



**CARLOS GODINHO DE ABREU**

**UTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO PÓS-CULTIVO (SMS) DE  
*Agaricus subrufescens* e *Pleurotus ostreatus* NA PRODUÇÃO DE  
ALFACE E RÚCULA**

**LAVRAS – MG**

**2019**

**CARLOS GODINHO DE ABREU**

**UTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO PÓS-CULTIVO (SMS) DE *Agaricus subrufescens* e  
*Pleurotus ostreatus* NA PRODUÇÃO DE ALFACE E RÚCULA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, área de concentração Microbiologia Agrícola, para obtenção do Título de Mestre.

Prof. Dr. Diego Cunha Zied  
Orientador

Prof. Dr. Eustáquio Souza Dias  
Co-orientador

**LAVRAS – MG**

**2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Abreu, Carlos Godinho de.

Utilização do substrato pós-cultivo (SMS) de *Agaricus  
subrufescens* e *Pleurotus ostreatus* na produção de alface e rúcula /

Carlos Godinho de Abreu. - 2019.

79 p. : il.

Orientador(a): Diego Cunha Zied.

Coorientador(a): Eustáquio Souza Dias.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Substrato pós-cultivo de cogumelos. 2. *Agaricus  
subrufescens*. 3. Hortaliças. I. Zied, Diego Cunha. II. Dias,  
Eustáquio Souza. III. Título.

**CARLOS GODINHO DE ABREU**

**UTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO PÓS-CULTIVO (SMS) DE *Agaricus subrufescens* e  
*Pleurotus ostreatus* NA PRODUÇÃO DE ALFACE E RÚCULA**

**USE OF THE SPENT MUSHROOM SUBSTRATE (SMS) OF *Agaricus subrufescens*  
and *Pleurotus ostreatus* IN THE LETTUCE AND ARUGULA PRODUCTION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, área de concentração Microbiologia Agrícola, para obtenção do Título de Mestre.

Aprovada em 19 de Fevereiro de 2019

Prof. Dr. Eustáquio Souza Dias

UFLA – Lavras-MG

Prof. Dr. Paulo César de Melo

UFLA – Lavras-MG

Prof. Dra. Ana Cardoso Clemente Filha Ferreira de Paula IFMG/Campus Bambuí-MG

Prof. Dr. Diego Cunha Zied  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2019**

*A Deus,  
A minha mãe Manoela,  
A todos os envolvidos na conclusão desse trabalho,*

***Dedico!***

## AGRADECIMENTOS

Hoje sem dúvidas, estou vivenciando a realização de um dos meus maiores sonhos: a conclusão do meu título de Mestre. Sou extremamente privilegiado por ter minha família, meus amigos e parentes, os quais estiveram comigo nessa caminhada e que, sem eles, nada disso seria possível.

À Deus, meu Pai e Senhor, a quem eu honrarei até o fim dos meus dias, por estar comigo em cada momento, em cada luta e em cada vitória. Sei que Ele acreditava em mim quando eu mesmo não acreditava. Nos meus dias mais difíceis em que eu pensava em desistir, Ele foi o meu abrigo e torre forte, e me sustentou com sua forte destra.

Aos meus pais Manoelina Faustino e Francisco Tomaz de Abreu (in memorian), pela educação que me deram, onde mesmo com tantas dificuldades, nunca deixaram de acreditar que esse momento chegaria. À minha irmã Patrícia e meus sobrinhos lindos, por serem meu exemplo de vida e pelo amor infindo. Obrigado por tudo!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo acolhimento e oportunidade oferecida, e ao PPGMA - UFLA ( Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola) estendendo-se a todos os professores e funcionários.

À FAPEMIG e a CAPES, pelo apoio financeiro para realização deste projeto.

Ao Professor Eustáquio Souza Dias pelo profissionalismo, ética, boa vontade, disponibilidade, serenidade e pelos inestimáveis conhecimentos transmitidos e orientação. Obrigada pelo acolhimento e por ter me incentivado na pesquisa desde o começo da minha graduação.

Ao professor e Orientador Dr. Diego Cunha Zied por também acreditar em mim. Obrigado por me guiar e me auxiliar nas pesquisas sem medir esforço algum. Obrigado por me mostrar esse mundo maravilhoso chamado SMS. Tenho um prazer imenso de estar na sua equipe!

Ao Professor Paulo César Melo por acreditar na minha capacidade, por sua boa vontade, disponibilidade, mesmo sem me conhecer. Obrigado pela oportunidade em desenvolver esse projeto. Este trabalho não seria possível sem você professor!

Aos meus queridos colegas do Laboratório de Cogumelos Comestíveis: Livia, Leonardo, Joice, Cibelli, Lídia, Tamara, Tatiane, Danilo, Júlia, Jéssica, Milene, Mateus, João

e Lundo, por toda ajuda e todo companheirismo. Obrigada pelos momentos de risadas, descontração e por me ajudarem quando precisei. Sou muito feliz por ter convivido com vocês!

À querida Rose por toda paciência, boa vontade e competência. Serei eternamente grato a você! Você é incrível!

Aos queridos convidados da banca Dra. Ana Cardoso e Dr. Paulo César Melo, por todo auxílio, disposição e por todo conhecimento e amizade.

Ao querido Paulinho, por toda boa vontade em me ajudar. Nunca me esquecerei da disponibilidade, da grande amizade gerada, além das altas risadas nos intervalos. Sempre me lembrarei de você!

Pelas inúmeras vezes que todos vocês enxergaram em mim algo melhor do que realmente eu sou.

Obrigado!

*“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine.”*

*1ª Coríntios 13:1*

***Bíblia Sagrada***

## RESUMO

*Agaricus subrufescens* e *Pleurotus ostreatus* são cogumelos que possuem um elevado interesse comercial por oferecer informações nutricionais e medicinais de grande valia. Depois da produção, o composto pós-cultivo dos cogumelos, do inglês “spent mushroom substrate” (SMS), se torna um subproduto valioso, podendo ser uma importante fonte de composto alternativo, principalmente para a produção vegetal. Assim o SMS pode ser uma fonte de substrato de baixo custo, na produção de hortaliças, tais como a alface e rúcula, as quais representam uma parcela econômica expressiva na agricultura. Deste modo o presente estudo avaliou o uso do SMS de *Pleurotus ostreatus* var. Flórida e *Agaricus subrufescens* como fertilizante orgânico frente às duas hortaliças. Os SMS foram cedidos pelo CECOG (Centro de Estudos em Cogumelos – FCAT/UNESP). O experimento foi conduzido à campo, na fazenda experimental da UFLA (CDTT). O SMS de cogumelos foi aplicado ao solo em 3 quantidades diferentes, 1, 2 e 4 kg.m<sup>-2</sup> e para comparação foram utilizadas 3 fontes orgânicas normalmente empregadas na produção de hortaliças: esterco de galinha (3 kg.m<sup>-2</sup>), substrato comercial A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>) e substrato comercial B<sup>®</sup> (1,5 kg.m<sup>-2</sup>). O experimento consistiu em 13 tratamentos representados por canteiros de 1m<sup>2</sup>. Os tratamentos foram T1 – testemunha; T2 – SMS de *A. subrufescens* (dose 1- 1 kg.m<sup>-2</sup>); T3 – SMS de *A. subrufescens* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>); T5 – SMS de *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T6 – SMS de *P. ostreatus* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T7 – SMS de *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T8 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T9 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T10 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T11 – esterco de galinha (1,5 kg.m<sup>-2</sup>); T12 – substrato comercial A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>); T13 – substrato comercial B<sup>®</sup> (3 kg.m<sup>-2</sup>). Foram analisadas as variáveis: número de folhas totais; comprimento da raiz; massa fresca da raiz; massa seca da raiz; comprimento da parte aérea; massa fresca da parte aérea; massa seca da parte aérea; além de diâmetro do colo e produtividade. Concluiu-se que o uso do SMS de *Agaricus subrufescens* dose 3 (4 kg.m<sup>-2</sup>) é uma alternativa de fertilizante orgânico no cultivo de alface e rúcula, com qualidade superior em relação aos comerciais. Além disso, os tratamentos T10-SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) e T5 - SMS de *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>) apresentaram resultados estatisticamente intermediários, porém também bastante satisfatórios, mostrando o potencial do SMS na produção de hortaliças.

**Palavras-chave:** *substrato pós-cultivo de cogumelos, Agaricus subrufescens, resíduos e hortaliças*

## ABSTRACT

*Agaricus subrufescens* and *Pleurotus ostreatus* are mushrooms that have a high commercial interest by offering nutritional and medicinal information of great value. After production, spent mushroom substrate, from English “spent mushroom substrate” (SMS), becomes a valuable byproduct and can be an important source of alternative compound, mainly for plant production. Thus, SMS can be a source of low-cost substrate in the production of vegetables, such as lettuce and arugula, which represent a significant economic share in agriculture. Thus, the present study evaluated the use of SMS of *Pleurotus ostreatus* var. Florida and *Agaricus subrufescens* as organic fertilizer in front of the two vegetables. The SMS were provided by CECOG (Center for Mushroom Studies - FCAT / UNESP). The experiment was conducted in the field at the UFLA experimental farm (CDTT). Mushroom SMS was applied to the soil in 3 different amounts, 1, 2 and 4 kg.m<sup>-2</sup> and for comparison, 3 organic sources normally used in the production of vegetables were used: chicken manure (3 kg.m<sup>-2</sup>), commercial substrate A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>) and commercial substrate B<sup>®</sup> (1.5 kg.m<sup>-2</sup>). The experiment consisted of 13 treatments represented by beds of 1 m<sup>2</sup>. The treatments were T1 - control; T2 - SMS of *A. subrufescens* (dose 1- 1 kg.m<sup>-2</sup>); T3 - SMS of *A. subrufescens* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T4 - SMS of *A. subrufescens* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T5 - SMS of *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T6 - SMS of *P. ostreatus* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T7 - SMS of *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T8 - SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T9 - SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T10 - SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3-4 kg.m<sup>-2</sup>); T11 - chicken manure (1,5 kg.m<sup>-2</sup>); T12 - commercial substrate A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>); T13 - commercial substrate B<sup>®</sup> (3 kg.m<sup>-2</sup>). The following variables were analyzed: number of total leaves; root length; fresh root mass; root dry mass; shoot length; fresh shoot mass; dry shoot mass; besides lap diameter and productivity. It was concluded that the use of the SMS of *Agaricus subrufescens* at the dose of (4 kg.m<sup>-2</sup>) is an organic fertilizer alternative in lettuce and arugula cultivation, with superior quality in relation to commercials. Besides, the treatments T10-SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) and T5-SMS of *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>) presented statistically results intermediaries, but too quite satisfactory, showing the potential of SMS in the production of vegetables

**Keywords:** *spent mushroom substrate, Agaricus subrufescens, wastes and vegetables*

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1 - Produção e porcentagem estimada de cogumelos comestíveis no Brasil.....	23
Tabela 2 - Classificação taxonômica de <i>A. subrufescens</i> .....	24
Tabela 3 - Composição nutricional (% m/m em base seca) de linhagens de cogumelos comestíveis.....	27
Tabela 4 - Quantidade de adubos para cultivo da rúcula e alface.....	37

### Capítulo 2

Tabela 1 - Resultados analíticos da Condutividade Elétrica–CE dos substratos: solo de 0-20 cm e de 20-40 cm, <i>Agaricus subrufescens</i> , <i>A. subrufescens</i> (50%) + <i>P. ostreatus</i> (50%), <i>P. ostreatus</i> , esterco de galinha, substrato comercial A <sup>®</sup> e substrato comercial B <sup>®</sup> .....	59
Tabela 2 - Resultados analíticos físico-químicos da fertilidade dos substratos: solo de 0-20 cm e de 20-40 cm, <i>Agaricus subrufescens</i> , <i>A. subrufescens</i> + <i>P. ostreatus</i> , <i>P. ostreatus</i> , esterco de galinha, substrato comercial A <sup>®</sup> e substrato comercial B <sup>®</sup> .....	61
Tabela 3- Parâmetros físicos das plantas de alface produzidas a partir de diferentes substratos, referentes à NFT: Número de folhas totais; CR: comprimento da raiz; MFR: Massa fresca da raiz; MSR: massa seca da raiz; CPA: comprimento da parte aérea; MFPA: Massa fresca da parte aérea; MSPA: massa seca da parte aérea; DC: diâmetro do colo.....	62
Tabela 4 - Parâmetros físicos das plantas de rúcula produzidas a partir de diferentes substratos referentes à NFT: Número de folhas totais; CR: comprimento da raiz; MFR: Massa fresca da raiz; MSR: massa seca da raiz; CPA: comprimento da parte aérea; MFPA: Massa fresca da parte aérea; MSPA: massa seca da parte aérea.....	66
Tabela 5 - Produtividade das plantas de alface e rúcula produzidas a partir de diferentes substratos.....	70

## **LISTA DE FIGURAS**

### **Capítulo 1**

Figura 1 - Processo de gerenciamento de SMS na indústria de cogumelos.....30

### **Capítulo 2**

Figura 1 - Croqui do experimento com os devidos tratamentos casualizados.....53

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Produção vegetal utilizando fertilizante mineral e orgânico</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2 Condicionadores de solo</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3 Cultivo em substratos</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4 Histórico dos cogumelos (cultivo e consumo)</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5 Cogumelos</b> .....	<b>22</b>
<b>2.6 <i>Agaricus subrufescens</i> (cogumelo do sol)</b> .....	<b>24</b>
<b>2.7 <i>Pleurotus ostreatus</i> (shimeji)</b> .....	<b>25</b>
<b>2.8 Panorama comercial e cadeia produtiva de cogumelos</b> .....	<b>27</b>
<b>2.9 Geração de resíduos na produção de cogumelos</b> .....	<b>28</b>
<b>2.10 O composto pós-cultivo de cogumelo (SMS)</b> .....	<b>29</b>
<b>2.11 Microbiota do SMS</b> .....	<b>33</b>
<b>2.12 A cultura da alface</b> .....	<b>33</b>
<b>2.13 A cultura da rúcula</b> .....	<b>36</b>
<b>3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>47</b>
<b>UTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO PÓS-CULTIVO (SMS) DE <i>A. subrufescens</i> e <i>Pleurotus ostreatus</i> NA PRODUÇÃO DE ALFACE E RÚCULA</b> .....	<b>47</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>51</b>
<b>2.1 Localização do experimento</b> .....	<b>51</b>
<b>2.2 Obtenção do substrato pós-cultivo (SMS)</b> .....	<b>51</b>
<b>2.3 Cultivares utilizadas</b> .....	<b>52</b>

<b>2.4 Delineamento e condução experimental .....</b>	<b>52</b>
<b>2.5 Produção e avaliação da alface .....</b>	<b>54</b>
<b>2.6 Produção e avaliação da rúcula .....</b>	<b>54</b>
<b>2.7 Análise estatística .....</b>	<b>55</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.1 Avaliação da análise de fertilidade dos substratos .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2 Parâmetros físicos da alface.....</b>	<b>62</b>
<b>3.3 Parâmetros físicos da rúcula.....</b>	<b>66</b>
<b>3.4 Produtividade da alface e rúcula .....</b>	<b>70</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>5. REFERENCIAS .....</b>	<b>75</b>

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

A busca por alimentos orgânicos e sua crescente demanda mundial tem chamado a atenção para o aumento e diversificação de processos produtivos. Neste sentido a utilização de ferramentas de cunho biológico que se baseiam em biotecnologia industrial tem sido o foco de atenção nos processos para obtenção das chamadas “tecnologias limpas”. Estas possuem foco no aumento da produção e redução na geração de resíduos, com meta de converter tais resíduos orgânicos em algo que seja útil de alguma forma para a humanidade. Neste sentido se utilizam várias ferramentas, dentre elas os fungos, em especial os cogumelos, que possuem grande eficiência na conversão de biomassa vegetal como subprodutos agrícolas, em proteína.

Os cogumelos comestíveis possuem tradição milenar e um elevado interesse por oferecer informações nutricionais e medicinais de grande valia (CHANG; MILES, 1989). Além disso, são apreciados em variados ramos da culinária, devido ao sabor e textura, podendo também fornecer uma alternativa de fonte proteica para consumidores em dieta alimentar, pois a maioria das espécies apresenta elevada concentração de proteína de excelente qualidade em sua composição (HENRIQUES, *et al.*, 2008).

