com o substrato a base de fungos.

5.2.6 PRODUTIVIDADE DE TOMATES

Os tomates foram colhidos a cada dois dias e de acordo com o grau de maturação. Foram pesados e anotados os valores de cada planta, para saber a média de produção geral por indivíduo.

5.2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial sendo delineamento em blocos casualizados e posteriormente os dados foram analisados estatisticamente utilizando ANOVA e Tukey 5% de probabilidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 AVALIAÇÃO DAS MUDAS DE TOMATE

Os resultados de germinação e emergência ficaram dentro do registrado pela empresa fornecedora das sementes. Foram plantadas 2 sementes por célula de bandeja, atingindo-se uma taxa de emergência de 97% (Figura 15).



Figura 15: Plantio de mudas de tomates em diferentes substratos. Da esquerda para a direita, nas 4 primeiras linhas de mudas, são as mudas de tomate tratadas com substrato comercial (M1 Substrato comercial, as 4 linhas centrais são mudas cultivadas em substrato a base de *Pleurotus* sp. (M2) e as mudas do lado esquerdo, são tratadas a base de *Agaricus bisporus* (M3).

Diversos trabalhos têm demonstrado a eficiência do uso de SMS para a germinação de sementes das mais diferentes espécies de vegetais. Zhang e colaboradores (2012) demonstraram que o uso de SMS a partir de *Flammulina velutipes* em proporções de 2:1 com vermiculita e 4:1 com perlita foram eficazes para a germinação de sementes de tomate e abóbora. Peksen e Uzun (2013) também testaram o uso de SMS após compostagem e misturado com substrato comercial e observaram resultados interessantes para a germinação de sementes de couve e brócolis. A aeração e retenção de umidade são duas características oferecidas pela presença do SMS no substrato que podem influenciar positivamente o processo de germinação das mais diferentes espécies de plantas.

O tamanho da área radicular das mudas de tomate nos três tipos de substratos avaliados apontou a formulação M3, ou seja, substrato de *A. bisporus* enriquecido com resíduos do dendê, como o substrato ligeiramente mais eficiente no desenvolvimento radicular, se comparando com a testemunha e o substrato a base de *Pleurotus* (Figura 16). Porém, após o teste de Tukey não demonstrou diferenças entre os tratamentos. Os substratos a base de SMS de fungos comestíveis são resíduos industriais sem valor agregado. Neste experimento os mesmos demonstraram serem igualmente eficientes para o desenvolvimento da planta comparado com o substrato comercial. Assim, demonstrado que tais resíduos podem ser direcionados para a formulação de substratos para plantas. Steward e colaboradores (1998) demonstraram que o uso de SMS no solo favorece o desenvolvimento de raízes de hortaliças por diferentes razões: diminuição da compactação solo, aumentando a estabilidade do agregado (matéria orgânica), reduzindo a formação de torrões e crostas superficiais, aumentando a taxa de infiltração de água no solo, aumentando o teor de água do solo e reduz as mudanças diurnas de temperatura.

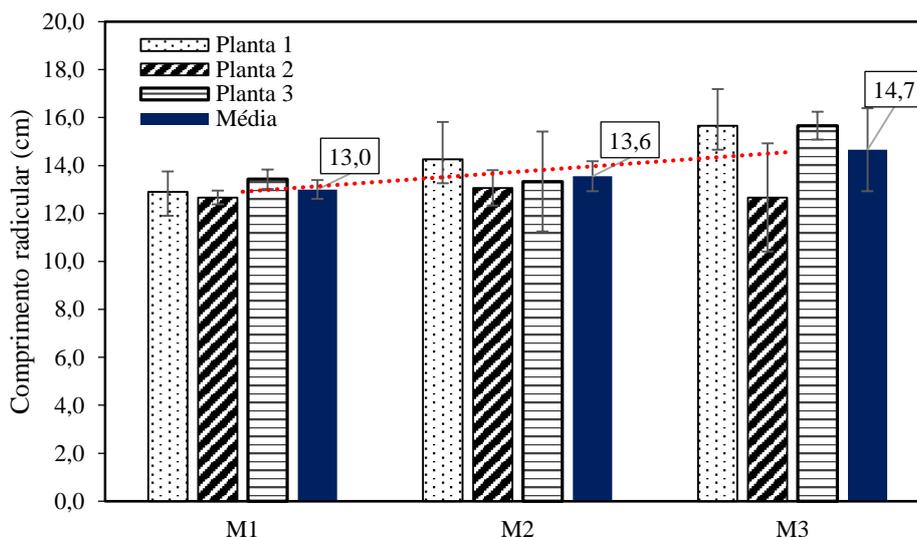


Figura 16: Comprimento radicular (cm) de tomates de 3 plantas em 3 substratos testados. Não houve diferenças significativas (Tukey $q=0,05$). Substrato comercial (M1), substrato a base de *Pleurotus sp.* (M2), substrato a base de *Agaricus bisporus* (M3)

Foi realizado triplicatas de medidas em 3 diferentes plantas escolhidas ao acaso nas bandejas contendo cada substrato testado, assim avaliamos a parte radicular que nos mostrou um bom crescimento e desenvolvimento em todas as mudas de todos os tratamentos, mas com destaque para o substrato a base de *A. bisporus*, chamado aqui de M3, apresentou tamanho médio de 14,6 cm de raiz, enquanto o M2 obteve média de 13,5 cm e o substrato M1 com 13,1 cm.

