

Aproveitamento de resíduos agrícolas no cultivo do cogumelo medicinal *Ganoderma lucidum* utilizando a tecnologia chinesa “Jun-Cao”

Use of agricultural residues in the cultivation of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* using the “Jun-Cao” Chinese technology

André Luiz Merthan Saad¹

Sthefany Rodrigues Fernandes Viana²

Otávio Augusto Pessotto Alves Siqueira³

Ceci Sales-Campos⁴

Meire Cristina Nogueira de Andrade⁵ (*)

Resumo

Para o preparo de substratos de cultivo de cogumelos comestíveis, tem-se pesquisado processos biotecnológicos que utilizem resíduos lignocelulósicos que são descartados em grandes quantidades no meio ambiente. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o aproveitamento de resíduos agrícolas para o cultivo do cogumelo medicinal *Ganoderma lucidum* e, também, quantificar as massas dos basidiomas frescos e secos, o número de basidiomas produzidos por cada tratamento durante o ciclo de cultivo, a perda de matéria orgânica, eficiência biológica e a relação C/N. Foi utilizada a linhagem GLM-10/02 de *G. lucidum* para oito tratamentos, cada qual com 10 repetições, totalizando 80 pacotes de 700g de substrato. Os tratamentos foram delineados como: 1- palha de cana de açúcar, 2- palha de milho, 3- casca de arroz, 4- capim *coast-cross*, 5- serragem de eucalipto, 6- serragem de eucalipto suplementada com palha de cana de açúcar, 7- serragem de eucalipto suplementada com casca de arroz e 8- serragem de eucalipto suplementada com capim *coast-cross*. Todos os tratamentos receberam 18% de farelo de trigo e 2% de calcário calcítico e tiveram a umidade ajustada para 60%.

- 1 Mestrando; Energia na Agricultura; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil; Membro do grupo de pesquisa LABB (Laboratório Agroflorestral de Biomassa e Bioenergia); Endereço: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Rua Doutor José Barbosa de Barros - de 482/483 ao fim Jardim Paraíso - 18610307 - Botucatu, SP - Brasil E-mail: m.merthan@uol.com.br
- 2 Doutoranda; Agronomia; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP; Pesquisadora do controle de qualidade na produção de spawn, dosagem de substâncias bioativas e pesquisa em cultivo de cogumelos bioluminescentes; Endereço: R. Querino de Andrade, 215 - Centro, São Paulo - São Paulo - Brasil; E-mail: sthefany.viana@yahoo.com.br
- 3 Graduando; Engenharia Agrônômica; Universidade do Sagrado Coração, USC, Brasil; Estudante de iniciação científica do Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo; Endereço: R. Irmã Arminda, 10-50 - Jardim Brasil, Bauru - SP, 17011-160; E-mail otaviosiqueirabauru@gmail.com
- 4 Dra.; Biotecnologia; Universidade Federal do Amazonas, UFAM, Brasil; Professora do curso de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade do Amazonas e do curso de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte; Endereço: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Tecnologia e Inovação. Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis - 69011970 - Manaus, AM - Brasil E-mail: ceci@inpa.gov.br
- 5 Dra.; Agronomia; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil; Docente da Universidade do Sagrado Coração (USC); Endereço: Universidade do Sagrado Coração, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas. Rua Irmã Arminda, 10-50 - Jardim Brasil, 17011160 - Bauru, SP - Brasil E-mail: mcnandrade@hotmail.com (*) Autora para correspondência.

Recebido para publicação em 05/11/2016 e aceito em 05/06/2017

Os dados obtidos pela eficiência biológica, a massa dos basidiomas frescos e secos e a relação C/N demonstram que todos os tratamentos foram satisfatórios, com exceção da casca de arroz, apresentando um grande potencial de conversão de biomassa fúngica.

Palavras-chave: fungos; palhas; produtividade.