Quando comparado a países europeus, o consumo *per capita* de cogumelos no Brasil apresenta-se crescente a cada ano. Contudo a produção brasileira de cogumelos apresenta baixa importância comercial quando comparada ao seu potencial de consumo e a outras atividades do agronegócio. (DIAS, 2010; DE AZEVEDO *et al.*, 2014).

A produção em escala comercial utiliza um massivo e sofisticado processo de preparo de substrato de cultivo. Algumas fases ocorrem em ambientes controlados, isso principalmente em Países Europeus, Asiáticos e Norte Americanos. No Brasil o cultivo de cogumelos quando comparados a estes países, é recente, pois teve seu início com a chegada de imigrantes asiáticos e europeus em meados da década de 50, onde o estado de São Paulo foi o pioneiro.

O SMS dos cogumelos é um subproduto que consiste num substrato de origem vegetal, colonizado e degradado pelo micélio do fungo cultivado, que representa um volume de aproximadamente 40 a 50% da produção inicial do cultivo. Por possuir consideráveis contaminações, o SMS precisa ser devidamente descartado pelo produtor, evitando assim a contaminação de novos ciclos de cultivo em sua produção. Ele não deve ser amontoado no ambiente, pois com a chuva, movimentação de pessoas e máquinas pode ocorrer a propagação

e a proliferação de moléstias. Além da lixiviação de compostos, que podem ocasionar possível contaminação dos cursos d'água.

Pensando no aproveitamento desses subprodutos orgânicos, o substrato pós-cultivo do cogumelo (SMS) pode ser uma fonte de composto alternativo para a produção vegetal, pois podem reduzir os custos que viriam da aplicação de fertilizantes, principalmente os fertilizantes químicos.

Entre os principais alimentos consumidos pela população, as hortaliças merecem destaque, devido principalmente às suas características nutricionais, como alto conteúdo de sais minerais, vitaminas e fibras. O cultivo de hortaliças é encontrado em grande parte ao redor dos grandes centros consumidores, representando uma parcela econômica expressiva na agricultura (BEZERRA *et al.*, 2009).

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça, popular em todo o planeta, possuindo um elevado teor de vitamina A nas folhas. O consumo dessa hortaliça continua aumentando a cada dia-a-dia, devido ao crescimento populacional e mudanças nos hábitos alimentares, buscando alimentos mais saudáveis (FILGUEIRA, 2003).

Já a rúcula (*Eruca sativa*) possui origem no Mediterrâneo e Ásia Ocidental, dita como a mais rica em ferro, dentre todas as hortaliças, além de conter cálcio, fósforo, vitaminas A e C (CARVALHO, 1988).

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o uso do SMS como fertilizante orgânico e condicionador do solo, no cultivo de *L. sativa* (alface) e *E. sativa* (rúcula).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Produção vegetal utilizando fertilizante mineral e orgânico

Nos dias atuais, observa-se uma evidente preocupação a respeito do nosso sistema produtivo em atender as premissas do desenvolvimento sustentável, se atentando em cumprir todos os seus pilares, sendo estes os de cunho ambiental social e econômico (MALAQUIAS *et al.*, 2016). A crescente necessidade de fornecer nutrientes para as plantas, leva em consideração os problemas ambientais que a sociedade atual vem se deparando, fazendo com que pesquisas no setor agrícola se desenvolvam de forma crescente e acentuada (CHICONATO *et al.*, 2013)

O solo é um recurso natural de extrema importância para qualidade de vida humana, por apresentar funções múltiplas na ciclagem de nutrientes, para o ciclo da água, como também para manter os sistemas naturais sustentáveis, possuindo assim características extremamente relevantes nos processos naturais (SILVA *et al.*, 2016). Características físicas, biológicas e químicas deste solo devem ser levadas em consideração para se obter bons resultados em produtividade e qualidade finais dos produtos cultivados. A aplicação de compostos/resíduos de fonte orgânica pode trazer benefícios neste sentido, como elevar CTC, o pH, a disponibilidade de nutrientes, aumentar retenção de água, a porosidade total, diminuir o grau de compactação do solo, além de aumentar a população da microfauna e flora do solo, elevando a atividade microbiológica (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A junção de adubos minerais e orgânicos no solo para produção vegetal é viável tanto para pequenos, médios e grandes produtores. Apresenta benefícios financeiros, reduzindo gastos, além de trazer consigo benefícios físicos e biológicos para o solo, como maior aporte de nutrientes e matéria orgânica. Além de todos estes benefícios a adubação organomineral possui uma imensa vantagem ambiental (ROYO, 2010).

Fertilizantes com fontes organominerais se resumem na utilização de fertilizantes minerais e orgânicos com potencial de uso agrícola, pois apresentam menor custo em relação aos fertilizantes químicos, podendo ser resíduos de cama de frango, lodo de esgoto, e substrato pós-cultivo de cogumelos (SMS). Esses fertilizantes viabilizam investimentos em seu uso e pesquisa por atender os ideais de conscientização crescente da produção, desenvolvimento rural e manejo sustentáveis (COSTA *et al.*, 2009).

## 2.2 Condicionadores de Solo

O uso de resíduos orgânicos na agricultura como condicionadores de solos, demonstra grande eficiência e diversos benefícios, pois podem promover o fornecimento de nutrientes e melhorar propriedades físicas e químicas do solo. Os diversos resíduos que poderiam ser descartados recebem agora um fim sustentável, sendo uma solução ambiental. A composição química desses resíduos depende diretamente do tipo e origem dos mesmos (RIBEIRO *et al.*, 1999). São muitos os resíduos orgânicos de diferentes origens (urbana, industrial ou agrícola) que podem ser usados na agricultura, como: esterco de bovinos, de aves e de suínos, torta de mamona, lodo de esgoto, resíduos oriundos da fabricação de álcool e açúcar, resíduos do processamento de frutos, entre outros (GONÇALVES, *et al.*, 2017).

KIEHL (1985) relata que o adubo orgânico pode ser definido como todo produto de origem vegetal ou animal que, aplicado ao solo em quantidade, época e maneira adequadas, resulta em melhorias de suas qualidades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas, e não causa danos ao solo, à planta ou ao ambiente. Entre os efeitos nas qualidades físicas do solo observa-se que o adubo orgânico melhora a estrutura e, por consequência, a aeração e a drenagem, o que facilita o desenvolvimento radicular e garante a liberação de nutrientes por meio da mineralização da matéria orgânica, bem como o aumento da fração húmica do solo e, conseqüentemente, da CTC (MORAES, 1981).

Um excelente condicionador de solo já utilizado em alguns trabalhos é a cama de frango. Ela consiste em uma boa fonte de nutrientes, especialmente de nitrogênio, e quando manejada adequadamente pode suprir parcial ou totalmente o fertilizante químico. Seu uso no solo, além do fornecimento de nutrientes, aumenta os níveis de matéria orgânica, melhorando atributos físicos do solo como capacidade de retenção de água, redução da erosão, melhorando a aeração e criando um ambiente adequado para o desenvolvimento da microbiota no solo (BLUM *et al.*, 2003).

O esterco caprino também é um adubo orgânico de alto valor nutritivo para as plantas, pode melhorar as propriedades físicas do solo, sendo assim recomendado como excelente insumo para as plantas. Esterco de animais de uma forma geral, como esterco de galinha e esterco de ruminantes, exercem efeito benéfico nas propriedades físicas do solo assim como melhorias no fornecimento de nutrientes para as plantas, podendo melhorar a infiltração da água, podendo aumentar a capacidade de troca de cátions. O aumento do teor de matéria orgânica apresenta dentre outros efeitos, o aumento do pH e também da saturação

por bases, como também a precipitação e complexação do alumínio da solução do solo (SILVA, 2014).

A torta de mamona pode ser utilizada como importante condicionador de solo, pois é um fertilizante orgânico fundamental na recuperação dos solos, pois se possui alta concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, e diversos micronutrientes. Ela pode ser utilizada em qualquer cultura, mesmo sem ter sido destoxicada, podendo gerar um excelente desempenho no desenvolvimento das plantas (VIGNOLO *et al.*, 2011).

O lodo de esgoto inicialmente precisa ser devidamente higienizado e posteriormente estabilizado. Possui grande potencial de uso na agricultura, sendo rico em nutrientes e matéria orgânica, além de fósforo, nitrogênio e outros micronutrientes como o zinco, podendo então ser utilizado como condicionador de solo. No entanto o lodo de esgoto não apresenta somente características benéficas, pois a presença de metais pesados pode ser tóxica, e causar sérios problemas de contaminações (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

Com o objetivo minimizar custos com a adubação e aumentar a produtividade das culturas, outro condicionador de solo que tem sido bastante utilizado e estudado, é a água suína residuária. A suinocultura é uma das principais atividades econômicas das diversas regiões agrícolas do país. Assim a utilização da água suína residuária no solo pode aumentar a fonte de nutrientes, a ciclagem de nutrientes e aumento da matéria orgânica, contribuindo significativamente para a produção de culturas comerciais e tornando a prática agrícola ambientalmente correta, desde que sejam obedecidos critérios técnicos de recomendação para aplicação no solo, trazendo ganhos econômicos para o produtor, sem comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente (CORRÊA *et al.*, 2011).

O resíduo da produção de cogumelos também tem sido empregado como condicionador de solo, sendo chamado de SMS, o qual pode assumir outras diversas finalidades como: ração animal, fertilizante orgânico, composto para plantas ornamentais, substrato para mudas de hortaliças e ainda o composto exaurido também pode ser utilizado em processos de biodegradação e bioremediação de águas e solos contaminados com poluentes químicos e orgânicos. Características comuns a outros substratos orgânicos, como elevados conteúdo de água, conteúdo moderado de nutrientes e densidade relativamente baixa são apresentadas pelo SMS e devem ser levadas em consideração para produção de hortaliças. (MAHER *et al.*, 2000). O SMS também pode melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, reduzindo a perda de água por infiltração, aumentando a capacidade de retenção de umidade, melhorando a densidade e a aeração do solo.

### 2.3 Cultivo em substratos

Quando se trata de substratos para plantas no Brasil a história oficial é curta e a evolução muito rápida. A existência de registro de um produto legal no país teve início em 2004, quando se assinou o decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Porém o uso de substratos iniciou-se bem antes, considerando o seu reconhecimento oficial. O plantio fora do solo *in situ*, precisou utilizar um recipiente como recurso para conter a planta e o seu meio de cultivo – substrato – seja lá qual fosse (KÄMPF, 2004).

Segundo Kämpf (2004) imagina-se que o primeiro componente usado como substrato em recipientes tenha sido o próprio solo mineral, utilizado até hoje. Areia e serapilheira foram citados para o cultivo de bromélias epífitas em vasos. Logo após a Segunda Guerra Mundial, na Europa reiniciavam-se as pesquisas sobre o uso de turfa como meio de cultivo para plantas em vasos. Atualmente grandes esforços têm sido feitos para obter outros componentes alternativos, as turfas como exemplo têm a casca de árvores e a fibra de coco, além de outros materiais.

Com a modernização dos sistemas de cultivo nas últimas décadas do século XX a produção vegetal expandiu-se, utilizando escalas mais amplas e transformou-se em agronegócio rentável no Brasil, desenvolvendo produtos alinhados e com as exigências das novas demandas. No passado o produtor buscava um material que fornecesse fixação e nutrientes para a planta onde se dizia “Terra boa é terra gorda” falando a respeito da mistura de solo e humos. Porém no conceito atual, para uso como componentes e/ou misturas, são desejadas ainda outras propriedades como: aeração e drenagem – equilíbrio entre a retenção e a liberação de água e nutrientes; valores de pH e salinidade – otimizando a absorção de água e nutrientes pela raiz; elevado teor de nutrientes; baixo custo e boa disponibilidade e qualidade; sendo pilares essenciais para o seu progresso durante o ciclo de desenvolvimento e produção da planta (KÄMPF, 2004).

Quanto as propriedades químicas, o pH e a salinidade e quantidade de nutrientes disponíveis para a planta no substrato, devem ser avaliados pois são fatores fundamentais. O pH é o potencial hidrogeniônico presente no substrato, ele aponta a atividade do íon  $H^+$  e deve apresentar uma faixa entre 5,0 e 6,0 próximo da neutralidade, facilitando assim a assimilação de nutrientes pela planta. A salinidade também chamada de condutividade elétrica mostra a quantidade de sais presentes no substrato, a qual pode prejudicar a planta na absorção de água e nutrientes, esta faixa precisa estar entre 0,7 a 2,0 dS/m e o teor de nutrientes deve estar

ajustado, para que grandes faixas não prejudiquem o desenvolvimento da planta (ALVARENGA, 2013; DE LIZ e CARRIJO, 2008).

As propriedades físicas do substrato são fatores importantes que devem necessariamente ser avaliados: a densidade do substrato, a distribuição do tamanho de partículas, e a curva de retenção de água. Quanto à densidade do substrato trata-se de uma relação entre a massa e volume ocupado pelo substrato, onde a baixa densidade pode prejudicar a drenagem, portanto são necessários 80% de porosidade e cerca de  $0,20\text{g/cm}^{-3}$  de densidade. Para obter a densidade ideal devem-se conhecer aspectos como tamanho da semente, demanda de água pela semente e foto sensibilidade. Quanto à distribuição de partículas, os substratos possuem macroporos ocupados pelo ar e microporos ocupados por água, à compreensão do tamanho e proporção desses poros faz com que se possa alcançar a oxigenação adequada da raiz, e o manejo ideal de irrigação. Quanto à curva de retenção de água, determina a porosidade total do substrato, teor de água facilmente disponível e disponível, espaço de aeração, e reserva de água excedente no substrato (DE LIZ e CARRIJO, 2008).

De forma geral, o substrato para produção de hortaliças deve apresentar percentual de aeração na faixa de 20-40%, porosidade de 85%, porcentagem de água disponível de 50%, e a taxa de água facilmente disponível de 20-30%, e o teor de água excedente entre 4-10% (ALVARENGA, 2013; DE LIZ e CARRIJO, 2008).

## **2.4 Histórico dos cogumelos (cultivo e consumo)**

Desde a era pré-histórica os cogumelos fazem parte do cotidiano do homem, desenhos rupestres feitos em cavernas revelam esta afirmação. Neste período os cogumelos eram colhidos na natureza e posteriormente utilizados como alimento e medicamento (ALEXOPOULUS *et al.*, 1996; CHANG; MILES, 2004).

Existem relatos de que os cogumelos e outras variedades de fungos apresentaram maior participação na dieta humana a partir da civilização grega e romana, especialmente com *Aegerita agrocybe*, que era um cogumelo, segundo os autores, coletado em troncos de choupos, além das trufas que são cogumelos que frutificam abaixo do solo, o qual é apreciado até hoje (TOUSSAINT-SAMAT, 1992; SAMSON *et al.*, 1995).

Estima-se que o cultivo dos cogumelos iniciou-se no século VI, quando *Auricularia auricula* foi cultivado na China em toras de madeira (CHANG e MILES, 2004). Neste

período outros cogumelos que crescem em madeira em decomposição, como *Flammulina velutipes* e *Lentinula edodes*, eram cultivados no Japão semelhantemente.

Por volta de 1600 na França, ocorreu o maior avanço no cultivo de cogumelos, quando o *Agaricus bisporus* popularmente conhecido como champignon de paris, foi inusitadamente encontrado junto a esterco e mistura de palhas, os quais eram utilizados como cama para o cultivo de melões. Depois disso, na Alemanha, França e Inglaterra, iniciam-se estudos e cultivos pioneiros (BELS-KONING; BELS, 1958; VAN GRIENSVEN, 1988).

Em meados de 1900, os cultivos pioneiros em escala industrial, surgiram na Europa, mais precisamente na Alemanha, onde o cogumelo cultivado era o *Pleurotus ostreatus*. Esse cogumelo ficou conhecido popularmente como cogumelo ostra, e apresentou importante participação mediante a escassez de alimentos no período da guerra mundial (KAUFERT, 1936; EGER *et al.*, 1976).