Os resultados da altura de plantas são mostrados na Figura 17. As mudas que mais se destacaram foram as produzidas a base de *A. bisporus* (M3), com altura média de 15,2 cm aos 15 dias após emergidas. As mudas M2 obtiveram resultados de 14,1 cm e 13 cm para o M1.

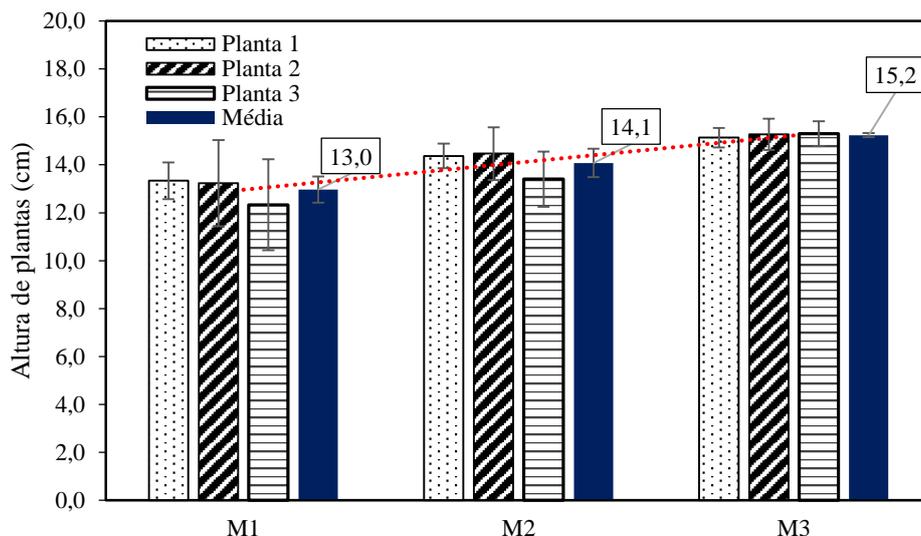


Figura 17: Resultado do tamanho da área radicular de tomates de 3 plantas em 3 substratos testados. Não houve diferenças significativas pelo teste de Tukey $q=0,05$. Substrato comercial (M1), substrato a base de *Pleurotus sp.* (M2) e substrato a base de *Agaricus bisporus* (M3).

Também não foi observado diferença estatística entre o tamanho das plantas do tomate quanto aos três substratos, no entanto ainda ressalta-se que o M2 e M3 tratam-se de resíduos com pouco valor agregado. Diferentes porcentagens de SMS para substrato parecem influenciar no crescimento das mudas de tomate podendo ter efeito sinérgicos aumentando o desenvolvimento da planta ou antagonistas diminuindo a velocidade de crescimento (WANG et al., 1984). Assim, posteriormente, diferentes concentrações de SMS podem ser testados para verificar melhorias no desenvolvimento da planta.

5.3.2 AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DAS PLANTAS DE TOMATE DURANTE O CULTIVO EM DIFERENTES MISTURAS DE SOLO.

Na tabela 7 estão dispostos os resultados da avaliação de diferentes parâmetros agronômicos avaliados nas mudas de tomate com diferentes tipos de SMS utilizados como substratos e cultivadas em três misturas diferentes de solo-SMS-cama de frango.

Tabela 7: Parâmetros agrônômicas do cultivo de tomates em três misturas de solo em estufa sombrites (baldes preparados para cultivos) a partir de mudas previamente cultivadas em diferentes substratos.

Tratamentos: Combinações tipos de Mudanças e substratos/solos	Tamanho parte aérea (cm)	Tamanho parte Raiz (cm)	Distância 1º folha (cm)	Número engalhamento	Peso parte aérea	Estágio
T1-M1	28d	NR	13c	4c	8d	Vegetativo
T1-M2	108a	17,5b	13c	11b	155b	Reprodutivo
T1-M3	78b	NR	13c	10b	70d	Reprodutivo
T2-M1	65b	NR	18b	8b	35c	Vegetativo
T2-M2	100a	28a	22a	11b	160b	Reprodutivo
T2-M3	125a	NR	18b	18a	260a	Reprodutivo
T3-M1	36c	NR	10c	6c	5d	Vegetativo
T3-M2	119a	23a	19a	15a	175b	Reprodutivo
T3-M3	118a	NR	17b	15a	175b	Reprodutivo

Legenda: NR: Medida de raiz não realizada; T1 (mistura a base de solo + cama de frango); T2 (misturas a base de solo + cama de frango + SMS-Pleurotus sp.); T3 (misturas a base de solo + cama de frango + “tubete” coco colonizado); M1 (substrato muda comercial); M2 (Mudas a partir de substrato a base de Pleurotus sp. + cama de frango); M3 (Mudas a partir de substrato a base de Agaricus bisporus + resíduos de dendê).