Abstract

For the preparation of substrates for the cultivation of edible mushrooms, biotechnological processes that use lignocellulosic residues discarded in large amounts in the environment have been searched. Thus, the objective of the present work was to evaluate the use of agricultural residues in the cultivation of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* and also quantify the masses of fresh and dry basidiomata, loss of organic matter, biological efficiency and C/N ratio. The strain GLM-10/02 of *G. lucidum* was used for eight treatments, with 10 repetitions each, totalizing 80 packs of 700g of substrate. The treatments were outlined as: 1- sugar cane straw, 2- corn straw, 3- rice husk, 4- coast-cross grass, 5- eucalyptus sawdust, 6- eucalyptus sawdust supplemented with sugar cane straw, 7- eucalyptus sawdust supplemented with rice husk, 8-eucalyptus sawdust supplemented with coast-cross grass. All treatments were added with 18% of wheat bran and 2% of limestone, with moisture adjusted to 60%. The data obtained from biological efficiency, mass of fresh and dry basidiomata and C/N ratio show that all treatments were satisfactory, showing great potential for conversion into fungal biomass.

Key words: mushrooms; productivity; fungi; straw.

Introdução

A conversão de resíduos agrícolas em cogumelos resulta na formação de um produto de elevado valor comercial. Os cogumelos são fungos basidiomicetos que possuem suporte enzimático capaz de oxidar as moléculas de lignina e celulose presentes em resíduos vegetais, transformando esses elementos em compostos menores que podem ser transportados pela parede celular. Por esse processo, os basidiomicetos geram energia para sua sobrevivência e liberam CO₂ na atmosfera (ARANTES; ADRIANA; MILAGRES, 2009). Urban (2006) acrescenta que, além de resíduos vegetais como fonte de carbono, é recomendada a suplementação com outros materiais que contenham nutrientes, nitrogênio, fósforo e sais minerais suficientes para a otimização da produção desses fungos.

O cogumelo *G. lucidum*, além de poder ser utilizado como alimento funcional pelas suas propriedades nutricionais e teor de proteínas (SIMIONI et al., 2008), possui também propriedades medicinais, sendo cada vez mais utilizado no tratamento de doenças como hipertensão, câncer, insônia, doenças do sistema imunológico, entre outras (SOTO-VELAZCO et al., 2002). A primeira documentação relatada sobre o *G. lucidum* foi datada há mais de 2000 anos, quando os chineses já cultivavam esse cogumelo medicinal (ZHI-BIN LIN, 2009).

A seleção adequada do substrato é de fundamental importância para o sucesso na obtenção do produto final desejado. Os resíduos de origem agroindustrial, tais como polpa de café, farelo de cereais, bagaço de cana, cascas de frutas processadas, cascas de batata, farinha de cereais, cascas

de mandioca, entre outros, são substratos bastante difundidos nesses processos (WAGNER et al., 2003; FAN et al., 2006; TISDALE et al., 2006; ERKEL, 2009; LÓPEZ et al., 2011, SALES-CAMPOS et al., 2012; GURUNG et al., 2012; NYOCHEMBENG et al., 2008).

O material com potencial para venda na produção agrícola corresponde a 5%, sendo que o restante contém grande potencial para biotransformação e bioconversão em matéria orgânica, aplicação no solo, utilização como alimentos para animais ou ainda o uso na produção de biomassa proteica de fungos e bactérias (ZHANXI e ZHANHUA, 1997).

A China é um país muito antigo e as dificuldades enfrentadas com superpopulação e industrialização a levaram a adquirir, ao longo dos anos, uma rica experiência na obtenção de uma agricultura sustentável. 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 do Shiitake e do cogumelo Orelha-de-judeu, a situação se tornou muito crítica. Para sanar esse problema, iniciou-se o desenvolvimento de pesquisas para se substituir a serragem das árvores no cultivo, com a procura de substratos acessíveis, abundantes e ecológicos, como os bagaços, palha de arroz, carapaça da semente de algodão, caule de trigo, entre outros (ZHANXI e ZHANHUA, 1997).

Inicialmente, a preocupação maior era a substituição da madeira. Contudo, em 1983, os pesquisadores Lin Zhanxi e Lin Zhanhua desenvolveram a técnica “Jun-Cao”, que substituiu totalmente a serragem, assim como parte dos farelos, além das pesquisas com seleção de gramíneas e linhagens aptas a esse novo procedimento (ZHANXI e ZHANHUA, 1997).