## 2.5 Cogumelos

Os cogumelos são iguarias já apreciadas há muitos anos, por possuírem propriedades nutricionais e medicinais, além de aspectos econômicos. Quando comparados à maioria das hortaliças, os seus valores nutricionais se mostram superiores, além disso, seu substrato pode ser produzido com uma infinidade de mais de 200 resíduos agrícolas, diminuindo assim os investimentos (SÁNCHEZ, 2010).

Os cogumelos são corpos de frutificação das divisões *Basidiomycota* e *Ascomycota*. Podem ser classificados e divididos em seis categorias: comestíveis, não comestíveis, medicinais, venenosos, alucinógenos e possuem uma categoria mista com propriedades menos definidas (CHANG, 2006; MADIGAN *et al.*, 2010).

Segundo Sánchez (2004), os cogumelos comestíveis apresentam um sabor bastante apreciado pelos consumidores, além de possuir uma composição química interessante, do ponto de vista nutricional. Normalmente os cogumelos apresentam 90% de água e 10% de matéria seca, onde o teor de proteína desta matéria seca se situa entre 27% e 48%, o de carboidratos até 60% e o de lipídeos entre 2% a 8%. Cogumelos foram reconhecidos como a fonte alternativa de proteína de boa qualidade, sendo capazes de produzir a mais alta qualidade de proteína por unidade de área e tempo de resíduos agrícolas (FAO, 2013).

Segundo Wasser (2011), algumas espécies têm sido utilizadas no tratamento de diversos tipos de doenças como desordens gastrointestinais, bronquite, várias formas de cânceres, entre outras, pois apresentam cerca de 130 atividades farmacológicas, como antitumorais, imunomoduladora, protetora cardiovascular, antiviral, antibacteriana, antiparasitária e antidiabética.

No mundo, o principal gênero de cogumelo cultivado atualmente é o *Lentinula* contribuindo com cerca de 22% do total de cogumelos cultivados. O gênero *Pleurotus*, se situa em segundo lugar, com 5 a 6 espécies cultivadas, isso constitui cerca de 19% da produção mundial, enquanto a *Auricularia* contribui com 17%. Os outros dois gêneros, *Agaricus* e *Flammulina* são responsáveis por 15% e 11% do volume, respectivamente (ROYSE *et al.*, 2017).

Em média, os consumidores no mundo agora desfrutam de cerca de 5 kg de cogumelos por pessoa por ano. O consumo per capita deverá continuar a aumentar à medida que os consumidores se tornarem mais conscientes dos benefícios saudáveis da incorporação de cogumelos em sua dieta. (ROYSE, *et al.*, 2017).

A produção anual de cogumelos no Brasil atualmente está em torno de 15.696 toneladas (Tabela 1). O consumo de cogumelo no país se situa em cerca de 130g de cogumelo fresco/pessoa/ano. (SÁNCHEZ, *et al.*, 2018).

Tabela 1 – Produção e porcentagem estimada de cogumelos comestíveis no Brasil

<b>Espécies de cogumelos cultivadas no Brasil</b>	<b>Produção</b>
<i>Pleurotus</i> var. Florida	~7475 ton/ano, 48%
<i>Agaricus bisporus</i> (Champignon de Paris)	~5150 ton/ano, 33%
<i>Lentinula edodes</i> (Shitake)	~2172 ton/ano, 13%
<i>Agaricus subrufescens</i> , <i>F. velutipes</i> , <i>P. eryngii</i> , <i>P. cornucopiae</i> , <i>Pholiola nameko</i> , <i>P. djamor</i>	~900 ton/ano, 6%

Fonte: Adaptado de Edible Mushroom Production in the Americas (SÁNCHEZ *et al.*, 2018).

## 2.6 *Agaricus subrufescens* (cogumelo do sol)

No município de Piedade, interior do estado de São Paulo, em 1960, encontrou-se um cogumelo diferente. Algumas amostras desse fungo foram enviadas ao Japão, em 1965 para estudos no Institute Iwaide. Posteriormente em 1967, o Dr. Heinemann, um cientista belga,

identificou este fungo e o denominou de *Agaricus blazei* Murill, espécie encontrada na América do Norte, já descrita anteriormente por W.A Murill, em 1945. Os pesquisadores Wasser *et al.*, (2002), propuseram então para essa espécie nativa do Brasil uma denominação nova *Agaricus brasiliensis* (WASSER *et al.*, 2002; COLAUTO *et al.*, 2012). Entretanto, a classificação foi contestada por Kerrigan (2004), sugerindo o nome *A. subrufescens* Peck. Assim *A. brasiliensis* e *A. subrufescens* são considerados como mesma espécie (COLAUTO *et al.*, 2010). Porém convencionou-se que *A. subrufescens* Peck seria utilizado para identificar a espécie brasileira, pois pesquisas analisando a taxonomia e composição molecular comprovaram a similaridade com a espécie que foi descrita inicialmente por Charles Horton Peck, em Nova Iorque em 1893. Assim segundo Kerrigan, (2005), *A. subrufescens* é um cogumelo com propriedades medicinais, nativo do Brasil.

Tabela 2 - Classificação taxonômica de *A. subrufescens*

Classificação Taxonômica			
	HEINEMANN	WASSER	KERRIGAN
Reino	<i>Fungi</i>	<i>Fungi</i>	<i>Fungi</i>
Divisão	<i>Basidiomycota</i>	<i>Basidiomycota</i>	<i>Basidiomycota</i>
Subdivisão	<i>Homobasidiomycet</i>	<i>Homobasidiomyce</i>	-
Ordem	<i>Agaricales</i>	<i>Agaricales</i>	<i>Agaricales</i>
Família	<i>Agaricaceae</i>	<i>Agaricaceae</i>	<i>Agaricaceae</i>
Gênero	<i>Agaricus</i>	<i>Agaricus</i>	<i>Agaricus</i>
Espécie	<i>Agaricus blazei</i> <i>Murill</i>	<i>Agaricus</i> <i>brasiliensis</i>	<i>Agaricus</i> <i>subrufescens</i>

Fonte: (NAVEGANTES, 2016).

*A.subrufescens* é uma espécie nativa do Brasil (STEFANELLO, 2013), e seu consumo cresce gradativamente devido à descoberta de seu alto poder nutritivo e medicinal, no entanto a produção tem gerado altos índices de substrato pós-cultivo, o que é um problema (SHIBATA, *et al.*, 2003). Atualmente, o cogumelo do sol ocupa o 4º lugar entre as espécies de cogumelos cultivadas no Brasil juntamente com *F. velutipes*, *P. dijamor*, *P. eryngii* dentre outras, com 6% da produção nacional e produção estimada de 900 toneladas/ano (Tabela 1) (SÁNCHEZ, *et al.*, 2018).

O cogumelo do sol, também conhecido como cogumelo medicinal, ou no exterior como *Royal Sun Agaricus* ou *Almond Portobelo* e tem sido utilizado largamente como terapia alternativa ao câncer, por possuir diversas propriedades antitumorais. (WISITRASSAMEEWONG *et al.*, 2012).

Segundo Zied, (2011), *A. subrufescens* Peck possui um píleo semiglobuloso, de cor marrom-clara a creme, e possui na parte superior pequenas escamas brancas. O estirpe estreita-se na junção com o píleo (4-13 cm de comprimento por 1-3 cm de diâmetro), com espessura constante ou base bulbosa de coloração esbranquiçada.

A maioria dos produtores sazonais de *Agaricus* dá preferência à espécie nativa, pois tende a produzir com eficiência no verão, por possuir exigências climáticas com temperaturas maiores quando comparada ao champignon (FIGUEIRÊDO e DIAS, 2014).

As técnicas de cultivo deste cogumelo e de formulação do substrato se assemelham com a de *A.bisporus*, com algumas peculiaridades, por ser um cogumelo de origem tropical, necessitando de algumas adaptações em relação à temperatura de cultivo (COLAUTO, 2010). A principal diferença, é que *A. subrufescens* não necessita de redução de temperatura para a frutificação, enquanto que *A. bisporus* requer uma temperatura abaixo de 20 ° C durante o período de frutificação (DIAS *et al.*, 2004).

## **2.7 *Pleurotus ostreatus* (shimeji)**

O cogumelo *P. ostreatus* é bastante conhecido e apreciado pelos orientais, que o conhecem como Hiratake, em diversos lugares muito conhecido como Shimeji. Ele é um dos cogumelos mais nutritivos e saborosos existentes, e pode ser chamado também de cogumelo ostra (BONONI *et al.*, 1995; COHEN *et al.*, 2002). O cogumelo pertence ao Reino *Fungi*, Filo *Basidiomycota*, Classe *Basidiomycetes*, Subclasse *Holobasidiomycetidae*, Ordem *Agaricales*, Família *Pleurotaceae*, Gênero *Pleurotus*, Espécie *Pleurotus ostreatus* (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

Até o ano de 1950, o cogumelo era coletado diretamente na natureza, e foi no ano de 1970 que o cultivo em escala industrial iniciou-se. As primeiras tentativas de promover o cultivo empregando serragem como substrato, se deram no final da década de 50, porém foi no início da década de 60, que se iniciou a utilização de outros substratos como capim, palhas secas, palha de arroz e palha de trigo para a produção em escala comercial. Já nos anos de 1995 a produção mundial de *Pleurotus ostreatus* ocupava o quarto lugar entre os cogumelos comestíveis, pois houve a possibilidade de ampliar o cultivo, por apresentar um sabor agradável, e demonstrar uma disponibilidade de mercado que torna o produto mais popular e acessível (BONONI *et al.*, 1995). Atualmente no Brasil, o cogumelo ocupa o primeiro lugar

entre as espécies de cogumelos cultivadas com produção estimada de 7475 toneladas/ano, gerando altas quantidades de SMS (Tabela 1) (SÁNCHEZ, *et al.*, 2018).

As espécies do gênero *Pleurotus* são fungos que possuem diversas propriedades biotecnológicas e terapêuticas, além de alto valor nutricional. São eficientes na degradação de lignina e celulose, devido à capacidade de produzir enzimas lignocelulolíticas, dentre elas as lacases, peroxidases e manganês peroxidase, demonstrando numerosas aplicações industriais, sendo assim um fungo decompositor de madeira, além de outros resíduos vegetais (COHEN *et al.*, 2002).

Cogumelos do gênero *Pleurotus* não requerem uma formulação de substrato muito exigente, visto que podem desenvolver-se em meios nutritivos com relação C/N em uma faixa ampla, valores entre 40 a 300/1. Por outro lado, exige uma seletividade biológica uma vez que os microrganismos do substrato devem atuar de modo protetor e não competidor (MUEZ, 1994). Portanto, com uma relação C/N tão ampla, é possível inferir que muitos subprodutos agrícolas podem ser utilizados na formulação de substratos para cultivo de *Pleurotus spp.*

A temperatura é um dos principais fatores que influenciam o desenvolvimento e a introdução de cogumelos em novas áreas de cultivo (MARINO *et al.*, 2002) e isolados da mesma espécie podem apresentar diferentes faixas de temperatura para crescimento e frutificação. Isolados do Japão são comercialmente cultivados à 15°C (KINUGAWA *et al.*, 1997) enquanto, 11 isolados da América do Norte de *P. ostreatus* var. Florida são adaptados à temperatura de 25°C (EGER *et al.*, 1976). *P. ostreatus* é caracterizado pela necessidade de um ambiente mais frio para iniciar a frutificação, exigindo que o cultivo ocorra nas estações mais frias do ano. Ambientes com controle de temperaturas podem ser usados para garantir a produção contínua. (DIAS, 2010).

A introdução de *P. ostreatus* na dieta alimentar tem sido considerada positiva e vantajosa, pois o cogumelo apresenta elevado valor nutricional e segundo Silveira (2003), possui baixo valor calórico, valores mínimos de gorduras e sódio. Várias publicações de artigos e livros descrevem os cogumelos de *P. ostreatus* como um alimento de alto valor proteico, fonte de fibra alimentar e vitaminas, além de terem um baixo teor de lipídeos (FURLANI *et al.*, 2005), os quais são comparados com outras espécies de cogumelos na Tabela 3.

O substrato utilizado para o cultivo destes cogumelos utilizando a compostagem, não exige esterilização, apenas pasteurização, processo mais barato e de fácil manuseio. O gênero

*Pleurotus* tem a capacidade de converter grande parte do substrato em corpos de frutificação, aumentando assim a rentabilidade (SÁNCHEZ, 2010).

Tabela 3 - Composição nutricional (% m/m em base seca) de linhagens de cogumelos comestíveis.

<b>Componentes</b>	<b><i>Lentinula edodes</i></b>	<b><i>Pleurotus ostreatus</i></b>	<b><i>Agaricus bisporus</i></b>	<b><i>Agaricus Portobello</i></b>	<b><i>Agaricus subrufescens</i></b>
Cinzas	7,90	11,11	12,01	16,04	7,57
Carboidratos	38,08	28,57	37,21	29,07	25,71
Proteínas	16,42	37,51	26,99	28,84	38,91
Lipídeos	1,14	1,32	2,66	1,74	1,63
Fibra alimentar	36,46	21,49	21,13	26,31	26,18

Fonte: Adaptado (FURLANI *et al.*, 2005).

## 2.8 Panorama comercial e cadeia produtiva de cogumelos

A importância dos cogumelos comestíveis vem aumentando nos últimos anos em função de seu processo produtivo, pois os cogumelos hoje se situam nomeadamente presentes nos setores da indústria mundial farmacêutica e de alimentos. Na América, inicialmente o cultivo foi realizado em casas com instalações parecidas com fábricas, este sistema passou a ser utilizado na Europa. No início dos anos de 1953, com a chegada de imigrantes chineses no Brasil, mais especificamente em Mogi das Cruzes, e do italiano Oscar Molena em Atibaia, no estado de São Paulo, deu-se início a produção de *Agaricus* no Brasil, onde foram introduzidas tecnologias e linhagens importadas de seus países de origem. Portanto devido ao clima diferenciado e aos substratos locais disponíveis no Brasil, essa tecnologia necessitou passar por modificações (BONONI *et al.*, 1999).

No Brasil, apesar da crescente produção, ela é ainda considerada baixa e, aliada à ineficaz tecnologia de coleta de informações referentes à produção, não representa os valores reais de produção e, sendo assim, é bastante complexa a estimativa da produção brasileira de cogumelos, além do mais a agricultura orgânica ainda é pouco expressiva, apesar de existirem movimentos que demonstram a relevância do desenvolvimento dessas formas de agriculturas alternativas no país (DAROLT, 2011).

Em 2006, a produção brasileira de cogumelos incluindo também a produção convencional, segundo Sampaio e Queiroz (2006), estava em torno de 5 mil toneladas anuais, sendo isso 0,15% da produção mundial. Localizada no Alto do Tietê, a região de Mogi das

Cruzes, São Paulo, se encontra a maior área de produção de cogumelos do Brasil, a qual representa em torno de 80% da produção total nacional. Segundo o Instituto de Economia Agrícola (2010), a região produziu em torno de 2,1 mil toneladas em 2010, o equivalente a 61,5% da produção de todo o Estado de São Paulo naquele ano. O estado do Paraná em 2002 chegou a produzir cerca de 5% da produção nacional, com cerca de 20 mil toneladas anuais de cogumelos, e vem demonstrando um aumento na produção durante os anos, segundo dados da Secretaria do Comércio Exterior do MDIC.

A produção mundial de cogumelos comestíveis aumentou mais de 30 vezes desde 1978 (de cerca de 1 bilhão de kg em 1978 para 34 bilhões de kg em 2013) (ROYSE, *et al.*, 2017). Segundo uma pesquisa realizada em 2013 desse total de 34 bilhões de kg produzidos em todo mundo, a China se situa como maior produtor desse total, com cerca de mais de 30 bilhões de kg de cogumelos (CEFA, 2014), e este representaram cerca de 87% da produção total. O resto da Ásia produziu cerca de 1,3 bilhões de kg, enquanto a UE, as Américas e outros países produziram cerca de 3,1 bilhões kg. (ROYSE, *et al.*, 2017). Esses países geram toneladas de compostos de cogumelos, que podem ser usados como compostos para a produção vegetal de alta qualidade.