As plantas designadas T1M1, T2M1 e T3M1 foram obtidas a partir de mudas cultivadas em substrato comercial, carolina soil. Essas plantas apresentaram baixo desenvolvimento em comparação com as demais, desde o início de cultivo nas bandejas, quando comparados aos tratamentos com substratos a base de SMS de *Pleurotus* ou colonizados de *A. bisporus*.

O tamanho máximo obtido com as mudas oriundas do substrato comercial T2-M1 foi de 65 cm, enquanto que as mudas oriundas dos substratos a base de SMS *Pleurotus* (M2) e colonizado *Agaricus bisporus* (M3) foram as que mais se desenvolveram, principalmente nas misturas de solo-SMS-cama de frango (T2) e solo-cama de frango-“tubete” coco-verde colonizado (T3), não diferindo estatisticamente (Tabela 7). Em valores absolutos as plantas do T2M3 chegaram a 125 cm de altura.

No parâmetro tamanho de raiz, assim como tamanho da parte aérea o tratamento 2 (solo-SMS-cama de frango) demonstrou melhor resultado em termos absolutos (T2M2 = 28 cm), porém não diferindo estatisticamente do T3 (solo-cama de frango-“tubete” colonizado), enquanto o tratamento 1 nesse quesito obteve o menor resultado com 17,5 cm.

As demais medidas avaliadas como número de engalhamento, peso da parte aérea e precocidade no estágio da cultura demonstra que o tratamento 2 (solo-SMS-cama de frango) foi o melhor tratamento no que se diz respeito a todos os quesitos testado, incluindo principalmente as mudas M2 que são mudas desenvolvidas em substrato a base de SMS *Pleurotus*.

Os resultados da parte aérea foram bem distintos, provavelmente, devido ao tamanho e qualidade das mudas transplantadas, na qual foi observado grande disparidade entre os substratos testados. As mudas M1, que são as mudas controle (substrato comercial), tiveram que ser replantadas na maioria dos substratos, devido ao baixo vigor dessas plântulas e as características distintas encontradas no campo, que evidenciou a interferência do ambiente controlado da casa de vegetação em que foram cultivadas inicialmente.

Esse experimento evidenciou a influência positiva da presença do SMS-*Pleurotus* como parte do substrato para crescimento das plantas tanto no desenvolvimento da raiz como na parte aérea. A interação sinérgica da planta com os microrganismos já é bem estudada e demonstrada a necessidade de uma rizosfera saudável e equilibrada para o melhor desenvolvimento vegetal. A presença do micélio dos fungos de alguma forma ajuda na manutenção da rizosfera (UNAL, 2015), provavelmente favorecendo grupos de bactérias promotoras de crescimento de plantas que agem sinergia com macrofungos saprófitos que também podem produzir VOCs, como IAA (PHAM et al., 2019).

5.3.3 PRODUTIVIDADE DE FRUTOS DE TOMATE

A colheita dos frutos de tomate teve início após 85 dias de cultivo (após o transplântio das mudas). A análise de rendimento dos frutos de tomates levou em consideração a condição de tratamento de mudas (substratos) versus o tipo de misturas do solo para cultivo (com ou sem SMS *Pleurotus*). O tipo de mistura do solo de cultivo (T2 – Misturas de: solo + cama de frango + SMS *Pleurotus*)

com a muda do tratamento-M3 (substrato colonizado com *A. bisporus*) destacou-se com rendimento de 2,135 g de tomates colhidos, sendo relevante ao total colhido nas três condições de mudas (M1+M2+M3) com 4,825 g. Enquanto que condição T1 (solo + cama de frango) apresentou os menores rendimentos individuais e totais, com 1.838 g (M1+M2+M3) (Figura 19). Os rendimentos de tomate para o tratamento-3 (solo + cama de frango + “tubete” coco-verde colonizado com *Pleurotus*) apresentou para (M1+M2+M3) 2.765 g. O T1 e T3 diferem apenas na presença do “tubete” coco-verde colonizado por *Pleurotus ostreatus*. Os tratamentos T1 e T3 apresentaram resultados, onde a presença do “tubete de coco-verde” pode ter influenciado positivamente a planta (Figura 19). O total de tomates colhidos para tratamento-2 (solo + SMS + cama de frango) foi o que apresentou melhor resultado na soma dos três tipos de mudas 4.825 g (T2). As mudas de tomate oriundas dos substratos M2 (*Agaricus bisporus* colonizado e cama de frango) apresentaram melhores resultados, independentemente do tipo de preparo de misturas para solo cultivo (FIGURA 19).