A técnica “Jun-Cao” visa à produção de cogumelos comestíveis e medicinais com matérias-primas de fácil aquisição, como é o caso das gramíneas, e com a substituição de parte dos farelos, tendo um custo muito baixo (URBEN, 2006). Trata-se de uma tecnologia inovadora que causa menores impactos ambientais negativos quando comparados aos outros métodos de produção, podendo ser explorada por pequenos e médios produtores e empreendedores, com grande possibilidade de participação do mercado interno e externo. Além disso, os cogumelos produzidos são alimentos de alto valor nutritivo e cujas propriedades funcionais e medicinais estão sendo reconhecidas, no mundo inteiro, por meio de estudos científicos (ZHANXI; ZHANHUA, 1997).

As maiores vantagens da técnica “Jun-Cao” dão-se pelo motivo de que os recursos agrícolas naturais (gramíneas) são abundantes e poucos explorados, além de que são produzidos, na maioria, em condições naturais (luz, temperatura e umidade). Na província de Fujian, China, a energia solar convertida em “Jun-Cao” é 4-6 vezes maior do que a convertida em biomassa pelas árvores, pois a taxa de conversão biológica para o cultivo de cogumelos com “Jun-Cao” é 10%-20% maior do que na serragem. Ao mesmo tempo, os custos são reduzidos em até 20% (ZHANXI; ZHANHUA, 1997).

Pesquisas estão sendo realizadas visando à utilização dessas matérias-primas, transformando-as em produtos de qualidade (ALQUATI, et al., 2016; CARVALHO et al., 2015). O carbono, assim como o nitrogênio, são vitais para o crescimento de microrganismos em geral. A relação C/N é um fator fundamental a ser estudado, com o objetivo de fornecer ao microrganismo condições ótimas de crescimento (RAJARATHNAM; BANO, 1989).

A produção de cogumelos *in natura* é considerada um processo lento, levando meses para produzir os corpos de frutificação. Com condições artificiais, a produção pode ser acelerada, favorecendo as pesquisas. Um aspecto muito importante na produção de cogumelos *in natura* se dá pelo fato de se tratar de um processo ecologicamente correto, pois seus substratos são

provenientes de resíduos agroindustriais; portanto, não há emissão de lixo no final do processo (ZHANXI; ZHANHUA, 1997).

As vantagens mencionadas fazem com que o cultivo de cogumelos *in natura* atraia cada vez mais o interesse de investidores e produtores rurais como uma alternativa a mais para a renda familiar, além de uma possibilidade ecologicamente correta no aproveitamento de resíduos. Portanto, o objetivo deste estudo foi testar a viabilidade do aproveitamento de resíduos agrícolas utilizando a técnica chinesa “Jun-Cao” para o cultivo do cogumelo medicinal *G. lucidum*, através da quantificação da massa de basidiomas frescos e secos, número de basidiomas, eficiência biológica, perda de matéria orgânica e caracterização físico-química do substrato.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida no Módulo de Cogumelos da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), na cidade de Botucatu, interior do Estado de São Paulo.

Foi utilizada como inóculo a linhagem GLM-10/02 de *G. lucidum*, obtida da micoteca do Módulo de Cogumelos, FCA/UNESP, onde foram cultivadas e controladas a uma temperatura de 25°C.

Para o preparo dos substratos foram utilizados os seguintes materiais: palha de cana de açúcar, palha de milho, casca de arroz, capim *Coast-Cross* e serragem de eucalipto, coletados na Fazenda Experimental da UNESP, Botucatu, SP, e de propriedades rurais da região. Todos os tratamentos foram classificados, numerados e descritos (Tabela 1).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 8 tratamentos (Tabela 1), cada qual com 10 repetições, em pacotes de 700g de substrato, totalizando 80 unidades experimentais.

Os materiais foram triturados separadamente duas vezes em triturador forrageiro convencional. Em seguida, o material triturado foi pesado e se adicionou 18% de farelo de trigo e 2% de calcário em suas formulações (em peso seco). Depois de misturados os materiais secos de cada formulação por tratamento, adicionou-se 60% de água e a mistura foi homogeneizada utilizando-se uma betoneira de uso civil.