## **2.9 Geração de resíduos na produção de cogumelos**

A produção de cogumelos comestíveis tem aumentado e se expandido em todo o mundo, inclusive no Brasil. A produção geralmente utiliza resíduos agroindustriais de natureza lignocelulósica, gerando anualmente grandes quantidades de compostos residuais no fim deste processo. Assim o substrato pós-cultivo da produção de cogumelos é um resíduo orgânico, resultante de seu cultivo comercial (GUO *et al.*, 2001). Indústrias e diversos produtores de cogumelos mundialmente estão, no entanto, sendo forçados, tanto pela opinião pública como pelo poder público – mais especificamente pelas leis ambientais – a serem responsáveis por dar um destino adequado ao SMS, especialmente focando a sua reciclagem. Alguns métodos para sua utilização estão sendo pesquisados e implementados em diversos países (ZHANG; GONG; LI, 1994).

Embora o Brasil não se encontre entre os maiores produtores de cogumelos, como a China, os Estados Unidos, o Japão e alguns países europeus (FAOSTAT, 2014), esta atividade deverá se ampliar nas próximas décadas. Dentro deste contexto, encontrar finalidades para o SMS pode tornar a atividade de produção de cogumelos no Brasil, desde

seu início, ambientalmente sustentável. Além disso, a pesquisa e divulgação de novas aplicações poderão não só contribuir para o reaproveitamento do SMS, como também para estimular a agregação de valor comercial, promovendo indiretamente o cultivo e, sobretudo, contribuindo para a manutenção da qualidade ambiental.

Considerando-se que extensas áreas do território brasileiro incluem solos de baixa fertilidade e que o interesse no uso da fertilização orgânica, em substituição à adubação química, vem se expandindo, o emprego do substrato pós-cultivo da produção de cogumelos pode ser uma alternativa interessante na agricultura. Isso proporcionaria benefícios tanto para os produtores de cogumelos do país, como para os agricultores e consumidores, assim como para o meio ambiente (RIBAS, 2006).

## **2.10 O composto pós-cultivo de cogumelo (SMS)**

A taxa de produção de resíduos agrícolas em países produtores de cogumelos se situa atualmente em nível crítico, gerando efeito negativo ao meio ambiente. Um dos métodos de descarte dessa enorme quantidade de resíduos agrícolas gerados é através de métodos de disposição e queima dos mesmos. A aplicação e as instalações para a reciclagem de resíduos agrícolas ainda são limitadas, assim, métodos alternativos para sua utilização são necessários, como a inserção desses resíduos na produção de cogumelos, evitando poluição ambiental associada aos métodos atuais de descarte. (BARH, *et al.*, 2018).

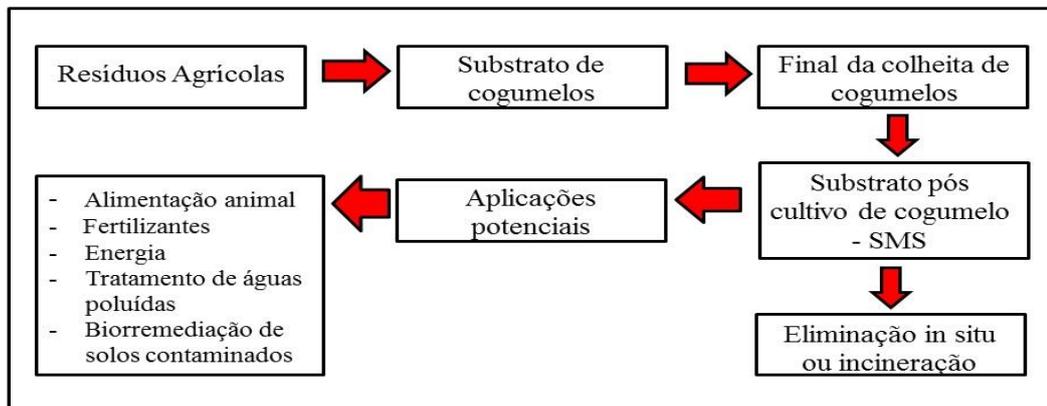
Esses resíduos agroindustriais, os quais possuem natureza lignocelulósica, podem ser utilizados na produção de cogumelos comestíveis e medicinais. Logo após o término dessa produção dos cogumelos, esse material é descartado e pode ser definido como um substrato orgânico que foi anteriormente degradado, ainda colonizado pelo fungo, porém o conteúdo inicial de nutrientes não corresponde ao conteúdo final, pois esse substrato passou por alterações físico-químicas que não podem proporcionar novos ciclos de cultivo de cogumelos do fungo utilizado. Esse material é denominado na literatura como “spent mushroom compost” (SMC), “composto residual” (CR) ou “spent mushroom substrate” (SMS), sendo o último o mais designado para se referir ao substrato. Alguns autores denominam esse resíduo de subproduto, mas outros autores discordam chamar este substrato de subproduto e preferem mencioná-lo como SMS, devido a sua elevada utilidade no meio agrônomo e biológico

(GERRITS, 1997). O cultivo comercial que produz 10 toneladas de substrato, após o cultivo resultará em 5 ou 4 toneladas de composto exaurido (RINKER, 2002).

Para cada quilograma de cogumelo produzido são gerados cerca de 5 kg de substrato residual-SMS (ZISOPOULOS, *et al.*, 2016). Cerca de 8 milhões de toneladas de cogumelos são produzidos por ano, resultando então em 40 milhões de toneladas de SMS, sendo que 80% desse composto é descartado como lixo, pois se torna fonte de poluição, promovendo diversos problemas ambientais, pois a deposição de forma inadequada e acumuladora gera esse problema. (CHIU *et al.*, 2000). A Figura mostra o processo de gerenciamento de SMS na indústria.

Embora a atual produção de SMS no Brasil ainda não seja tão abundante quando comparado com outros países importantes produtores de cogumelos, a tendência é de que o volume aumente rapidamente. Além disso, as agências reguladoras e a opinião pública estão desafiando a indústria de cogumelos para dar um fim a este problema, utilizando um tratamento ambientalmente correto para seus resíduos. Neste contexto, pesquisas sobre o uso de SMS, a partir do cultivo de *A. subrufescens* e *P. ostreatus* podem ser valiosas para regiões produtoras desses cogumelos (RIBAS, *et al.*, 2009).

Figura 1 Processo de gerenciamento de SMS na indústria de cogumelos



Fonte: Adaptado de Phan e Sabaratnam (2012).

A composição do SMS varia de acordo com a espécie cultivada, bem como da diversidade de materiais utilizados (palha de trigo e de arroz, resíduos de algodão, bagaço de cana-de-açúcar, serragens, polpa e casca de frutas, folha de bananeira, polpa de café, entre outros) (SAAD *et al.*, 2017). Dessa forma, há uma necessidade ambiental e econômica do

aproveitamento deste subproduto da fungicultura, visando a minimização dos impactos ambientais que este gera, em função da sua destinação. (FONSECA *et al.*, 2017).

Alguns trabalhos demonstram a utilização do SMS como condicionador e fertilizante do solo, e resultados satisfatórios e animadores têm sido observados. Maher *et al.*, (2000) relatam que em produção de batata em campo, em solo fertilizado utilizando doses de nitrogênio na forma de nitrato de amônia e cálcio, o uso de SMS demonstrou uma elevação significativa na matéria seca, tanto da parte aérea das planta, quanto dos tubérculos, aumentando o peso seco e fresco dos mesmos, no final da colheita. É possível que o SMS tenha eficiência benéfica na estrutura do solo e na sua atividade microbiológica, gerando assim maior crescimento, eficiência na obtenção de nutrientes e aumento de nitrogênio e potássio (MAHER *et al.*, 2000).

A utilização de SMS na cultura de tomate em estufa reduziu a densidade e elevou a quantidade de matéria orgânica do solo, aumentou a aeração e a capacidade de retenção de água, melhorou também parâmetros que mensuram qualidade do fruto, pois um provável maior conteúdo de K do composto foi responsável por aumento de sabor e qualidade (MAHER *et al.*, 2000).

Resultados satisfatórios e animadores têm sido observados. Zhang *et al.*, (2012) obtiveram maior rendimento de tomates e pepino em solo com a inserção de SMS de em relação aos não tratados com SMS. Isso demonstrou que o SMS tem efeito positivo sobre o crescimento dos vegetais. Paredes, *et al.*, (2016), em seu trabalho analisando o efeito do substratos pós-cultivo de cogumelos *P. ostreatus* e *A. bisporus* na produção de alface, observou que a aplicação do SMS aumentou o C e N orgânico do solo, as concentrações disponíveis de P e K e a capacidade de troca de cátions, além do que a adição do SMS não alterou a salinidade do solo nem o pH, nem provocou efeitos fitotóxicos nas plantas de alface. Ribas *et al.*, (2009) avaliando as propriedades físico-químicas e microbiológicas de SMS de *A. subrufescens* e *L. edodes* na promoção do crescimento de alface e remediação do solo, observaram que a matéria orgânica, teor de C e de N, P e K de *A. subrufescens* eram elevados, observou também que *A. subrufescens* fresco foi um excelente complemento para a promoção do crescimento de alface e mostrou um potencial para remediação de biocidas, devido a uma maior diversidade microbiana e atividade enzimática.

Uma característica importante apresentada pelo SMS e que pode afetar o seu uso como fertilizante de solos, por exemplo, é a condutividade elétrica. Sharma, Furlan e Lyons (1999), observaram que após o cultivo do fungo, houve um aumento da condutividade elétrica,

ocasionada pelo aumento do teor de cinzas, por isso o composto deve passar por diversas lavagens, sofrendo lixiviação para diminuir assim a condutividade elétrica ou quantidade de íons presentes. Apresenta também um número maior de bactérias quando comparado com o composto no início da produção.

A população microbiana presente no solo pode converter as proteínas do composto em amônia, podendo ser tóxica para diversas plântulas. Os principais fatores limitantes para o uso de SMS são o conteúdo de sais, a produção de amônia após sua incorporação ao solo e as mudanças de pH durante o período de maturação no ambiente. Deve-se considerar também que alguns solos toleram altas concentrações de sais, e outros elevados níveis de amônia. Esses fatores podem ser reduzidos ou extintos, incorporando previamente o SMS ao solo, ou quando esse sofre lixiviação ou é por várias vezes lavado literalmente, para assim liberar os íons presentes ali, assim deve ser levado em consideração onde será feito o descarte dessa lavagem, para não gerar futuros problemas ambientais nos solos e lençóis subterrâneos (MAFF, 2004).

O SMS apresenta baixa densidade ( $300 \text{ kg.m}^3$ ) e alto conteúdo de água (70%, v/v), e é uniforme por conter matéria orgânica estabilizada. O composto geralmente apresenta um pH bastante elevado, dependendo do tipo de fungo, mas isso pode variar entre 7 e 8, mas se mantém geralmente em torno de 7,3 quando referimos à *Agaricus*. (MAFF, 2004).

Características comuns a outros substratos orgânicos, como conteúdo moderado de nutrientes e densidade relativamente baixa são apresentadas pelo SMS e devem ser levadas em consideração para produção de hortaliças. (MAHER *et al.*, 2000).

O princípio “ZERI” (“Zero Emissions Research Initiative”) destaca que novas atividades sejam a solução para a conversão de fontes de resíduos em empregos, renda e alimentos. O SMS se enquadra nesse princípio, pois a utilização sustentável de resíduos lignocelulolíticos pode produzir cogumelos, contribuindo para melhoria de vida da população, reduzindo o lançamento de resíduos e agregando valor aos produtos de pós-cultivo (CHANG, 2003).

## 2.11 Microbiota presente no SMS

O SMS é uma mistura de substâncias orgânicas, e possui grande quantidade de elementos que favorecem o crescimento de uma série de microrganismos, onde a incidência dos microrganismos depende das condições desse composto (GUIMARÃES, 2014). Quando

existe o processo de compostagem, ocorrem mudanças nas condições nutricionais e temperatura às quais os microrganismos se adaptam, e a consequente alteração nas condições ambientais provoca seu crescimento em quantidade e diversidade em cultivo. Ocorre então uma alternância de microrganismos no substrato que resulta no composto maduro ao final do processo. Esses microrganismos, juntamente com a qualidade da matéria-prima são responsáveis pela qualidade final do composto.

Os microrganismos presentes nesse composto durante todo o processo possuem importantes funções, como degradação do substrato inicial, da matéria orgânica e eliminação de alguns organismos patogênicos. Diversos microrganismos permanecem até após a fase de colheita dos cogumelos, portanto o SMS inserido ao solo como fertilizante, por possuir uma rica microbiota, podem favorecer o crescimento vegetal e induzir resistência a alguns patógenos, como algumas bactérias já relatadas (ROMEIRO, *et al.*, 2010).

Entre as bactérias, podem ser encontradas as do gênero *Bacillus*, e gêneros de actinobactérias, como *Streptomyces* e *Thermoactinomyces* sendo *Micromonospora spp.* e *Streptomyces spp.* Entre as espécies de fungos que podem ser isoladas de compostos, podem ser citadas: *Aspergillus fumigatus*, *Chaetomonium thermophilum*, *Thermomyces lanuginos*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Torula thermophila*, *Chaetomium spp.*, *Myriococcum thermophilum*, *Stilbella thermophila*, *Thielavia terrestres*. (MARTOS, 2009; SOUZA *et al.*, 2014; STECKLING; LUZ; SALGADO-NETO, 2014).

## 2.12 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa L.*) pertence à classe *Magnoliopsida*, ordem *Asterales*, família *Asteraceae*, subfamília *Cichorioideae*, tribo *Lactuceae*, e gênero *Lactuca* (ABAURRE, 2004). É uma planta originária da Bacia do Oriente Médio, geralmente consumida *in natura* na sua fase vegetativa. É cultivada em praticamente todas as regiões geográficas, compõe a salada preferida dos brasileiros, juntamente com o tomate, pois apresenta facilidade de preparo e sabor refrescante e agradável. É a planta das *oleráceas* mais consumidas e difundidas no mundo (MARCHI, 2006). É uma hortaliça delicada e sensível às condições climáticas como temperatura, fotoperíodo, intensidade de luz, condições de solo, concentração de dióxido de carbono, influenciando diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta (MULLER, 1991).

No Brasil existem vários grupos de alface, porém as mais utilizadas atualmente são: Americana, que possui folhas que formam uma cabeça, com os bordos das folhas crespas (ex.: cultivares Lucy Brown e Tainá); Repolhuda-Manteiga, parecida à anterior, mas com as bordas das folhas lisas (ex.: cultivares Aurélia e Elisa); grupo Solta-Lisa que não formam uma cabeça e possuem as bordas das folhas lisas (ex.: cultivares Uberlândia-10000 e Regina); Solta-Crespa é semelhante ao grupo anterior, mas possuem as bordas das folhas crespas (ex.: cultivares Verônica e Vera)- sendo o grupo que mais cresceu no Brasil, correspondendo hoje a 70% do mercado; existe ainda o grupo Mimosa, que são alfaces com folhas bem recortadas (ex.: cultivar Salad Bowl) e o grupo Romana, sendo estes dois últimos com menor importância econômica (FILGUEIRA, 2003).

A planta possui um caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em volta do caule em roseta, podem ser crespas ou lisas, formando ou não uma cabeça. Sua coloração varia de tons de verde ou roxa, de acordo com a cultivar, é uma planta autógama, monóica, herbácea anual ou perene, raiz superficial, pouco ramificada (FILGUEIRA, 2005). Seu período vegetativo se estende desde emergência das plântulas até o início da floração. A fase vegetativa corresponde a produção comercialmente viável, e se encerra quando as folhas atingem seu maior tamanho (ABAURRE, 2004). Ela possui um sistema radicular pivotante de ramificações finas e curtas, podendo atingir até 60 cm de profundidade, explorando efetivamente de 15 a 20 cm do perfil do solo (CAMARGO, 1984).

A alface contém: 94% de água, valor calórico de 18 kcal, 1,3% de proteínas, 0,3g de lipídeos, 3,5g de carboidratos totais, 0,7g de fibra, 68mg de cálcio, 27mg de fósforo, 1,4mg de ferro, 24mg de potássio, além de vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub> e C e ácidos orgânicos cujas concentrações variam de acordo com a cultivar (MAGALHÃES, 2006).