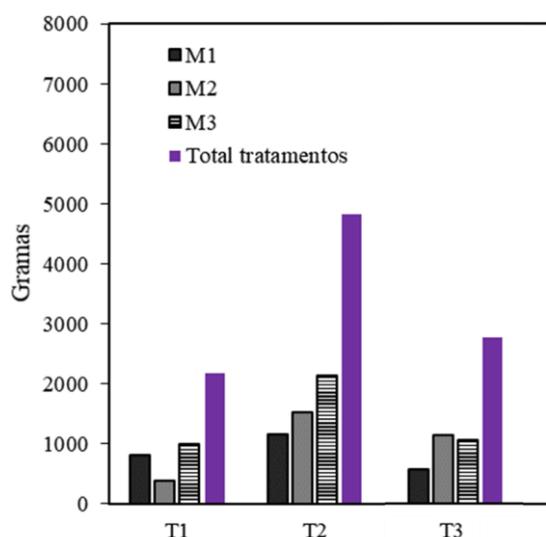


Figura 18: Rendimento (gramas) na colheita de tomates variedade santa clara no quando submetidos a diferentes tipos de misturas de solo versus o tipo de substratos oriundos dos cultivos das mudas. Legenda: T1 (Solo + Cama de frango); T2 (Solo + SMS + Cama de frango); T3 (Solo + Cama de frango + “tubete” coco-verde colonizado por *Pleurotus ostreatus*); M1 (mudas de tomate cultivadas em substrato comercial); M1 (mudas de tomate cultivadas em SMS *Pleurotus* e cama de frango); M3 (mudas de tomate cultivadas em substrato colonizado de *Agaricus bisporus* e cama de frango).

A produção de tomate variou de acordo a utilização de SMS *Pleurotus* (T2) ou não, como também a origem dos substratos que foram cultivadas as mudas, principalmente quando da presença de substratos colonizados com *Agaricus bisporus* (M3). A presença do SMS tem como ponto benéfico a adição e biodisponibilidade de micronutrientes essenciais para a planta, a diminuição da compactação do solo e o beneficiamento da rizosfera da planta. Tais fatores permitem uma maior absorção de nutriente e água pela planta melhorando assim a sua produtividade. Quando associado com fertilizantes a resposta também é observada em outros parâmetros como número de frutos, rendimento de frutos e qualidade dos frutos (proteína total, vitamina C, açúcar total e açúcares redutores) (ASHRAFI et al., 2016; SINGH et al., 2018).

Quando comparamos os resultados de acordo com as mudas, dentro dos respectivos tratamentos, podemos observar que a M3 foi a de melhor destaque (Figura 20).

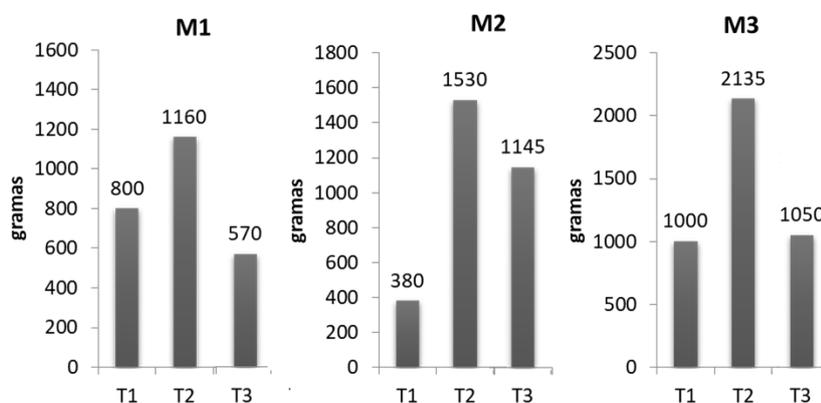


Figura 19: Comparativo de produtividade de tomates variedade Santa Clara entre 3 diferentes mudas desenvolvidas em substratos diferentes.

O ciclo da variedade de tomate plantada pode chegar até 160 dias, a contar do transplântio e apresentar uma carga produtiva por planta de até 6 quilos. De acordo com a Figura 25 podemos observar que a produtividade ficou abaixo do ideal, isso foi devido a problemas ocasionados durante todo o ciclo da cultura. Um dos principais problemas foi o local de condução das plantas de

tomate, que se deu em cobertura de tela de sombriante em campo aberto (sombrite), assim as condições climáticas como sol e chuva não controlados diminuíram a produtividade. Outro fator de relevância foi a pressão de doenças, como oídio e septoriose (Figura 21), foram realizadas 4 aplicações com defensivos cúpricos para minimizar os impactos causados por essas doenças.



Figura 20: Detalhe das folhas de tomate Santa Clara, infectadas com oídio e machas de septoriose.

5.4 CONCLUSÃO

Mudas de tomate, produzidas a partir de substrato a base de biomassas residuais de pós-colheita de cogumelos (SMS *Pleurotus*) e/ou colonizados (*Agaricus bisporus*) mostraram resultados satisfatórios, se comparado a mudas produzidas sobre substrato comercial.

Solos para cultivo em vasos com misturas de solo + SMS *Pleurotus* + cama de frango mostraram produtividades significativas de tomates, mesmo em condições ambientais (estufas) não totalmente favoráveis.

6 CONCLUSÃO GERAL

No capítulo I, conseguimos chegar ao substrato a base de cacho de dendê e palmiste, como o principal para o cultivo de cogumelos comestíveis, principalmente ao fungo *Pleurotus ostreatus*, que obteve produtividade e eficiência biológica satisfatória. A taxa de contaminação, que foi parâmetro para avaliar a eficiência do sistema de esterilização a vapor d'água, apresentaram baixos índices de contaminação, mesmo com vários experimentos testados, mostrando assim, que o sistema está apto e válido para preparo dos substratos para a produção de cogumelos.