Tabela 1 - Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos*	
1-	Palha de Cana (PC)
2-	Palha de Milho (PM)
3-	Casca de Arroz (CA)
4-	Capim <i>Coast-Cross</i> (CC)
5-	Serragem de Eucalipto (SE)
6-	Serragem de eucalipto + Palha de cana (SE+PC)
7-	Serragem de eucalipto + Casca de arroz (SE+CA)
8-	Serragem de eucalipto + Capim <i>Coast-Cross</i> (SE+CC)

*A todos os tratamentos se adicionou 18% de farelo de trigo e 2% de calcário calcítico. A umidade dos substratos foi ajustada para 60%.

Após serem misturados e umidificados, os substratos foram colocados em pacotes especiais PEAD (Polietileno de Alta Densidade), próprios para suportar o processo de esterilização. A

seguir, foram prensados e tampados com algodão na parte superior do pacote para permitir a troca gasosa e evitar a contaminação pelo ar por outros microrganismos.

Todos os pacotes foram identificados de acordo com os seus respectivos tratamentos. Em seguida, os pacotes foram submetidos ao processo de esterilização a 121 °C durante 4 horas, para a eliminação de outros organismos oportunistas (contaminantes).

A inoculação dos pacotes da linhagem GLM-10/02 de *G. lucidum* foi feita quando os substratos atingiram temperatura ambiente, dentro de uma câmara de fluxo laminar e com condições assépticas adequadas. Foi utilizado cerca de 1% de inóculo (em relação à massa fresca do substrato) por saco de substrato, cuja inoculação ocorreu com uma colher de alça longa previamente esterilizada. Após a inoculação, os pacotes foram transferidos para uma sala climatizada e mantidos a uma temperatura de 25 °C durante três semanas, correspondendo ao período de colonização do substrato pelo *G. lucidum*.

Amostras do substrato recém-esterilizado de cada tratamento foram retiradas e encaminhadas ao Laboratório de Análise Química de Fertilizantes e Corretivos, pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo – FCA/ UNESP, Botucatu, SP, para a caracterização química (nitrogênio, matéria orgânica, carbono, C/N, umidade e pH), de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2013). Ao final do ciclo produtivo, também foram retiradas amostras desses mesmos substratos, de acordo com cada tratamento, para serem feitas as mesmas análises já citadas anteriormente e comparadas entre si.

O período de colonização micelial dos tratamentos dentro da sala climatizada ocorreu de forma segura e sem contaminação. Ao final desse período, a maioria dos tratamentos já havia sido totalmente colonizada pelo *G. lucidum*.

Depois da colonização micelial, os pacotes foram transferidos para uma estufa rústica pequena, feita de arcos de bambu, coberta com plástico transparente com 150 micras de espessura. Essa estufa foi instalada em uma mata de eucalipto próximo às dependências do Módulo de Cogumelos - FCA/UNESP, Botucatu, SP.

Os pacotes foram distribuídos aleatoriamente na estufa. Nessa fase, também foi retirado o algodão de proteção de cada pacote, permitindo assim a formação dos basidiomas.

A temperatura média registrada nesse período, na estufa, para produção de cogumelos foi de 25±5°C e a umidade foi de 60-85%. Para garantir uma estabilidade de temperatura dentro da estufa rústica foi necessária a instalação de um sombrite 70%. Depois de 15 dias na estufa, os cogumelos começaram a se desenvolver, ou seja, passaram a formar os seus primórdios.

Após 30 dias, na estufa foi realizada a primeira colheita, sendo esta feita de maneira simples, com uma leve torção e arrancando-se os cogumelos dos pacotes, quando seu píleo estava com abertura média de 70%. Nessa etapa, foi quantificado o número de basidiomas apresentados por tratamento, como também foi feita a pesagem das massas dos basidiomas frescos.

Todos os basidiomas colhidos e separados por tratamento foram desidratados em uma estufa de ventilação forçada com temperatura ajustada para 40°C, até atingirem peso constante.