O período de cultivo se situa entre 40 a 70 dias dependendo do sistema (semeadura direta ou transplante de mudas), da época de plantio (verão ou inverno), cultivar utilizado e sistema de condução, no campo ou protegido (LIMA, 2007).

A espécie é típica de inverno e sob temperaturas amenas se desenvolve e produz melhor. A faixa de temperatura mais adequada para o crescimento e produção da alface está entre 12 e 22°C (SUINAGA *et al.*, 2013). Tal fator pode alterar bruscamente todo desenvolvimento, atuando na germinação da semente, afetando a dormência e a viabilidade (FILGUEIRA, 2003). Existe uma série de dificuldades quanto ao cultivo da alface em condições brasileiras, devido às elevadas temperaturas, pois apresenta baixa tolerância as condições ambientais (SUINAGA, *et al.*, 2013). Temperaturas acima de 25° C aceleram o

ciclo cultural, resultando em plantas menores, passando rapidamente para a fase reprodutiva (FILGUEIRA, 2003).

As temperaturas ótimas para a alface dependem do estágio de desenvolvimento da cultura: na germinação 15 a 20°C e no desenvolvimento 14 a 18°C durante o dia e 5 a 20°C durante a noite, estes valores de temperatura devem estar conjugados com umidade relativa do ar entre 60 e 70% (SGANZERLA 1997).

Segundo Malavolta (1989), a alface exige um pH de 6,0 a 6,8 para se obter boa produção, não tolerando solos ácidos, pois possui raízes com exploração nas camadas superficiais, de aproximadamente 20 a 25 cm, por isso o solo precisa ser drenado, calado e convenientemente adubado.

O solo para o cultivo de alface deve possuir textura média, ser rico em matéria orgânica e ter uma boa disponibilidade de nutrientes. O uso de insumos que melhorem condições físicas, química e biológicas do solo é interessante para se obter produtividade elevada. Maiores produções podem ser obtidas melhorando-se as características químicas e físico-químicas do solo, utilizando acréscimo de doses crescentes de compostos orgânicos (SOUZA *et al.*, 2005).

A utilização de adubação orgânica produz plantas com características qualitativas superiores, melhora a qualidade nutricional da alface e aumenta a produção (SILVA *et al.*, 2011). Assim a agricultura orgânica pode gerar uma fonte de renda para o pequeno produtor, com desenvolvimento sustentável e de forma holística, pois propõe utilização de recursos naturais sem adições externas, agregando assim valor ao produto quando este é comercializado (SOUZA, 2001).

Como qualquer cultura a alface está sujeita à ocorrência de diversas doenças (aproximadamente 75 de origem biótica), as quais foram registradas em diversas partes do mundo (LOPES & QUEZADO-DUVAL, 1998). Segundo Pavan *et al.*, (2005), entre as principais doenças de ocorrência no Brasil estão: as Viroses: Mosaico (*Lettuce mosaic virus* – LMV) e Vira-cabeça (*Tospovirus*); Bacterioses: Mancha bacteriana (*Pseudomonas cichorii*), e *Pectobacterium carotovorum* (syn.: *Erwinia carotovora*); Nematoses: *Meloidogyne* spp.; e finalmente as Micoses: Mancha de Alternária (*Alternaria cichorii*), Míldio (*Bremia lactucae*).

Devida a sua elevada exigência, adubos orgânicos de várias origens têm sido empregados no cultivo da alface, pois além de proporcionar melhorias das propriedades químicas e físicas do solo podem reduzir a necessidade de utilização de adubos minerais (SOUZA *et al.*, 2005).

Solos de textura média com boa capacidade de retenção de água são ideais para a cultura. A faixa de pH deve se manter entre 6,0 e 6,8, pois é a mais indicada para o desenvolvimento eficaz. Excelentes respostas têm sido obtidas com aplicações de nitrogênio e fósforo, onde o nitrogênio expande a área fotossintética ativa, favorece o crescimento vegetativo, e eleva o potencial produtivo da cultura, já o fósforo está ligado com o aumento de absorção da água e nutrientes, e favorece o desenvolvimento radicular. A utilização de potássio não demonstra elevação na produção, contudo, doses adequadas podem favorecer o uso eficiente de água e translocação de carboidratos, em excesso gera um desequilíbrio na nutrição da planta, dificultando a absorção e utilização de vários nutrientes como o cálcio (FILGUEIRA, 2005).

### **2.13 A cultura da rúcula**

A rúcula (*Eruca sativa L.*) é uma hortaliça folhosa herbácea, pertencente à família *Brassicaceae*, originária da região mediterrânea. É conhecida desde a antiguidade, e apresenta porte baixo e ciclo bastante curto. Possui folhas espessas e recortadas, de cor verde, com nervuras verde-claras. Ela também é conhecida como mostarda persa, agrião mostarda ou pinhão (MORALES; JANICK, 2002). No Brasil, é consumida em salada crua e em pizzas, sendo que nos últimos anos apresentou um aumento significativo na sua popularidade e consumo.

Possui um ciclo relativamente curto, com cerca de 30 a 35 dias, suas folhas possuem vitamina C, potássio, enxofre, ferro, cálcio e vitamina E, e apresentam propriedades anti-inflamatórias e desintoxicantes para o organismo (TRANI; PASSOS, 1998). Em relação a sua composição nutricional, para cada 100 g de massa de matéria fresca, tem-se: 91,7 g de água, 2,58 g de proteína, 1,6 g de fibra, 160 mg de cálcio, 1,40 mg de ferro, 47 mg de magnésio, 52 mg de fósforo, 369 mg potássio, 27 mg de sódio, 0,47 mg de zinco, 15 mg de vitamina C, 0,044 mg de tiamina, 0,086 mg de riboflavina, 0,305 mg de niacina, 0,437 mg de ácido pantotênico e 0,073 mg de vitamina B6 (USDA, 2004).

A planta cresce bem sob temperaturas amenas, e floresce em dias longos com altas temperaturas (MORALES e JANICK, 2002). No Brasil para se obter um bom desenvolvimento da planta, são necessárias temperaturas em torno de 15 a 18°C e a melhor época para o plantio é de março a julho (outono/inverno) (TRANI *et al.*, 1992). Temperaturas elevadas podem prejudicar a produção induzindo o florescimento precoce, porém Filgueira

(2000) destaca que apesar de a rúcula produzir melhor em temperaturas amenas, ela tem sido cultivada em numerosas regiões brasileiras ao longo de todo o ano. A espécie mais cultivada no Brasil é a *Eruca sativa* Miller.

Existem várias recomendações de adubação mineral para *Brássicas* (couve e repolho), porém são escassas ou quase nulas, de pouca confiabilidade a informações sobre a nutrição mineral da rúcula. As recomendações de adubação existentes são pouco específicas, prevalecendo mais o empirismo (KIMOTO, 1993). Geralmente resultados de pesquisas encontrados para a alface, são utilizados para a adubação dessa cultura (KATAYAMA, 1993).

Entre as diversas doenças da rúcula, destaca-se a ferrugem-branca das folhas que, quando se instala faz a planta se tornar imprópria para o comércio. O controle dessa doença é difícil. O fungo da ferrugem-branca é o *Albugo cândida* (Pers.) Kuntze.

No cultivo da rúcula, o nitrogênio é essencial, pois promove modificações morfo-fisiológicas na planta. É o mais importante para o seu desenvolvimento, pois na matéria seca da planta ele se apresenta em maior quantidade do que qualquer outro elemento (ENGELS e MARSCHENER, 1995). A falta de nitrogênio na cultura da rúcula gera um menor desenvolvimento das plantas. As folhas mais velhas inicialmente apresentam clorose, que depois evolui para uma clorose mais acentuada, podendo até causar a morte (KAGUIMOTO *et al.*, 1982).

Recomendações de adubação para a rúcula e alface e outras culturas sem fazer diferenciação entre famílias ou espécies no plantio, são feitas semelhantemente por Trani e Raj (1996) e Camargo (1992), onde para agrião, alface, alho-porró, almeirão, acelga, chicória, couve-chinesa, espinafre, escarola, mostarda e condimentos, recomendam a aplicação de 60 a 80 t/ha de esterco rural ou ¼ dessa quantidade na forma de esterco de galinha, de 40 kg/ha de nitrogênio por plantio, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de adubos para cultivo da alface e rúcula  
**Adubação da rúcula**

	<b>Quantidade</b>
N	40 (kg/ha)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	200-400 (kg/ha)
K <sub>2</sub> O	50-150 (kg/ha)
Esterco de gado	40-60 (t/ha)
Esterco de galinha	¼ do volume de 40-60 (t/ha)

Fonte: Adaptado de Camargo (1992).

### 3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ABAURRE, MEO. Crescimento e produção de duas cultivares da alface sob malhas termorreforestadas no cultivo de verão. Viçosa, MG: UFV, impr. Univ., 79f. **Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa. 2004
- ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W. & BLACKWELL, M. *Introductory Mycology*. 4th ed. **New York: John Wiley & Sons**. 1996.
- ALVARENGA, M. A. A. R. (Ed.). *Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia*. Ufla, 2013.
- BARH, A., UPADHYAY, R. C., KAMAL, S., ANNEPU, S. K., SHARMA, V. P., SHIRUR, M., & BANYAL, S. In: **Microbial Biotechnology in Environmental Monitoring and Cleanup**. IGI Global, p. 252-266. 2018.
- BELS-KONING, H.C. & BELS, P.J. Handleiding voor de champignon cultuur. **Proefstn Champ. cult.**, Horst (L.), 295 p. 1958.
- BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. Lodo de esgoto: impactos na agricultura. Jaguariúna: **EMBRAPA Meio Ambiente**. 349 p , 2006.
- BEZERRA, F. C; SILVA, T. C.; FERREIRA, F. V. M.; Produção de mudas de pimentão em substratos à base de resíduos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 2, p. 1356-1360, 2009.
- BLUM LEB; AMARANTE CVT; GÜTTLER G; MACEDO AF; KOTHE D; SIMMLER A; PRADO G; GUIMARÃES L. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira** 21: 627-631, 2003
- BONONI, V. L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R. Cultivo de cogumelos comestíveis. São Paulo: **Ícone**, 206 p. 1995.
- BONONI, V. L., CAPELARI, M., MAZIERO, R. & TRUFEM, S. F. B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Ícone. 1999.
- CAMARGO, L. DE S. As hortaliças e seu cultivo. 2ª ed. Campinas: **Fundação Cargill**, 448p. 1984.
- CAMARGO, L. DE S. As hortaliças e seu cultivo. 3 ed. Campinas: **Fundação Cargil**, 252 p. 1992.
- CARVALHO, B. A. Conheça melhor as hortaliças. Campo Grande: **EMPAER**, (Documentos, 17). 1988.
- CEFA. China Edible Fungus Association. 2014. The survey results for the edible fungus 2013 annual analysis of China Edible Fungus Association. <http://www.cef.com.cn/> (Accessed June 29, 2015).

- CHANG, S. T. Mushroom cultivation using the “Zeri” principle: potencial for application in Brasil. **Anais do Primeiro Simpósio Internacional sobre cogumelos na alimentação, saúde, tecnologia e Meio Ambiente no Brasil**. Documentos 88, Brasília, DF: Embrapa, p.32-41. 2003.
- CHANG, S. T.; MILES, P. G. Edible mushrooms and their cultivation. **Boca Raton: CRC**, 345 p. 1989.
- CHANG, S. T.; MILES, P. G. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. **Boca Raton: CRC Press**, 480 p. 2004.
- CHANG, S.T. The world mushroom industry: trends and technological development. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, Haifa, v. 8, n. 4, p. 297-314, Oct. 2006.
- CHICONATO, D. A., DE SIMONI, F., GALBIATTI, J. A., FRANCO, C. F. & CAMELO, A. D. 2013. Resposta da alface à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação. **Bioscience Journal**, 29, 392-399, 2013.
- CHIU, S. W.; LAW, S. C.; CHING, M.; CHEUNG, K. W.; CHEN, M. J. Themes for mushroom exploitation in the 21st century: sustainability, waste management and conservation. **Journal of General and Applied Microbiology**, v.46, p.269-282. 2000.
- COHEN, R. L.; PERSKY, L.; HADAR, Y. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. **Applied Microbiological Biotechnology**, v. 58, n. 5 p. 582-594, 2002.
- COLAUTO, N. B., DA SILVEIRA, A. R., DA EIRA, A. F., & LINDE, G. A. Alternative to peat for *Agaricus brasiliensis* yield. **Bioresource Technology**, 101(2), 712-716. (2010).
- COLAUTO, N.B.; EIRA, A.F.;LINDE, G.A.Cryopreservation of *A.blazei* in liquid nitrogen using DMSO as cryoprotectant. **Biosci.J.** v.28, n.6, p. 1034-1037, 2012.
- CORRÊA, J. C., BARILLI, J., REBELLATTO, A., & VEIGA, M. D. Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo. **Embrapa Suínos e Aves-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2011.
- COSTA, A. M., BORGES, E. N., SILVA, A. A., NOLLA, A. & GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, 33, 1991-1998, 2009.
- DAROLT, M. R. **A evolução da agricultura orgânica no contexto brasileiro**. Retrieved from: <http://www.vidanocampoonline.com/index.php/artigos/851-aevolucao-da-agricultura-organica-nocontexto-brasileiro> Acesso em: 20 jan. 2019. (2011).
- DE AZEVEDO, D. B., OSORIO, R. M. L., CARDOSO, B. B., & DE QUEIROZ CARVALHO, R. Cadeia de produção do cogumelo orgânico: o estudo de caso da empresa cogumelos brasileiros. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: GeAS**, v. 3, n. 1, p. 139-153, 2014.
- DE LIZ, R. S., CARRIJO, O. A. Substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças. **Embrapa Hortaliças**, 2008.

DIAS, ES; ABE, C.; SCHWAN, RF Verdades e mitos sobre o cogumelo *Agaricus blazei*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.5, p.545-549, Sept./Oct. 2004.

DIAS, E.S. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.795-803, 2010. Disponível em: Acesso em: 29 nov. 2012. doi: 10.1590/S1413-70542010000400001. 2010.

EGER, G.; EDEN, G.; WISSING, E. *Pleurotus ostreatus*, breeding potential of a new cultivated mushroom. **Theoretical and Applied Genetics**, v.47, p.155-163, 1976.

ENGELS, C.; MARSCHENER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, E. P. **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, p.41-71. 1995.

FAO. Divisão de Estatísticas da FAO. 2013. Disponível em <http://www.faostat.fao.org/site/567efault.aspx?pageID=567#anchor>. [Acessado em 20 de janeiro de 2019]. 2013

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS <http://faostat.fao.org/> - 2014.

FIGUEIRÊDO, V. R.; DIAS, E. S. Cultivo do champignon em função da temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 241-246, fev. 2014.

FILGUEIRA F. A. R. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **2ª ed. Viçosa: UFV**. 412p. 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Viçosa. UFV**, 402 p. 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. **Lavras: UFLA**, 333 p. 2003.

FILGUEIRA, F. A. R.. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **2º edição - revista e ampliada**. Viçosa: UFV, 412 p. 2005.

FONSECA, L. S., ARAÚJO, A., MACHADO, A., DE SIQUEIRA, F. G., LEMOS, M., ; MENDONÇA, S. Caracterização química do resíduo pós-cultivo de cogumelos destoxificantes em torta de algodão. **In Embrapa Agroenergia-Artigo em anais de congresso**. In: ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 4., 2017

FURLANI, R. P.Z.; GODOY, H.T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis: uma revisão. **Rev Inst Adolfo Lutz**, n. 64, v.2, p.149-154, 2005.

GERRITS, J.P.G. Compost for mushroom production and its subsequent use for soil improvement. In: Compost: Production, Quality and Use. New York: **Elsevier Applied Science**, p. 431-439. 1997.

GONÇALVES, M. S., KETZER TOZINI, T., VIELMO, H., & CORNELI, V. M. Compostagem de esterco bovino de pequenas propriedades rurais para uso como fertilizante orgânico. In: **Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais**. 2017.