No capítulo II, podemos observar que as mudas de tomate Santa Clara, quando cultivadas em substrato a base de macrofungos, obtiveram rápido crescimento, principalmente no substrato a base de *Agaricus bisporus* e as plantas cultivadas em substrato a base de *Pleurotus*, teve uma boa recuperação e maior produtividade.

A integração da produção de cogumelos e olericultura é possível ser realizadas, onde podem ser aproveitados biomassas vegetais residuais para produção dos cogumelos no sistema de esterilização com vapor d'água; e, depois o reaproveitamento do SMS (biomassa pós-colheita dos cogumelos) para preparo de substratos-muda e enriquecimentos de solos para cultivo de tomates, por exemplo.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. SCOT CONSULTORIA IN: Rentabilidade da produção de eucalipto no brasil. disponível em: <

<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/39247/rentabilidade-da-producao-de-eucalipto-no-brasil.htm>>. acesso em 17 mar. 2019.

ALVARENGA MAR. 2013. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. ufla. 457p.

ANGELIS, D. F. LUCHESI, A. C. SIMÕES, A. C. Sociedade dos amigos do instituto biológico: Lentinus edodes (beek.) pegler, o cogumelo shiitake. 2002. disponível em: <http://www.geocities.com/~esabio/cogumelo/lentinusedodes.htm>. acesso em: 22/13/2019.

ANPC, Associação dos produtores de cogumelos. o setor de cogumelos. 2018. disponível em: <http://www.anpc.org.br/>. acesso em: 09/03/2019.

ARAÚJO, A. P. F. Tratamento da torta de semente de algodão por autoclavagem e macrofungos para degradação de gossipol. 50-51. 2018. **Dissertação (programa de pós graduação em biotecnologia)** – universidade federal do tocantins – campus gurupi – brasil.

ASHRAFI, R., RAJIB, M. R. R., SULTANA, R., RAHMAN, M. M., MIAN, M. H., e SHANTA, F. H. **Effect of spent mushroom compost on yield and fruit quality of tomato**. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 1(3), 471-477. 2015.

BAI, Y. et al., **Functional overlap of the *Arabidopsis* leaf and root microbiota**. *Nature*. 364-369. 2015

BALANDRÁN-QUINTANA, R. R. MERCADO-RUIZ, J. N. MENDOZA-WILSON, A. M. **Proteínas de Farelo de Trigo: Uma Revisão de Seus Usos e Potencial**. 2015.

BAREA, J. M. PRASAD, M. CHAUDHARY, M. CHOUDHARY, M. KUMAR, T. K. **Rhizosphere Microorganisms Towards Soil Sustainability and Nutrient Acquisition**. 2017

BELLETTINI, M. B., FIORDA, F. A., MAIEVES, H. A., TEIXEIRA, G. L., AVILA, S., HORNING, P. S. RIBANI, R. H. **Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp.** *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016.

BERNARDI, E.; MINOTTO, E.; NASCIMENTO J. S.; **Aproveitamento de resíduo de curtume como suplemento no cultivo de *Pleurotostreatus*.** 2008. 243-244 p. Comunicação científica – Universidade Federal de Pelotas.

BORGES, A. J. COLLICCHIO, E. CAMPOS, G. A. **A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) no Brasil e no mundo: aspectos agronômicos e tecnológicos - uma revisão.** Novo Hamburgo, Brasil. 2016.

BRESOLIN M. 2010. **O Cultivo do tomate indústria na região da serra do nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: FEPAGRO, Caxias do Sul, RS: Universidade de Caxias do sul. 102p.

CAIERÃO, E. PIRES, J. L. F. **Introdução.** In: **Sistemas de produção: cultivo de trigo.** 4.ed. 2009. Disponível em: . Acesso em: 18 mar 2019.

CHANG, S. WASSER, S. P. **Current and Future Research Trends in Agricultural and Biomedical Applications of Medicinal Mushrooms and Mushroom Products.** Hong Kong: China, 2018.

COLAVOLPE, M. B., MEJÍA, S. J., & ALBERTÓ, E. **Efficiency of treatments for controlling *Trichoderma* spp during spawning in cultivation of lignicolous mushrooms.** *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(4), 1263-1270. 2014.

CONAB. **Safras – grãos.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017>. Online. Acesso em: 18 mar 2019.

CONSIDINE, P. J. FLYNN, N. PATCHING, J. W. **Produção de etileno por microrganismos do solo.** *Appl. Environ Microbiol.* Vol. 33,1977-1979

CRISTESCU, S. M. DE MARTINIS, D. TE LINTEL, H. S. Parker, D. H. Harren, F. J. **Produção de etileno por *Botrytis cinerea* in vitro e em tomates** *Appl. Environ Microbiol.* vol. 68 5342-5350. 2002.