A produtividade é expressa através da eficiência biológica (EB) (TISDALE et al., 2006) e está descrita de acordo com a equação a seguir:

$$EB (\%) = \frac{\text{Massa fresca total de cogumelos(g)}}{\text{Massa seca do substrato inicial (g)}} \times 100$$

Perda da matéria orgânica

A perda de matéria orgânica (PMO) de cada substrato também foi analisada. Essa perda representa e avalia a decomposição do substrato pela ação do fungo durante o processo de cultivo (STURION, 1994). Esse índice é expresso pela diferença entre a massa seca do substrato inicial e a massa seca do substrato residual (pós-colheita).

Assim, a PMO foi determinada através da fórmula:

$$PMO (\%) = \frac{\text{Massa seca substrato inicial (g)} - \text{Massa seca substrato residual (g)}}{\text{Massa seca do substrato inicial (g)}} \times 100$$

Todos os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). Para tanto, foi utilizado o programa SISVAR 4.2, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, MG (UFLA).

Resultados e discussão

Os resultados obtidos para eficiência biológica, massa de basidiomas frescos e massa de basidiomas secos não diferiram significativamente entre si (Tabela 2), o que evidencia que o uso de gramíneas tem um grande potencial produtivo para o cultivo de *G. lucidum*. Esses resultados citados anteriormente não se correlacionam com os valores nutricionais obtidos na análise química do substrato (Tabela 3), sendo que a relação C/N do composto inicial variou de 75/1 a 40/1 entre os compostos à base de serragem de eucalipto + palha de cana e palha de milho, respectivamente.

Tabela 2 - Perda de matéria orgânica, massa de basidiomas frescos, massa de basidiomas secos, eficiência biológica e número de basidiomas dos tratamentos.

Tratamento	PMO (%)	MBF (g)	MBS (g)	EB (%)	NB (g)
SE+CC	36,01b	161,4a	38,03a	54,88a	8,33a
SE+PC	52,79a	145,88a	32,85a	47,37a	6,33ab
PM	23,1c	132,18a	31,52a	47,2a	5,67ab
PC	35,3b	118,2a	28,02a	41,2a	7,33ab
CC	11,64d	112,13a	26,26a	37,27a	8,5a

SE	38,14b	94,95a	26,6a	28,87a	3,67b
SE+CA	12,5d	96,3a	22,28a	28,67a	5,5ab
CV (%)	19,30	41,34	42,57	40,96	36,70

Nota: PMO: Perda de Matéria Orgânica; MBF Massa de Basidiomas Frescos; MBS: Massa de Basidiomas Secos; EB: Eficiência Biológica; NB: Número de Basidiomas; SE+CC: Serragem de eucalipto + Capim Coast-Cross; SE+ PC: Serragem de eucalipto + Palha de cana; PM: Palha de milho; PC: Palha de cana; CC: Capim Coast-Cross; SE: Serragem de eucalipto; SE+CA: Serragem de eucalipto + casca de arroz. Médias seguidas de letras iguais em cada coluna não diferem estatisticamente entre si (Tukey, 5%). Todos os tratamentos foram adicionados 18% de farelo de trigo e 2% de calcário calcítico na sua composição. A umidade foi ajustada para 60%.

Tabela 3 - Composição centesimal, C/N e pH dos substratos iniciais e finais utilizados durante o ciclo de cultivo de *Ganoderma lucidum*

Tratamentos	C (%)	N (%)	C/N	pH
Composto Inicial				
Palha de Cana de açúcar	20	0,4	51/1	5,75
Palha de Milho	20	0,5	40/1	6,45
Casca de Arroz	25	0,55	61/1	5,45
Capim <i>Coast-Cross</i>	22,5	0,55	41/1	5,4
Serragem de eucalipto	25	0,4	63/1	5,3
Serragem de eucalipto + Palha de Cana	22,5	0,3	75/1	5,45
Serragem de eucalipto +X Casca de arroz	23,5	0,35	69/1	5,25
Serragem de eucalipto + Capim <i>Coast-Cross</i>	21,5	0,4	58/1	5,3
Composto Final				
Palha de Cana de açúcar	11	0,45	25/1	4,65
Palha de Milho	14,5	0,6	24/1	4,6
Casca de Arroz	23,5	0,4	59/1	6,9
Capim <i>Coast-Cross</i>	15,5	0,6	27/1	4,7
Serragem de eucalipto	15,5	0,3	52/1	4,4
Serragem de eucalipto + Palha de Cana	11,5	0,2	58/1	4,45
Serragem de eucalipto + Casca de arroz	16,5	0,35	49/1	4,35
Serragem de eucalipto + Capim <i>Coast-Cross</i>	12,5	0,25	53/1	4,55

Nota: C= Carbono; N= Nitrogênio; C/N= relação entre carbono e nitrogênio.