GUIMARÃES, S. E. Estudo da microbiota durante a fase II da compostagem para produção do substrato de cultivo do cogumelo *Agaricus blazei*. 2014. 69 p. **Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.**

GUO, M.; CHOROVER, J.; FOX, R. H. Effects of spent mushroom substrate weathering on the chemistry of underlying soils. **Journal of Environmental Quality**, v.30, p.2127-2134. 2001.

HENRIQUES, G. S.; SIMEONE, M. L. F.; AMAZONAS, M. A. L. A. Avaliação in vivo da qualidade protéica do champignon do Brasil (*Agaricus brasiliensis* Wasser et al.) In vivo protein quality evaluation of champignon do Brasil (*Agaricus brasiliensis* Wasser et al.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 21, n. 5, p. 535-543, set./out. 2008.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados do IEA**, 2010. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>. Acesso em: 04 Agosto de 2017.

KAGUIMOTO, L. I.; BALBI, L. A.; TEIXEIRA, N. T. Sintomas de deficiência de nitrogênio e fósforo em rúcula (*Eruca sativa* L.). **Ecossistema**, v. 7, 1982.

KÄMPF, A. N. Evolução e perspectivas do uso de substratos no Brasil. In: BARBOSA, J. G. ; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W. ; SEDIYAMA, MARIA APARECIDA N. Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas em Substrato. Viçosa: **Editora Gráfica da Universidade Federal de Viçosa**, p. 3-10. 2004.

KATAYAMA, M., T. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: **Anais do Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Potafos, p.141-146. 1993.

KAUFERT, F. The biology of *Pleurotus corticatus* Fries. Minnesota: **Minnesota Agricultural Experiment Station Bulletin**, 114 p. 1936.

KERRIGAN, R. W. *Agaricus subrufescens*, a cultivated edible and medicinal mushroom, and its synonyms. *Mycologia*, v. 97, n. 1, p. 12-24, 2005.

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: **Agronômica Ceres**. 492p, 1985.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolos. In: **Anais do Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Potafos, p.149-178. 1993.

KINUGAWA, K.; TANESAKA, E.; NAGATA, A.; WATANABE, K. Cross-compatibility between Thai and Japanese Oyster mushrooms and the inheritance of fruiting habits. **Memoirs of the Faculty of Agriculture of Kinki University**, n.30, p.7-11, 1997.

LIMA, M. E. Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo. **Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro UFRRJ**. Seropédica, RJ. Fevereiro de 2007.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A.M. **Doenças da Alface**. Brasília: EMBRAPA HORTALIÇAS, 18p. (Circular técnica, 14). 1998.

- MADIGAN, M. T. et al. Microbiologia de Brock. 12. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 1160 p. 2010.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Food and Fisheries – British Columbia). Use of spent mushroom compost. In: **Resource management – environmental guidelines for mushroom producers**. Disponível em: <http://www.agf.gov.bc.ca>. Acesso em: jan 2019. 2004.
- MAGALHÃES, A.G. Caracterização de genótipos de alface (**Tese de mestrado**) Universidade federal rural de Pernambuco- recife, 2006.
- MAHER, M. J.; MAGETTE, W. L.; SMYTH, S.; DUGGAN, J.; DODD, V. A.; HENNERTY, M. J.; McCABE, T. **Managing spent mushroom compost**. Disponível em: .Acesso em: jan. 2019. 2000.
- MALAQUIAS, C. A. A; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **PUBVET**, v. 11, p. 424-537, 2016.
- MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 5. ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1989. 292 p.
- MARCHI, P.R. Compostagem: aplicação, benefício e restrições de uso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19. 2006
- MARINO, R. H. Melhoramento genético de *Pleurotus ostreatus* visando o cultivo axênico de linhagens resistentes ao calor. 2002. 109f. **Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Instituto de Química do Campus de Araraquara**, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2002.
- MARTOS, E. T. Estudos de camada de cobertura e indução da frutificação do cogumelo *Agaricus subrufescens*. 2013. 82 p. **Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras**, Lavras, 2013.
- MORAES, F.R.P. Adubação do cafeeiro: macronutrientes e adubação orgânica. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A. (Ed.) Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba, **Instituto da Potassa & Fosfato**. p.77-89, 1981.
- MORALES, M. R; JANICK, J. Aragula: promising speciality leaf vegetable. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (Eds.). **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS, p. 418-423. 2002.
- MUEZ, M.A. Bases para el cultivo de *Pleurotus*. En: **I Jornadas técnicas del Champiñón y otros hongos comestibles en Castilla-La Mancha**, 129-141. Ed. Patronato de promoción económica, Diputación Provincial de Cuenca. Cuenca, España. p 169 . 1994.
- MULLER, A.G. Comportamento térmico do solo e do ar em alface em diferentes tipos de cobertura do solo. 77f. Dissertação (mestrado) – mushroom exploitation in the 21st century: sustainability, waste management and conservation. **Journal of General an Applied Microbiology**, v.46, p.269-282. 1991.
- NAVEGANTES, Kely Campos et al. Atividade antimicrobiana, antioxidante e imunomoduladora de *Agaricus brasiliensis* e *Ilex paraguariensis* in vitro e em modelo de sepse murino. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Pará. 2016.

- OLIVEIRA, H.C.B.; URBEN, A.F. Cultivo de *Pleurotus* sp. utilizando a técnica “Jun- Cao”. In: URBEN, A.F. Produção de cogumelos por meio da tecnologia chinesa modificada. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 151p. 2001.
- PAREDES, C., MEDINA, E., BUSTAMANTE, M. A., & MORAL, R. Effects of spent mushroom substrates and inorganic fertilizer on the characteristics of a calcareous clayey-loam soil and lettuce production. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 4, p. 487-494, 2016.
- PAVAN, M. A., KRAUSE-SAKATE R, & KUROSAWA C. Doenças da Alface. In: Kimati H., Amorim L., Filho A.B.; Camargo L.E.A., Rezende J.A.M.; (Eds) **Manual de Fitopatologia. Doenças de plantas cultivadas**, Vol. 2, São Paulo, Brasil, Editora Agronômica Ceres, p. 27-35. 2005.
- PHAN, C. W., & SABARATNAM, V. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. **Appl Microbiol Biotechnol** 96(4):863–73. 2012.
- RIBAS, L. C. C. Utilização do composto residual da produção de cogumelos na fertilização de alface (*Lactuca sativa* L.) e seu potencial na biorremediação de solos. Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. 2006.
- RIBAS, L.C.C.; DE MENDONÇA, M.M.; CAMELINI, C.M.; SOARES, C.H.L. Use of spent mushroom substrates from *Agaricus subrufescens* (syn. *A. blazei*, *A. brasiliensis*) and *Lentinula edodes* productions in the enrichment of a soil-based potting media for lettuce (*Lactuca sativa*) cultivation: Growth promotion and soil bioremediation. **Bioresource technology**, 100(20): 4750-4757, 2009.
- RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; ALVAREZ VVH. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa, MG. 359p. 1999.
- RINKER, D.L. Handling and using “spent” mushroom substrate around the world. In: **International Conference of Mushroom Biology and Mushroom Products**. Cuernavaca: WSMBMP, p. 43-60. 2002.
- ROMEIRO, R.S.; LANNA FILHO, R.; MACAGNAN, D.; GARCIA, F.A.O.; HARLLEN S.A. SILVA, H.S.A. Evidence that the biocontrol agent *Bacillus cereus* synthesizes protein that can elicit increased resistance of tomato leaves to *Corynespora cassiicola*. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 11-15, 2010.
- ROYO, J. Fertilizante proveniente da mistura de composto orgânico e fontes minerais mantém a mesma produtividade dos adubos comerciais. 2010. Disponível em: [www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp](http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp). Acesso em: 2 de nov. 2016
- ROYSE, D. J., BAARS, J., & TAN, Q. Current overview of mushroom production in the world. *Edible and medicinal mushrooms: Technology and applications*, p. 5-13, 2017.
- SAAD, A. L. M., VIANA, S. R. F., SIQUEIRA, O. A. P. A., SALES-CAMPOS, C., & DE ANDRADE, M. C. N. Aproveitamento de resíduos agrícolas no cultivo do cogumelo medicinal *Ganoderma lucidum* utilizando a tecnologia chinesa “JunCao” Use of agricultural residues in the cultivation of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* using the “Jun-Cao” Chinese technology. **AMBIÊNCIA**, v. 13, n. 3, p. 572-582, 2017.

- SAMPAIO, S. M. & QUEIROZ, M. R. Influência do processo de secagem na qualidade do cogumelo shiitake. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 26(2), p. 570-577. 2006.
- SAMSON, R. A. et al. Introduction to Food-Borne Fungi. 4. ed. Baarn: **Centraalbureau Voor Schimmelcultures**, 247 p. 1995.
- SÁNCHEZ, C. Modern aspects of mushroom culture technology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 64, n. 6, p. 756-762, 2004.
- SÁNCHEZ, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 85, n. 5, p. 1321-1337, Feb. 2010.
- SÁNCHEZ, J. E.; ZIED, D. C.; ALBERTO, E. Edible Mushroom production in the Americas. **Moving Toward Edible Fungi Industry 4.0**. p. 2-11, China. 2018.
- SANTOS, G. A. Fundamentos de Matéria Orgânica do Solo; ecossistemas tropicais e subtropicais, **2 ed. rev. e atual** – Porto Alegre – RS; Metrópole, 654p. 2008.
- SGANZERLA, E. Nova Agricultura, A Fascinante Arte de Cultivar com os Plásticos. Porto Alegre: **Plasticultura Gaúcha**. 297p. 1997.
- SHARMA, H. S. S.; FURLAN, A.; LYONS, G. Comparative assessment of chelated spent mushroom substrates as casing material for production of *Agaricus bisporus*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.52, p.366-372. 1999.
- SHIBATA, CRISTINA; DEMIATE, IVO. Cultivo e análise da composição química do cogumelo do sol (*Agaricus Blazei* Murril). **UEPG- Ciências Biológicas e da Saúde**. v. 2, p. 21-32, Ponta Grossa, junho, 2003.
- SILVA, E. M. J. SILVA, T. P., MATOS, T. E. S., AMORIM, I. A., AQUINO, A. L. & MELLO, A. H. Análise das propriedades químicas de um solo em relação aos diferentes usos e manejos em uma propriedade rural familiar no sudeste do Pará. **Cadernos de Agroecologia**, 10, 2016.
- SILVA, PRISCILLA NÁTALY DE LIMA. Produção de beterraba em função de doses de bokashi e torta de mamona em cobertura. 2014.
- SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO S.E.TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.242-245, 2011.
- SILVEIRA, M.L.L. Comparação entre o desempenho do inoculo sólido e inoculo líquido para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833. **Dissertação (mestrado)**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SOUZA, J. L. Pesquisa em olericultura orgânica. In: I WORKSHOP DE OLERICULTURA ORGÂNICA NA REGIÃO AGRONÔMICA DO DISTRITO FEDERAL.2001, Brasília, Anais... Brasília: **Embrapa Hortaliças**, p. 143-146, 2001.
- SOUZA, P. A.; NEGREIROS, M. Z.; MENEZES, J. B.; et al. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.3, p. 754-757, jul-set, 2005.

- SOUZA, T. P. et al. Analysis of thermophilic fungal populations during phase II of composting for the cultivation of *Agaricus subrufescens*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Dordrecht, v. 30, n. 9, p.2419-2425, May 2014.
- STEFANELLO, Flávia. Avaliação da atividade antioxidante de cogumelo do sol (*Agaricus blazei* Murril) e sua aplicação em lingüiça. 2013. 94 f. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)** - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- STECKLING, S. D. M.; LUZ, C. R. da; SALGADO-NETO, G. Fungos contaminantes do composto para cultivo de cogumelo *Agaricus Bisporus* (Lange) Imbach. **Revista Eletrônica de Biologia**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 303-324, dez. 2014.
- SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal crespa. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, (Comunicado técnico). 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal.4.ed. Porto Alegre: **Artmed**. 819p, 2009.
- TOUSSAINT-SAMAT, M. History of food. New York: **Barnes & Noble Books**, 659 p. 1992.
- TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC. 8p. (Boletim técnico 146). 1992.
- TRANI, P. E.; PASSOS, F. A. Rúcula (pinhão). In: FAHL, J. I. et al. (Ed.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 241-242. (Boletim, 200). 1998.
- TRANI, P. E.; RAIJ. B. VAN. Hortaliças. In: RAIJ. B. VAN. et. al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: IAC, p.157-186, (Boletim técnico 100). 1996.
- USDA. **Nutrient Database for Standart Reference**. Release 17 (July 2004). Acesso: 05 de setembro. 2017.
- VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. The cultivation of mushrooms. **Sussex: Rustington**. 515 p. 1988.
- VIGNOLO, KLEINICK G., FERNANDES ARAÚJO, V., JESKE KUNDE, R., POSSER SILVEIRA, C. A., & CORRÊA ANTUNES, L. E. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1755-1761, 2011.
- WASSER, S. P. Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 89, n. 5, p. 1323-1332, Mar. 2011.
- WASSER, S. P.; DIDUKH, M. Y.; AMAZONAS, M. A. L. A; NEVO, E.; STAMETS, P.; EIRA, A. F. Is a widely cultivated culinary-medicinal royal sun *Agaricus* (the Himematsutake mushroom) indeed *Agaricus blazei* Murrill **International Journal of Medicinal Mushr.**; v.4, p.267-290,2002.

WISITRASSAMEEWONG, K., KARUNARATHNA, S. C., THONGKLANG, N., ZHAO, R., CALLAC, P., MOUKHA, S., & HYDE, K. D. *Agaricus subrufescens*: a review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Washington, v. 19, n. 2, p. 131-146, Apr. 2012.

ZHANG, C. K.; GONG, F.; LI, D. S. A note on the utilization of spent mushroom composts in animal feeds. **Bioresource Technology**, v. 52, p. 89-91, 1994.

ZHANG, RUN-HUA; ZENG-QIANG, D. U. A. N.; ZHI-GUO, L. I. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. **Pedosphere**, v. 22, n. 3, p. 333-342, 2012.

ZIED, D. C. Produtividade e teor de B-glucana de *Agaricus subrufescens* Peck (*Agaricus blazei* (Murrill) ss. Heinemann), em função de diferentes práticas de cultivo e conversões energéticas. 2011. 106 p. **Tese (Doutorado em Agronomia)** - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu, 2011.

ZISOPOULOS, F. K., RAMÍREZ, H. A. B., VAN DER GOOT, A. J., & BOOM, R. M.A resource efficiency assessment of the industrial mushroom production chain: the influence of data variability. **J Clean Prod** 126:394–408, 2016.

## CAPÍTULO 2

### UTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO PÓS-CULTIVO (SMS) DE *Agaricus subrufescens* e *Pleurotus ostreatus* NA PRODUÇÃO DE ALFACE E RÚCULA

#### RESUMO

*Agaricus subrufescens* e *Pleurotus ostreatus* são cogumelos que possuem um elevado interesse comercial e crescente produção, resultando em um excedente residual pós-cultivo. O resíduo dessa produção é denominado de composto pós-cultivo de cogumelos ou SMS, originado do inglês “spent mushroom substrate”. O SMS tem se tornado um subproduto valioso devido às suas propriedades físico-químicas e elevado teor de nutrientes. Assim pode ser uma importante fonte de substrato alternativo na produção de hortaliças, as quais representam uma parcela econômica expressiva na agricultura. Deste modo, o presente estudo avaliou o uso do SMS de *Pleurotus ostreatus* var. Flórida e *Agaricus subrufescens* como fertilizante e condicionador de solo para o cultivo de alface e rúcula. O experimento foi conduzido à campo, em dois experimentos sequenciais, em uma fazenda experimental da UFLA (CDTT). Cada experimento consistiu em 13 tratamentos representados por canteiros de 1m<sup>2</sup>, sendo estes: T1 – testemunha; T2 – SMS de *A. subrufescens* (dose 1- 1 kg.m<sup>-2</sup>); T3 – SMS de *A. subrufescens* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>); T5 – SMS de *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T6 – SMS de *P. ostreatus* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T7 – SMS de *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T8 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T9 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T10 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T11 – esterco de galinha (1,5 kg.m<sup>-2</sup>); T12 – substrato comercial A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>); T13 – substrato comercial B<sup>®</sup> (3 kg.m<sup>-2</sup>). As seguintes variáveis foram analisadas: número de folhas totais; comprimento da raiz; massa fresca da raiz; massa seca da raiz; comprimento da parte aérea; massa fresca da parte aérea; massa seca da parte aérea; além de diâmetro do colo para alface e produtividade. Concluiu-se que o uso do SMS de *Agaricus subrufescens* na dose de (4 kg.m<sup>-2</sup>) é uma alternativa de fertilizante orgânico no cultivo de alface e rúcula, demonstrando o grande potencial do SMS de *A. subrufescens* na produção de hortaliças com qualidade superior em relação aos produtos comerciais. Além disso, os tratamentos T10-SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3- 4 kg.m<sup>-2</sup>) e T5 - SMS de *P. ostreatus* (dose 1 – 1 kg.m<sup>-2</sup>) apresentaram resultados estatisticamente intermediários, porém bastante satisfatórios, mostrando o potencial do SMS, na produção de hortaliças.