DA LUZ, J. M. R.; NUNES, M. D.; PAES, S. A.; TORRES, D. P.; SILVA, M. C. S.; KASSUYA, M. C. M. **Lignocellulolytic enzyme production of *Pleurotus ostreatus* growth in agroindustrial wastes.** Brazilian Journal of

DAMASO, M. C. T. TERZI, S. D. C. FARIAS, A. X. OLIVEIRA, A. C. P. D. FRAGA, M. E. COURI, S. **Selection of cellulolytic fungi isolated from diverse substrates.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(4), 513-520. 2012.

DEMIRER, T. RÖCK-OKUYUCU, B. ÖZER, I. **Effect of different types and doses of nitrogen fertilizers on yield and quality characteristics of mushrooms (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing) cultivated on wheat straw compost.** *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 106(1), 71-77. 2005.

DIAS, E. S. **Cultivo de cogumelos no Brasil: desafios e potencial de crescimento.** Lavras, MG, Brasil. 2010.

EIRA, A. F.; Fungos comestíveis. In: ESPÓSITO, E. AZEVEDO, J. L. (Eds.). **Fungos uma introdução a biologia, bioquímica e biotecnologia.** Caxias do sul: Educs, 2004. 510 p. Capítulo 12: cogumelos comestíveis.

EMBRAPA FLORESTAS. In: **Transferência de tecnologia florestal, Eucalipto.** Colombo, PR, Brasil. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/tema>>. Acesso em 17 mar. 2019.

EZQUER, I. LI, J. OVECKA, M. BORAJA-FERNANDES, E. MUNHOS, F. J. MONTERO, M. CERIÔ, J. D. HIDALGO, M. SESMA, M. T. BAHAJI, A. **Microbial Volatile Emissions Promote Accumulation of Exceptionally High Levels of Starch in Leaves in Mono- and Dicotyledonous Plants.** *Plant and Cell Physiology*, Vol. 51. 2010.

FIGUEIRÓ, G. G. **Influência do substrato no cultivo e na composição química do cogumelo *Pleurotus florida*.** 16-17. 2009. Dissertação (Programa de pós graduação em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Ilha Solteira – São Paulo.

FILGUEIRA, F. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV. 421. 2008.

FLOUDAS, D. BINDER, M. RILEY, R. BARRY, K. BLANCHETTE, R. A. HENRISSAT, B. MARTÍNEZ, A.T. OTILLAR, R. SPATAFORA, J.W. YADAV, J.S. AERTS, A. BENOIT, I. BOYD, A. **The Paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from fungal genomes.** 2012

GIRMAY. Z; Gorems W; Birhanu, G; Zewdie, S. **Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates.** AMB Express, 2016.

GOBBI, V., BONATO, S., NICOLETTO, C., & ZANIN, G. **Spent mushroom substrate as organic fertilizer: vegetable organic trials.** In *III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture 1146* (pp. 49-56). 2015.

GOMES, T. G.; **Degradação de ésteres de forbol da torta de pinhão manso por basídiomicetos e seu potencial como substrato para produção de enzimas de interesse industrial.** 2015, 36 p. dissertação (pós-graduação em biotecnologia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi.

GONÇALVES, C. C. M.; PAIVA, P. C. A.; DIAS, E. S.; SIQUEIRA, F. G.; HENRIQUE, F.; **Avaliação do cultivo de *Pleurotussajor-caju* (fries) sing. Sobre o resíduo de algodão da indústria têxtil para a produção de cogumelos e para alimentação animal.** Ciênciaagrotec.,Lavras, v. 34, n. 1, p. 220-225, jan./fev., 2010.

GONZALEZ, A.; CUADROS, F.; RUIZ, C. A.; LOPEZ, R. F.; **Environmental and energetic benefits derived from the anaerobic digestion of agroindustrial wastes.** InternationalJournalof Global Warming: 407-420, 2012.

GRIMM, D., & WÖSTEN, H. A. **Mushroom cultivation in the circular economy.** *Applied microbiology and biotechnology*, 102(18), 7795-7803. 2008.

HULTBERG, M. PRADE, T. BODIN, H. VIDAKOVIC, A. e ASP, H. **Adding benefit to wetlands Valorization of harvested common reed through mushroom production.** *Science of the Total Environment*, 637, 1395-1399. 2018.

IBGE. In: **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Brasil. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em 14 mar. 2019.

JUNIOR, Z. LUIZ, L. LINDE, G. A. e COLAUTO, N. B. **Carbon to nitrogen ratios for *Agaricus brasiliensis* on the axenic method.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32(1), 55-60. 2010.

KANCHISWAMY, C. N. MALNOY, M. MAFFEI, M. E. **Chemical diversity of microbial volatiles and their potential for plant growth and productivity.** Turin, Italy. 2015

KUBICEK, C. P; **Fungi and lignocellulosic Biomass.Chapter 11: Lignocellulose biorefinery.** First Edition, John Wiley e Sons, 2013.

MACHADO, A. R. G. TEIXEIRA, M. F. S. KIRSCH, L. S. CAMPELO, M. C. L. OLIVEIRA, I. M. A. **Valor nutricional e proteases de *Lentinus citrinus* produzidos por fermentação em estado sólido de resíduos lignocelulósicos da região tropical.** 2016.