Carvalho et al. (2015) avaliaram a eficiência biológica do cultivo de *G. lucidum* em cinco diferentes substratos à base de palha de capim tifton, palha de braquiária, palha de feijão, palha de aveia e serragem de eucalipto e constataram que os substratos à base de serragem de eucalipto sem suplementação e palha de braquiária suplementado com 20% de farelo de trigo apresentaram os menores valores para eficiência biológica e atribuíram esses valores à relação C/N dos substratos, de 121/1 e 35/1 para serragem de eucalipto e palha de braquiária, respectivamente.

De acordo com Hsieh e Yang (2004), a relação C/N ótima para o desenvolvimento de *G. lucidum* varia de 70/1 a 80/1. Sendo assim, pode-se afirmar que, com exceção do tratamento à base de serragem de eucalipto + palha de cana, todos os tratamentos têm uma relação C/N abaixo do valor recomendado pela literatura.

Os valores referentes à perda de matéria orgânica (Tabela 2) revelam que houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que o tratamento superior (serragem de eucalipto + palha de cana) obteve um valor de 52,79%. Logo abaixo estão os tratamentos à base palha de cana, serragem de eucalipto e serragem de eucalipto + capim *coast-cross*, que demonstraram valores de 35,3%, 38,14% e 36,01%, respectivamente. A palha de milho apresentou um valor de PMO inferior ao citado anteriormente (23,1%) e os tratamentos que mostraram o menor desempenho

foram à base de serragem de eucalipto + casca de arroz e capim *coast-cross*, com valores de PMO de 12,5% e 11,64%, respectivamente.

Diferentemente da eficiência biológica, a perda de matéria orgânica pode ser correlacionada com a relação C/N (Tabela 3), já que o tratamento com PMO superior (serragem de eucalipto + palha de cana) demonstrou uma relação C/N também superior e dentro dos padrões de produtividade encontrados na literatura. Os tratamentos com relações C/N mais baixas obtiveram perda de matéria orgânica mais baixa. Siqueira et al (2016) avaliaram a perda de matéria orgânica do cogumelo *Pleurotus ostreatus*, cultivado com o reaproveitamento de substrato exaurido em diferentes proporções (26%, 45% e 64%) de composto exaurido compararam com uma testemunha sem a adição de composto exaurido e puderam constatar que a perda de matéria orgânica decrescia em função do aumento de composto exaurido, justamente devido à diminuição da relação C/N dos compostos, que foram de 46/1, 37/1 e 29/1, respectivamente, e perda de matéria orgânica de 66,03%, 41,62% e 7,23%, respectivamente.

Não houve uma correlação direta entre as variáveis perda de matéria orgânica e eficiência biológica analisadas nesse experimento. Siqueira et al (2016) obtiveram valores referentes à perda de matéria orgânica diretamente proporcionais aos resultados de eficiência biológica, estabelecendo uma correlação entre as duas variáveis. Sales Campos et al. (2010), ao avaliarem eficiência biológica e perda de matéria orgânica em resíduos da Amazônia, obtiveram, no mesmo tratamento, a menor perda de matéria orgânica e a maior eficiência biológica. Segundo Zadrazil e Kurtzman (1982), as duas variáveis nem sempre podem estar correlacionadas entre si, pois a perda de matéria orgânica consiste na decomposição da massa do substrato e a eficiência biológica, na conversão da massa de substrato em massa de cogumelos, e não considera a matéria orgânica perdida pela liberação de CO₂ através da respiração do fungo.