**Palavras-chave:** substrato pós-cultivo de cogumelos, *Agaricus subrufescens*, resíduos e hortaliças

## ABSTRACT

*Agaricus subrufescens* and *Pleurotus ostreatus* are mushrooms which have a high commercial interest and increasing production, resulting in a residual post-cultivation surplus. The residue of this production is denominated post-mushroom compound or SMS, originating from the English "spent mushroom substrate". SMS has become a valuable by-product because of its physicochemical properties and high nutrient content. Thus, can be an important source of alternative substrate in the production of vegetables, which represent an economically significant portion in agriculture. Thus, the present study evaluated the use of SMS of *Pleurotus ostreatus* var. Florida and *Agaricus subrufescens* as fertilizer and soil conditioner for the cultivation of lettuce and arugula. The experiment was conducted to the field in two sequential experiments, in a UFLA experimental farm (CDTT). Each experiment consisted of 13 treatments represented by beds of 1 m<sup>2</sup>, these being: T1 - control; T2 - SMS of *A. subrufescens* (dose 1- 1 kg.m<sup>-2</sup>); T3 - SMS of *A. subrufescens* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T4 - SMS of *A. subrufescens* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T5 - SMS of *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T6 - SMS of *P. ostreatus* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T7 - SMS of *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T8 - SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T9 - SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T10 - SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3-4 kg.m<sup>-2</sup>); T11 - chicken manure (1,5 kg.m<sup>-2</sup>); T12 - commercial substrate A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>); T13 - commercial substrate B<sup>®</sup> (3 kg.m<sup>-2</sup>). The following variables were analyzed: number of total leaves; root length; fresh root mass; root dry mass; shoot length; fresh shoot mass; dry shoot mass; besides the diameter of the colon for lettuce and productivity. It was concluded that the use of the SMS of *Agaricus subrufescens* at the dose of (4 kg.m<sup>-2</sup>) is an alternative of organic fertilizer in the cultivation of lettuce and arugula, demonstrating the great potential of the SMS of *A. subrufescens* in the production of vegetables, with superior quality compared to commercial products. Besides, the treatments T10-SMS of *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) and T5-SMS of *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>) presented statistically results intermediaries, but quite satisfactory, showing the potential of SMS in the production of vegetables.

**Keywords:** *spent mushroom substrate, Agaricus subrufescens, wastes and vegetables*

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, observa-se uma clara preocupação com respeito ao nosso sistema produtivo em atender as premissas do desenvolvimento sustentável, atentando-se em cumprir todos os seus pilares, sendo estes os de cunho ambiental social e econômico (MALAQUIAS *et al.*, 2016).

A produção global de cogumelos tem aumentado (SOCCOL e VANDENBERGHE, 2003). Eles têm se tornado populares em todo o mundo por possuírem propriedades nutricionais e medicinais, o que tem estimulado o crescimento da sua produção e consumo. São considerados como os mais promissores para gerar a diversificação de culturas, mediante seu sabor, textura, minerais, proteínas de boa qualidade, vitaminas, além dos baixos níveis de calorias gerados pelas mínimas quantidades de gorduras insaturadas (SOUZA *et al.*, 2016).

No mundo, um total de 34 bilhões de kg de cogumelos é produzido anualmente (ROYSE, *et al.*, 2017). Em média, os consumidores de cogumelos desfrutam de cerca de 5 kg de cogumelos por pessoa por ano. O consumo per capita deverá continuar a aumentar à medida que os consumidores se tornarem mais conscientes dos benefícios saudáveis da incorporação de cogumelos em sua dieta. (ROYSE, *et al.*, 2017).

A produção anual de cogumelos no Brasil atualmente está em torno de 15.696 toneladas. O consumo de cogumelo no país se situa em cerca de 130g de cogumelo fresco/pessoa/ano e tende a se elevar (SÁNCHEZ, *et al.*, 2018).

*Agaricus subrufescens* é um cogumelo nativo brasileiro, cultivado comercialmente desde 1990 (COLAUTO, 2012), conhecido como cogumelo do sol, é evidenciado por suas propriedades farmacológicas contra diversas doenças como câncer, diabetes, aterosclerose e doenças cardíacas, além de ser rico em diversos antioxidantes (DIAS *et al.*, 2013; ZIED *et al.*, 2013; VENKATESH, *et al.*, 2018).

*Pleurotus ostreatus* é um cogumelo que possui diversas propriedades biotecnológicas e terapêuticas além de alto valor nutricional. É decompositor de madeira, além de outros resíduos vegetais (COHEN *et al.*, 2002). É conhecido como cogumelo ostra, hiratake ou shimeji. Apresenta baixo teor de colesterol, vitamina D, macro e micro nutrientes e é fonte de proteínas de alto valor biológico.

Durante o cultivo comercial de qualquer cogumelo comestível, utilizam-se resíduos agrícolas que são parcialmente degradados pelos fungos, como bagaço de cana-de-açúcar e diversos tipos de palha, normalmente adequados para culturas agrícolas. Resultante disso é

gerado em grandes volumes, um produto valioso do cultivo dos cogumelos comestíveis, que é denominado substrato pós-cultivo de cogumelo em inglês “spent mushroom substrate” SMS.

O SMS constitui uma rica fonte de nitrogênio, carbono dentre outros. O teor de nitrogênio varia de 0,4% a 13,7% mantendo uma relação C:N de 9 a 15:1, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas (ROY *et al.*, 2015). Características comuns a outros substratos orgânicos, como elevados conteúdo de água, conteúdo moderado de nutrientes e densidade relativamente baixa são apresentadas pelo SMS e devem ser levadas em consideração para produção de hortaliças. (MAHER *et al.*, 2000). Usos apropriados para o SMS foram sugeridos, incluindo a utilização como compostos orgânicos agrícolas, substratos para mudas, alimento para animais, combustíveis e a biorremediação de solos contaminados (ZHANG *et al.*, 2012).

Além de diversas vantagens com relação a aspectos físico-químicos, o SMS carrega consigo um grande benefício, já documentado em alguns trabalhos, ele possui uma rica microbiota, podendo contribuir na promoção do crescimento do vegetal além de garantir um equilíbrio fitossanitário para as culturas, possibilitando que alguns desses microrganismos induzam resistência nas plantas contra alguns patógenos (DE SIQUEIRA *et al.*, 2011).

O volume de SMS após o cultivo de cogumelos é de aproximadamente 40 a 50% do volume total, em relação ao início da produção, assim o cultivo comercial que produz 10 toneladas de composto, ao término do cultivo, resultará em cerca de 4 a 5 toneladas de SMS (MA *et al.*, 2014). Segundo estatísticas, a produção de 1 kg de cogumelo produz 5 kg de composto pós-cultivo de cogumelos - SMS (LIN Y *et al.*, 2014, ZISOPOULOS *et al.*, 2016).

Em diversos países, este produto é descartado como um resíduo pós-colheita e o grande desafio para a maioria das indústrias é o gerenciamento desse descarte, que na maioria das vezes se apresenta em grandes quantidades (CHIU, 1998; MOHD HANAFI, 2018).

Com a finalidade de reduzir os custos de produção da cadeia produtiva de hortaliças, e ao mesmo tempo dar um fim correto aos resíduos gerados na produção de cogumelos o presente manuscrito objetivou avaliar o uso do SMS de *A. subrufescens* e *P. ostreatus* var. Flórida como fertilizante orgânico e condicionador de solo no cultivo de *Lactuca sativa* L. (alface) e *Eruca sativa* (rúcula) em comparação a condicionadores comerciais já existentes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido à campo e as mudas foram transplantadas em uma área de horta na Fazenda Palmital, localizada no CDTT (Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia) da Universidade Federal de Lavras – (UFLA, MG) no município Ijaci-MG. A temperatura média anual é de 20,4° C e a precipitação média anual de 1508 mm, com concentração de chuvas no verão. A umidade relativa do ar média anual é de 80%. O CDTT se situa a 21° 10' 12" S, 44° 55' 30" W a 833 metros de altitude. O solo da realização do experimento foi classificado com textura arenoargilosa e boa capacidade de retenção de água. A análise de fertilidade do solo foi realizada no Laboratório de Solos na UFLA e encontra-se descrita na Tabela 2.

### 2.2 Obtenção do substrato pós-cultivo (SMS)

Após o cultivo dos cogumelos, dois lotes de substratos pós-cultivo correspondentes às espécies de *A. subrufescens* e *P. ostreatus* var. Florida foram obtidos. Um terceiro lote de SMS foi criado utilizando uma mistura de 50% do substrato pós-cultivo de *A. subrufescens* + 50% de substrato pós-cultivo de *P. ostreatus*.

O substrato utilizado para cultivo de *A. subrufescens* apresentou os seguintes ingredientes em sua formulação: capim colonião (*Panicum maximum*), bagaço de cana-de-açúcar, farelo de soja, ureia, sulfato de amônio, superfosfato simples e calcário. O composto foi preparado pelo método tradicional, com duração de 22 dias de fase I e 10 dias de fase II, totalizando 32 dias entre compostagem e pasteurização. Os materiais volumosos (capim colonião e bagaço de cana-de-açúcar) foram umedecidos por 9 dias e misturados após 2 dias. Os materiais concentrados (farelo de soja, uréia, sulfato de amônio, superfosfato simples e calcário) foram adicionados após cada operação de mistura ao longo da fase I de compostagem. O composto permaneceu por 18 h a  $59 \pm 1$  °C para pasteurização e 8 dias a  $47 \pm 2$  °C para condicionamento durante a fase II de compostagem (ZIED, *et al.*, 2018). Posteriormente o composto foi inoculado e embalado, a camada de cobertura foi adicionada, sendo usado solo de barranco acrescido de calcário calcífico e carvão vegetal na proporção 75:25 (solo/carvão).

O SMS de *P. ostreatus* var. Flórida utilizado apresentou em sua formulação: gramínea (*Brachiaria dictyoneura*), bagaço de cana-de-açúcar, farelo de arroz, farelo de trigo, calcário calcítico e gesso. O substrato foi preparado de acordo com os padrões adotados para a produção comercial de *P. ostreatus* no Brasil. Um total de 16 dias de preparação de substrato, com 10 dias de Fase I e 6 dias de Fase II. Durante a Fase I, a gramínea e bagaço de cana-de-açúcar (materiais volumosos) foram umedecidos por 4 dias. A pilha de compostagem foi montada no 5º dia; e no 6º dia, foram adicionados os materiais concentrados (farelo de arroz, farelo de trigo, calcário calcítico e gesso). A pilha de compostagem foi revirada mais três vezes (uma vez por dia), e a umidade corrigida, antes do substrato ser transferido para uma pasteurização no 10º dia (Fase II). O substrato foi pasteurizado a 72 °C por 12 h, e posteriormente, condicionado a 55 °C durante 4 dias. Em seguida o composto foi inoculado e embalado para a produção dos cogumelos.

### 2.3 Cultivares utilizadas

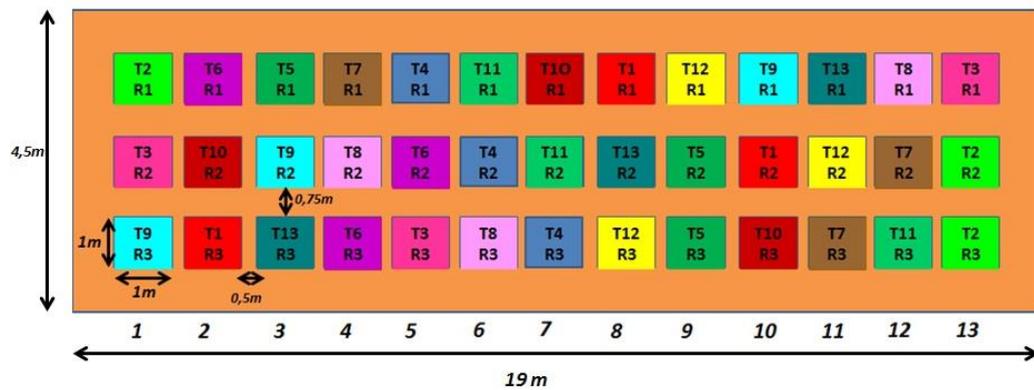
As cultivares utilizadas no experimento foram mudas de Alface Solta Crespa Solaris (SVR 06511236) e mudas de Rúcula Cultivada Antonella. Tais mudas foram obtidas da empresa comercial “Casa das Sementes” e foram transplantadas imediatamente.

### 2.4 Delineamento e condução experimental

Foram conduzidos dois experimentos sequenciais, um para alface e outro para rúcula, utilizando os mesmos canteiros. Cada experimento consistiu em 13 tratamentos representados por canteiros de 1m<sup>2</sup>, constituídos por 16 plantas (4 linhas de 4 plantas por m<sup>2</sup>) para a alface, e por 20 plantas (4 linhas de 5 plantas por m<sup>2</sup>) para a rúcula. O espaçamento utilizado para a alface foi de 0,25 m entrelinhas e 0,25 m entre plantas, enquanto que, para a rúcula o espaçamento foi de 0,25 m entrelinhas e de 0,10 m entre plantas, segundo metodologia apresentada por Fahl *et al.*, (1998). Cada tratamento apresentou 3 repetições, totalizando 48 plantas de alface e 60 de rúcula. Os tratamentos foram os seguintes: T1 – testemunha; T2 – SMS de *A. subrufescens* (dose 1- 1 kg.m<sup>-2</sup>); T3 – SMS de *A. subrufescens* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>); T5 – SMS de *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>); T6 – SMS de *P. ostreatus* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T7 – SMS de *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T8 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 1

- 1 kg.m<sup>-2</sup>); T9 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>); T10 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>); T11 – esterco de galinha (1,5 kg.m<sup>-2</sup>); T12 – substrato comercial A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>); T13 – substrato comercial B<sup>®</sup> (3 kg.m<sup>-2</sup>). Foi utilizado delineamento em blocos casualizados (DBC) totalizando 3 blocos, 39 parcelas (13 tratamentos x 3 repetições) de 1 m<sup>2</sup> x 1 m<sup>2</sup> como apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Croqui do experimento com os devidos tratamentos casualizados



Fonte: Do autor

Todas as etapas do experimento seguiram as propostas apresentadas por Fahl *et al.*, (1998) sendo essas espaçamento, tratos culturais, colheita e processamento. No processo foi incluída apenas a incorporação do SMS. Os tratamentos de adubação orgânica e/ou condicionadores do solo, foram incorporados duas semanas antes do plantio das mudas, usando um trator com encanteirador, que revolveu o solo juntamente com os substratos de modo a atingir às camadas mais profundas do solo. Não foi necessária a aplicação da calagem, pois de acordo com a análise de fertilidade do solo, conforme descrito na tabela 2, o solo apresentou pH perto da neutralidade e saturação por bases elevada, atributo que demonstra alta fertilidade presente no solo.

Os substratos de SMS de cogumelos foram aplicados em 3 quantidades diferentes, o que refere-se a 1, 2 e 4 kg.m<sup>-2</sup> (SANTOS *et al.*, 2012). Para efeito de comparação, foram utilizadas também 3 fontes orgânicas empregadas na produção de hortaliças: esterco de galinha (1,5 kg.m<sup>-2</sup>), substrato comercial A<sup>®</sup> (4 kg.m<sup>-2</sup>) e substrato comercial B<sup>®</sup> (3 kg.m<sup>-2</sup>), seguindo as doses recomendadas pelos fabricantes e pela literatura.