MAGALHÃES, A. C., MOREIRA, B. R. D. A., & ZIED, D. C. **AXENIC CULTIVATION OF *Pleurotus ostreatus* var. Florida IN SUPPLEMENTED SUGARCANE BAGASSE BRIQUETTES.** *Engenharia Agrícola*, 38(6), 835-843. 2008.

MANICI, L. M. CAPUTO, F. NICOLETTI, F. LETEO, F. CAMPANELLI G. **The impact of legume and cereal cover crops on rhizosphere microbial communities of subsequent vegetable crops for contrasting crop decline - Biological Control**, 2018.

MARINO, R. H. ABREU, L. D. **Cultivo do cogumelo Shiitake em resíduo de coco suplementado com farelo de trigo e/ou arroz.** *Revista brasileira de ciências agrárias*. 2009.

MARTÍNEZ-IBARRA, E. GÓMEZ-MARTÍN, B. M. ARMESTO-LÓPEZ, X. A. **Climatic and Socioeconomic Aspects of Mushrooms: The Case of Spain.** Barcelona: Espanha, 2019.

MEIJ, A. V. D. WORSLEY, S. F. HUTCHINGS, M. I. WEZEL, G. P. V. **Chemical ecology of antibiotic production by actinomycetes**. 2017.

MENDES, J. B. S. **Trichoderma incrementa o crescimento e a fixação simbiótica do nitrogênio em plantas noduladas de feijão-caup**. 17-18. 2017. Dissertação de mestrado em produção vegetal – Universidade Federal do Piauí. Teresina, PI, Brasil

MONTESSI, J. S. DAVID, G. Q. LEITE, D. M. **Desenvolvimento micelial de cogumelo ostra em serragem de teca com farelo de arroz**. Jaboticabal, 2016.

MOURA, J. B. **Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no cerrado**. 27-28. 2015. Tese de doutorado em Agronomia – Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

NAIKA S; JEUDE JVL; GOFFAU M; HILMI M; DAM BV. 2006. **A cultura do tomate**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA. 104p

NATTOH, G. GATEBE, E. MUSIEBA, F. MATHARA, J. **Bioprospecting optimal phenology for bioactive molecules in native golden yellow *Pleurotus citrinopileatus* Singer**. 132-142. 2016.

NITAYAVARDHANA, S.; KHANAL, S. K.; **Biofuel Residues/Wastes: Ban or Boon Critical Reviews**. in Environmental Science and Technology 42: 1-43. 2012.

PAIM, T. P.; HELDER, L.; CONCEPTA, M. M.; ADIBE, L. A.; **Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes**. Ciência veterinária tropical, v. 13, n. 1/2/3 p. 24-37. Recife, Pernambuco, 2010

PANDA, S.K.; MISHRA, S.S.; KAYITESI, E.; RAY, R.C. **Microbial-processing of fruit and vegetable wastes for production of vital enzymes and organic acids: Biotechnology and scopes**. Environmental research, v 146, p. 161-172, 2016.

PANESAR, P.S.; KAUR, R. SINGLA, G.; SANGWAN, R.S. **Bio-processing of agro-industrial wastes for production of food-grade enzymes: progress and prospects.** *Appl Food Biotechnology*, v3, n 4, p 208-227, 2016.

PASINI, R. A. **Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do trigo aos predadores *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) em condições de laboratório e semi-campo.** 16-17. 2017. Tese de Doutorado Apresentado ao programa de pós graduação em Fitossanidade – Universidade Federal de Pelotas – Pelotas, PR. Brasil.

PEDROSO, A. L.; **Produção de *Pleurotus* spp em resíduo da indústria do cigarro e avaliação do substrato exaurido.** 2003, 11 – 26 p. Dissertação (mestrado em biologia) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba – PR.

PEKSEN, A., & UZUN, S. **Effect of chemical compositions of seedling media prepared by spent mushroom compost on seedling growth and development of kale and broccoli.** *Asian Journal of Chemistry*, 20(4), 3002. 2008.

PENUELAS, J., ASENSIO, D., THOLL, D., WENKE, K., ROSENKRANZ, M., PIECHULLA, B., et al. (2014). **Emissões voláteis biogênicas do solo.** *Environ.* 37, 2014.

PHAM, M. T. HUANG, C. M. KIRSCHNER, R., The plant growth-promoting potential of the mesophilic wood-rot mushroom *Pleurotus pulmonarius*. **Journal of Appl Microbiology.** v.127(4), 1157-1171, 2019.

PHILIPPOUSSIS, A. N. **Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates.** In *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation* (pp. 163-196). Springer, Dordrecht. 2009

PIROTA, R. D. P. B.; TONELOTTO, M.; DELABONA, P. D.; TREMACOLDI, C. R.; FARINAS, C. S.; **Characterization of fungi isolated from the Amazon region for the potential of biomass – degrading enzymes production.** *Ciência Rural* 45: 1606-1612. 2015.

RAFATULLAH, M. SULAIMAN, O. HASHIM, R. AHMAD, A. **Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review.** 2010.

RYU, C. M. FARAG, M. A. HU, C. H. SENHORA, R. WEI, H. X. **VOLÁTEIS BACTERIANOS PROMOVEM CRESCIMENTO EM ARABIDOPSIS.** *EUA*. 2003 VOL. 100. 4927-4932.