O tratamento à base de casca de arroz não foi contabilizado na análise estatística, pois foi contaminado e todos os pacotes foram descartados para evitar a contaminação dos demais tratamentos. Em função disso, houve 0% de produtividade para o tratamento à base de casca de arroz. A mesma discussão aplicada à eficiência biológica pode ser aplicada à massa de basídomas frescos e massa de basídomas secos, pois apresentam resultados semelhantes.

Os resultados da análise química do substrato podem ser visualizados na Tabela 3. Observa-se uma redução do pH entre a fase inicial e final do experimento. Segundo Chang e Miles (1989), esse decaimento do pH ocorre devido à formação de ácidos graxos ou outros metabólitos ácidos, em função do desenvolvimento do fungo.

Foi constatada a diminuição do teor de carbono e da relação C/N dos tratamentos entre o período inicial e final do experimento. A redução da relação C/N foi de 51% para o substrato à base de palha de cana, 40% para a palha de milho, 34% para o capim *coast-cross*, 17,5% para serragem de eucalipto, 22% para serragem de eucalipto + palha de cana e 29% para serragem de eucalipto + casca de arroz. Essa redução se dá devido ao consumo de componentes como celulose, lignina e hemicelulose presentes nas matérias primas por conta da metabolização desses componentes pelo fungo (ZADRAZIL, 1978; STURION, 1994). Não há uma correlação lógica entre as porcentagens de redução da relação C/N e os dados obtidos para eficiência biológica, massa de basídomas frescos, massa de basídomas secos e número de basídomas. Figueiró e Gracioli (2011), estudando a influência da composição química do substrato no cultivo de *Pleurotus florida*, concluíram que não foi possível isolar apenas um único fator químico responsável pelos resultados obtidos na produtividade.

Conclusões

Através dos dados obtidos pela eficiência biológica, massa dos basidiomas frescos e secos e relação C/N, conclui-se que todos os tratamentos foram satisfatórios, apresentando um grande potencial de conversão de biomassa fúngica.

Apesar de apresentarem diferenças de produção em relação ao número de basidiomas, a soma das massas dos basidiomas frescos foi semelhante entre os tratamentos, pois os tratamentos com menor número de basidiomas produzidos geraram cogumelos maiores e mais pesados, mantendo a eficiência biológica.

Em relação à perda de matéria orgânica, o tratamento de eucalipto adicionado de palha de cana-de-açúcar foi o que mais sofreu ação da decomposição do fungo durante o processo de produção.

Referências

ALQUATI, G. P.; SIQUEIRA, O. A. P. A.; SAAD, A. L. M.; VIANA, S. R. F.; ANDRADE, M. C. N. Residues from urban vegetable pruning in the production of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 412-418, 2016.

ARANTES, V.; ADRIANE, M.; MILAGRES, F. Relevância de compostos de baixa massa molar produzidos por fungos envolvidos na biodegradação da madeira. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 63-71, set. 2009.

CARVALHO, C. S. M.; SALES-CAMPOS, C.; CARVALHO, L. P.; MINHONI, M. T. A.; SAAD, A. L. M.; ALQUATI, G. P.; ANDRADE, M. C. N. Cultivation and bromatological analysis of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst cultivated in agricultural waste. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 5, p. 3664-3670, 2015.

CHANG, S. T.; MILES, P. G. **Edible Mushrooms and their Cultivation**. CRC Press. Boca Raton, FL; EEUU. 1989.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.

ERKEL, E. The effect of different substrate mediums on yield of *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. **Journal of Food, Agriculture & Environment**. v. 7 n. 3, p. 841-844, 2009.

FAN, L.; SOCCOL, A. T.; PANDEY, A.; VANDENBERGHE, L. P. S., Effect of and tannins on cultivation and fructification of *Pleurotus* on coffee husks. **Braz. J. Microbiol.** v. 37, n. 4, p. 420-424, 2006.