SAAD, A. L. M. VIANA, S. R. F. SIQUEIRA, O. A. P. A. CAMPOS, C. S. ANDRADE, M. C. N. **Aproveitamento de resíduos agrícolas no cultivo do cogumelo medicinal *Ganoderma lucidum* utilizando a tecnologia chinesa “JunCao”.** Guarapuava, PR, Brasil. 2017.

SÁNCHEZ C. **Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms.** *Applied microbiology and biotechnology*. 2010;85: 1321-37.

SANTOS, A. M. **Análise do potencial do biodiesel de dendê para a geração elétrica 77 A cultura da palma de óleo.** *Revista Liberato, Novo Hamburgo*, v. 17, n. 27, p. 01-118, jan./jun. 2016. em sistemas isolados da Amazônia. 2008. 224 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SATTIRAJU, K. S. ARORA, A. KOTIYAL, S. MAHESHWARI, M. **Plant Growth-Promoting Microbes: Contribution to Stress Management in Plant Hosts.** 2019.

SEBRAE - **Cogumelo in natura: oportunidades para pequenas produções.** Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/cogumelo-in-natura-oportunidades-para-pequenas-producoes/>> Acesso em: 31, Mar. 2018.

SHEIL, D. et al. **The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: what do we know and what do we need to know.** Bogor: CIFOR, 2009. p.80

SINGH, U. B. et al., Earthworm Grazed-*Trichoderma harzianum* Biofortified Spent Mushroom Substrates Modulate Accumulation of Natural Antioxidants and Bio-Fortification of Mineral Nutrients in Tomato. **Front Plant Sci.** 2018; 9: 1017.

SIQUEIRA, F. G. **Aplicações biotecnológicas para biomassas do pós-cultivo de cogumelos comestíveis**. Brasília – DF. 2015.

SIQUEIRA, F. G.; FERREIRA, F. E. X.; **Plant cell wall as a substrate for the production of enzymes with industrial applications**. Mini-Reviews in Organic Chemistry.7: 54-60. 2010.

SIQUEIRA, F. G.; MACIEL, W. P.; MARTOS, E. T.; Duarte, G. C.; MILLER, R. N. G.; SILVA, R.; DIAS, E. S.. **Cultivation of *Pleurotus* mushrooms in substrates obtained by short composting and steam pasteurization**. *African Journal of Biotechnology*, v. 11, p. 11630-11635, 2012.

STEWART, D. P. C. CAMERON, K. C. CORNFORTH, I. S. e SEDCOLE, J. R. **Effects of spent mushroom substrate on soil physical conditions and plant growth in an intensive horticultural system**. *Soil Research*, 36(6), 899-912. 1998.

SUNDBERG, C., Yu, D., Franke-Whittle, I., Kauppi, S., Smars, S., Insam, H., et ai. (2013). **Efeitos do pH e composição microbiana no odor em compostagem de resíduos alimentares**. *Gerenciamento de Resíduos*. 2013.

UNAL, M. **The utilization of spent mushroom compost applied at different rates in tomato (*lycopersicon esculentum* mill.) seedling production**. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(9), 692-698. 2015.

UNITED STATES. **Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Oilseeds: world market and trade**. 2014. Acesso em: 20 Mar. 2014.

VAN KUIJK, S. J. A. SONNENBERG, A. S. M. BAARS, J. J. P. HENDRIKS W. H. CONE, J. W. **Fungal treated lignocellulosic biomass as ruminant feed ingredient: a review**. 2015

VILELA, P. S. Cogumelos - mercado e comercialização. Disponível em: <www.faemg.org.br/content.aspx?code=353&parentpath=none;13>. Acesso em: 16 Abr. 2015.

VIRMOND, E. ROCHA J. D.; MOREIRA, R. F. P. M.; JOSE, H. J.; **Valorization of Agroindustrial Solid Residues and Residues from Biofuel Production Chains by Thermochemical Conversion: A Review, Citing Brazil as a Case Study**. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 30: 197-229. 2013.

WANG, S. H. L., LOHR, V. I., & COFFEY, D. L. **Growth response of selected vegetable crops to spent mushroom compost application in a controlled environment.** *Plant and Soil*, 82(1), 31-40. 1984.

WANZENBÖCK, E. APPRICH, S. TIRPANALAN, O. ZITZ, U. KRACHER, D. SCHEDLE, K. WOLFGANG, K. **Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed.** 2017.

YAMAUCHI, M., SAKAMOTO, M., YAMADA, M., HARA, H., TAIB, S. M., REZANIA, S. HANAFI, F. H. M. **Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostrreatus*) on fermented moso bamboo sawdust.** *Journal of King Saud University-Science*. 2018.

YOUNG, L. S., CHU, J. N., HAMEED, A., e YOUNG, C. C. **Cultivable mushroom growth-promoting bacteria and their impact on *Agaricus blazei* productivity.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(6), 636-644. 2013.

ZHANG, R. H. ZENG-QIANG, D. U. A. N. e ZHI-GUO, L. I. **Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings.** *Pedosphere*, 22(3), 333-342. 2012.