FIGUEIRÓ, G. G.; GRACIOLLI, L. A. Influência da composição química do substrato

- no cultivo de *Pleurotus florida*. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n. 5, p. 924-930, 2011.
- GURUNG, O.K.; BUDATHOKI, U.; PARAJULI, G. Effect of different substrates on the production of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) Karst. **Our Nature**, v.5, n.10, p. 191-198, 2012.
- HSIEH, C.; YANG, F. Reusing soy residue for the solid-state fermentation of *Ganoderma lucidum*. **Bioresource Technology**, v. 1, n. 91, p. 105–109, 2004.
- LÓPEZ, A. M. T.; DÍAZ, J. C. Q.; GARCÉS, L. A. Efecto de nutrientes sobre la producción de biomasa del hongo medicinal *Ganoderma lucidum*. **Rev. colomb. biotecnol.** v. 13, n. 1, p. 103-109, 2011.
- NYOCHEMBENG, L. M.; BEYL, C. A.; PACUMBABA, R. P. Optimizing edible fungal growth and biodegradation of inedible crop residues using various cropping methods. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, p. 5645–5649, 2008.
- RAJARATHNAM, S.; BANO, Z. *Pleurotus* Mushrooms; part 3: Biotransformation of natural lignocellulosic waste: commercial applications and implications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 28, n 1, p. 31-113, 1989.
- SALES-CAMPOS, C. et al. Produtividade de *Pleurotus ostreatus* em resíduos da Amazônia. **Interciencia**, v. 35, n. 3. p. 198-201. 2010.
- SALES-CAMPOS, C.; VIEIRA, F. R.; JESUS, J. P. F.; DELBEM, N. L. C.; MINHONI, M. T. A.; ANDRADE, M. C. N. **Eucalyptus sawdust as base substrate for the cultivation of edible mushroom *Ganoderma lucidum***. In: 5TH International Conference on Environmentally-Compatible Products, 2012.
- SIMIONI, D.; JOSEFINO, L.; RODRIGUES, M. Caracterização de corpos de frutificação e substrato miceliado do cogumelo *Ganoderma lucidum*. **Synergismus scyentifica**, v. 3, n. 4, p.1-3, 2008.
- SIQUEIRA, O. A. P. A. et al. New substrates for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* using exhausted compost. **African Journal of Agricultural**. v. 11 n. 26, p. 2295-2301, 2016.
- STURION, G. L. **Utilização da folha de bananeira como substrato para o cultivo de cogumelos comestíveis (*Pleurotus spp.*)**. 1994. 147p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1994.
- SOTO-VELAZCO, C.; LÓPEZ, C.; VÁZQUEZ –VALLS, E.; ALVAREZ, I. Cultivation of *Ganoderma lucidum* and its effect on the production of lymphocytes.

Mushroom Biology and Mushroom Products. Cuernavaca, [s. v.], p. 379-382, 2002.

TISDALE, T. E.; MIYASAKA, S. C.; HEMMES, D. E. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on wood substrates in Hawaii. **World J. Microbiol. Biotechnol.** v. 22, n. 201, p. 201-206, 2006.

URBEN, A. F. **Cogumelos cultivados no Brasil pela técnica “Juncao”.** In: III Simpósio Internacional De Cogumelos No Brasil e II Simpósio Nacional Sobre Cogumelos Comestíveis, São Paulo, Brasília: EMBRAPA, 2006.

WAGNER, R.; MITCHELL, D. A.; SASSAKI, G. L.; AMAZONAS, M. A. L. A.; BEROVIC, M. Current Techniques for the Cultivation of *Ganoderma lucidum* for the Production of Biomass, Ganoderic Acid and Polysaccharides. **Food Technol. Biotechnol.** v. 41, n. 3, p. 371-382, 2003.

ZADRAZIL, F. **Cultivation of *Pleurotus*.** (1978) In: Chang, S.T. Hayes W.A (Eds). The biology and cultivation of edible mushrooms. Academic Press, New York. p. 521-557.

ZADRAZIL, F.; KURTZMAN, R.H. **The Biology of *Pleurotus* Cultivation in the Tropics.** In: CHANG, S. T.; QUIMIO, T. H. (Eds). Tropical mushrooms: Biological nature and cultivation methods. The Chinese University Press. Hong Kong, 1982.

ZHI-BIN, L. **Lingzhi: from mystery to Science.** Peking University Medical press. Beijing: 2009.