O substrato comercial A<sup>®</sup> é composto basicamente por casca de pinus e cinzas. Já o substrato comercial B<sup>®</sup> possui esterco e camas de aviário, casca de pinus/eucalipto e cinzas. Todos os substratos utilizados no experimento foram caracterizados quimicamente (Tabela 2).

A irrigação foi feita pelo sistema de gotejamento, três vezes ao dia, sempre mantendo o solo na sua capacidade de campo.

Além disso, foram feitas 3 aplicações de fertirrigação por ciclo em cada hortaliça, utilizando o fertilizante solúvel NPK Maxsol<sup>®</sup> (8-11-38), que contem na sua composição N: (8%); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: (11%); K<sub>2</sub>O: (38%); Mg: (1,6%); S: (2,9%); Fe: (0,2%); Zn: (0,02%); Mn: (0,04%); Cu (0,004%); B: (0,02%); MO: (0,004%); pH: (3,47); CE: (1,16 mS.cm<sup>-1</sup>). Segundo recomendação do fabricante, utilizou-se 100g do produto comercial para cada 15 litros de água.

O controle de plantas invasoras e daninhas durante o desenvolvimento das hortaliças foi feito manualmente a cada semana. Não foi utilizado nenhum tipo de defensivo agrícola.

## **2.5 Produção e avaliação da alface**

As mudas foram transplantadas para os canteiros com 26 dias após a semeadura. O cultivo da alface foi realizado de abril a junho. O ciclo da hortaliça teve duração de 46 dias de cultivo em campo. Após esse período, 12 plantas de cada tratamento (4 plantas de cada repetição), foram retiradas para as seguintes análises: número de folhas totais (NFT); comprimento da raiz (CR); massa fresca da raiz (MFR); massa seca da raiz (MSR - em gramas, com auxílio de balança analítica de precisão); comprimento da parte aérea (CPA); massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA - em gramas, com auxílio de balança analítica de precisão); diâmetro do colo (DC - em mm com auxílio de paquímetro); e produtividade (P). As plantas avaliadas foram retiradas da parte central do canteiro, descartando as bordaduras.

## **2.6 Produção e avaliação da rúcula**

As mudas foram transplantadas para os canteiros com 32 dias após a semeadura. O cultivo da rúcula foi realizado de agosto a setembro. O ciclo da hortaliça teve duração de 36 dias de cultivo. Após esse período, 12 plantas de cada tratamento (4 plantas de cada repetição), foram retiradas para as seguintes análises: número de folhas totais (NFT);

comprimento da raiz (CR); massa fresca da raiz (MFR); massa seca da raiz (MSR - em gramas, com auxílio de balança analítica de precisão); comprimento da parte aérea (CPA); massa fresca da parte aérea (MFPA); massa seca da parte aérea (MSPA - em gramas, com auxílio de balança analítica de precisão) e produtividade (P). As plantas avaliadas também foram retiradas da parte central do canteiro, descartando as bordaduras.

## **2.7 Análise estatística**

Os dados foram submetidos ao teste de Skott-knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa R (R CORE TEAM, 2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação da análise de fertilidade dos substratos

De acordo com os dados de fertilidade dos substratos concentrações de macro nutrientes dos SMS quando comparadas ao solo puro, apresentaram-se superiores (Tabela 2), demonstrando que a utilização do SMS oferece um aporte significativo de nutrientes para as culturas da alface e rúcula. Isso se deve ao elevado teor de matéria orgânica estabilizada presente nos compostos pós-cultivo de cogumelos (RIBEIRO, *et al.*, 1999). O esterco de galinha se mostrou superior em relação a todos os outros substratos, quanto ao teor de matéria orgânica, o que já era esperado em função de sua riqueza nutricional.

Dentre os SMS's, o teor de matéria orgânica de *A. subrufescens* se mostrou superior em relação a todos os demais substratos, com cerca de 14,91 dag/kg. Um aumento dos teores de matéria orgânica no solo, geralmente relaciona-se com o aumento na eficiência de utilização dos nutrientes, levando a um aumento na produtividade das culturas (Costa *et al.*, 2013). Jordan *et al.*, (2008), observaram que a adição de SMS aumentou o conteúdo de matéria orgânica em um experimento com rejeito metalífero, justamente pelas quantidades elevadas desta matéria presentes no SMS naturalmente.

É importante frisar que a matéria orgânica aliada aos nutrientes minerais facilita a absorção dos mesmos, proporciona condições favoráveis para a atividade dos microrganismos e auxilia também no transporte de fotoassimilados elaborados pela própria planta (KIEHL, 1985), resultando em plantas mais vigorosas e capazes de suportar melhor o estresse advindo do transplântio. Os valores mais baixos de M.O foram observados no substrato comercial A<sup>®</sup> e substrato comercial B<sup>®</sup> com 11,55 e 12,16 dag/kg, respectivamente.

Quanto à estabilização e maturação da matéria orgânica presente nos SMS utilizados no trabalho, podemos observar que o SMS de *Pleurotus ostreatus* var. Flórida passou por 16 dias de compostagem, com 10 dias de Fase I e 6 dias de Fase II, enquanto o SMS de *Agaricus subrufescens* apresentou uma compostagem mais longa, respectivamente, 32 dias, com duração de 22 dias de fase I e 10 dias de fase II. A Compostagem é um processo dinâmico e vários parâmetros físico-químicos mudam ao longo do curso, devido a transformações da matéria orgânica (GAO *et al.*, 2010). Os mesmos autores ainda afirmam que a estabilidade e maturidade são parâmetros importantes usados para avaliar a qualidade de matrizes compostadas e para verificar se o produto é adequado para uso em culturas.

Dentro desta dinâmica podemos inferir que, como o substrato de *P. ostreatus* passou por um processo de compostagem mais curto, e parte de uma relação C/N maior, o mesmo pode ter apresentado menor estabilidade e maturidade de seus componentes quando comparado ao *A. subrufescens*, que passou por um período de compostagem maior, fornecendo um SMS mais estável para o solo, com uma oferta mais rápida de nutrientes no cultivo das hortaliças.

A faixa ideal de pH de um composto orgânico deve estar entre 6,0 e 7,0, sendo um indicativo de sua qualidade e maturidade, especialmente quando se trata de fertilização (ALEXANDER, 1994; Woods End Research Laboratory, 2000). O pH do solo onde o experimento foi implantado, é o pH ideal, próximo da basicidade (7.0), neste caso, não foi necessária a correção do pH com a calagem antes da introdução do experimento. O pH dos substratos *A. subrufescens*, *A. subrufescens* (50%) + *P. ostreatus* (50%) e *P. ostreatus* se situaram em 8,0, 8,3, 8,7 respectivamente, apresentando um pH mais básico, estando próximos da faixa ideal para compostos orgânicos, que seria em torno de 7.0. Valores de pH perto da neutralidade indicam estabilidade do composto, advinda de alta degradação de matéria orgânica, gerando melhores condições para absorção de nutrientes. As variações no pH podem ser decorrentes dos ingredientes utilizados para na compostagem, período de envelhecimento do SMS e da natureza das camadas de cobertura de *A. subrufescens* (RIBAS, *et al.*, 2009).

Quanto ao teor de N-total, já era esperado que o Esterco de Galinha obtivesse o maior valor, respectivamente 19,2 g/kg, pois as aves são animais uricotéicos, ou seja, excretam o nitrogênio (N) mediante o ácido úrico como principal produto do metabolismo de nitrogênio. Lou *et al.*, (2017) relatam em seu trabalho que por oferecer melhorias ao solo, a reutilização dos SMS's tornou-se foco de atenção, pois também é rico em nitrogênio e constatou que a incubação de 42 dias do SMS no solo pode aumentar significativamente o nitrogênio mineral nesse solo. Dentre os SMS's, o que apresentou maior quantidade de N-total foi o *A. subrufescens* com 4,92 g/kg, isso pode se justificar em função da formulação do substrato de cultivo do cogumelo, que contém farelo de soja, ureia e sulfato de amônio, componentes ricos em nitrogênio.

O processo de compostagem pode aumentar a concentração de N em pelo menos 100% (PAULA *et al.*, 2017). Os compostos orgânicos, normalmente, apresentam alto teor de nitrogênio, que é um dos nutrientes mais extraídos pela alface, sendo responsável pelo maior

desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, aumento na produtividade e massa fresca da planta (SEDIYAMA, *et al.*, 2016).

Medina *et al.*, (2009), observaram que em geral, o teor de potássio (K) foi aumentado em plantas de abobrinha e pimenta com o aumento do volume de SMS de cogumelos, o que pode ser atribuído à maior concentração deste elemento nos substratos pós-cultivo de cogumelos. Santos *et al.*, (2001) observaram que os compostos orgânicos elevam os teores de fósforo no solo, por apresentarem elevadas concentrações desse elemento em sua composição. Lou *et al.*, (2015) relatam que o SMS é rico em fósforo e melhora o teor de matéria orgânica do solo e conteúdo de nutrientes quando aplicado em solos agrícolas. Neste sentido os SMS's podem ser utilizados como uma fonte importante de N, P, e K.

Esses resultados corroboram com o trabalho de Ribas *et al.*, 2009, que avaliou o uso de substratos pós-cultivo de cogumelos das produções de *Agaricus subrufescens* e *Lentinula edodes* para o cultivo de alface. O mesmo, conclui que o *A. subrufescens* é um ótimo condicionador de solo, visto que fornece a planta altos teores de fosforo e potássio, além de promover o crescimento da alface. Já o SMS do cogumelo *L. edodes* - shiitake seria ideal para uma biorremediação do solo e promoção de um aumento da microbiota, por ter uma mineralização mais lenta. O substrato pós-cultivo de *P. ostreatus* utilizado no nosso trabalho, provavelmente apresenta características semelhantes ao de *L. edodes*, podendo ter a sua utilização com bons resultados em longo prazo, pois somente com “um” cultivo, apresentou resultados estaticamente intermediários, contudo satisfatórios. Possivelmente, seu papel como fertilizante seria alcançado com maior sucesso, quando o SMS adquirisse maior estabilidade e mineralização.

Parâmetros como índice de saturação por bases, teores de Ca e Mg, capacidade de troca catiônica e teor de fósforo remanescente apresentaram melhores resultados no SMS de *A. subrufescens*. Tais valores demonstram que o SMS puro possui, de modo geral, propriedades químicas e físico-químicas superiores.

A condutividade elétrica diz respeito à salinidade do solo, que pode ser representada pela quantidade de íons presentes numa solução de solo, interpretada por íons nutrientes como Na, Cl e K dentre outros. O excesso desses sais pode gerar a redução da disponibilidade de água para as plantas devido ao efeito osmótico, além de trazer problemas, a tal ponto de afetar seus rendimentos. Através da Tabela 1, podemos observar que dentre os SMS's, *Agaricus subrufescens* e *A. subrufescens* (50%) + *P. ostreatus* (50%), apresentaram elevadas concentrações de sais em sua composição, respectivamente 5,09 e 4,05 dS/m<sup>-1</sup>. Corroborando

com os resultados de condutividade elétrica neste trabalho, ao avaliar os SMS de *Agaricus* como componentes de substratos para a produção de hortaliças, Medina *et al.*, (2009), observaram valores elevados de condutividade elétrica.

Tabela 1 - Resultados analíticos da Condutividade Elétrica–CE dos substratos: solo de 0-20 cm e de 20-40 cm, *Agaricus subrufescens*, *A. subrufescens* (50%) + *P. ostreatus* (50%), *P. ostreatus*, esterco de galinha, Substrato comercial A<sup>®</sup> e Substrato comercial B<sup>®</sup>.

SUBSTRATOS	Condutividade
	Elétrica
	dS/m <sup>-1</sup>
Solo de 0-20 cm	0,11
Solo de 20-40 cm	0,06
<i>A. subrufescens</i>	5,09
<i>P. ostreatus</i>	2,67
<i>A.subr + P. ostre</i>	4,05
Esterco de galinha	5,33
Subst. comercial A <sup>®</sup>	6,66
Subst. comercial B <sup>®</sup>	4,01

Fonte: Laboratório de Física do Solo – UFLA

Quando observamos a Tabela 3 e 4, podemos verificar que os parâmetros físicos das plantas de alface e rúcula não foram afetados pela introdução das doses de substratos com teor de sais elevados. Tal fato se deve provavelmente, pela condição de cultivo à campo, onde os tratamentos ficaram expostos aos intemperes climáticos, os quais podem ter acelerado a lixiviação dos sais presentes. Desta forma podemos inferir que, tal circunstância pode ter beneficiado o cultivo da alface e da rúcula, pois possivelmente retirou o excesso de íons de sais do composto pós-cultivo de cogumelos e possibilitou assim uma boa média de produção.

Paula *et al.*, (2017) estudaram a estabilização do SMS e seu uso subsequente como fertilizante orgânico e substituição parcial de turfa na horticultura, e constataram em relação a condutividade elétrica, que antes do início da compostagem o SMS de *A. bisporus* apresentou uma salinidade entre 4,9 a 5,7 mS/cm<sup>-1</sup>, porém um aumento gradual, mas bastante significativo, foi observado no 3º dia de compostagem, então o teor de salinidade do SMS se estabilizou entre 6 e 7,5 mS/cm<sup>-1</sup>. O aumento dos sais acontece com o início da degradação da matéria orgânica, contribuindo para uma elevação de condutividade elétrica. Tal fato pode explicar a elevada C.E no substrato pós-cultivo de cogumelos de *A. subrufescens*, respectivamente 5,09 dS/m<sup>-1</sup>.

Contudo, existem possibilidades de redução desse teor salinidade presente no SMS. Uma das possibilidades seria a incorporação precoce desse substrato pós-cultivo no solo

(RIBAS *et al.*, 2009), tal manejo foi executado neste trabalho, onde os SMS (e todos os outros substratos utilizados), foram incorporados duas semanas antes do transplante das mudas para o solo. Outra possibilidade de redução da salinidade do SMS seria misturá-lo a outros substratos com uma baixa condutividade elétrica ou então proceder a um processo de compostagem por meio de diversas lavagens durante dias.

É importante ressaltar mediante a condutividade, que o substrato comercial A<sup>®</sup> apresentou valor extremamente elevado de condutividade elétrica, respectivamente 6,66 dS/m<sup>-1</sup>, não apresentando bons resultados de produção tanto para a alface quanto para a rúcula a campo.

Tabela 2 - Resultados analíticos físico-químicos da fertilidade dos substratos: solo de 0-20 cm e de 20-40 cm, *Agaricus subrufescens*, *A. subrufescens* + *P. ostreatus*, *P. ostreatus*, Esterco de Galinha, Substrato Comercial A<sup>®</sup> e Substrato Comercial B<sup>®</sup>.

Amostra	pH	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O	P-Rem	N-total
		mg/dm <sup>3</sup>		cmolc/dm <sup>3</sup>						%	dag/kg	mg/L	g/kg		
Solo 0-20 cm	7,2	177,12	459,30	4,95	1,15	0,03	1,82	6,55	6,58	8,37	78,25	0,45	1,94	29,69	1,92
Solo 20-40 cm	7,2	127,43	157,48	4,36	0,94	0,04	1,84	5,63	5,67	7,47	75,36	0,71	1,68	23,65	1,66
<i>A. subrufescens</i>	8,2	2111,38	1132,53	76,88	4,59	0,08	0,50	86,86	86,94	87,36	99,83	0,09	14,91	34,04	4,92
<i>A. sub</i> + <i>P. ost</i>	8,3	1800,36	896,44	63,54	4,39	0,03	0,46	72,55	72,58	73,01	99,36	0,04	12,72	31,41	3,86
<i>P. ostreatus</i>	8,7	1700,50	1000,90	70,1	4,2	0,02	0,76	78,64	78,66	79,45	98,98	0,02	12,25	18,88	3,70
Esterco de Gal	7,2	2400,10	1300,6	86,2	4,5	0,06	1,49	96,83	96,89	98,32	98,48	0,06	19,06	36,13	19,2
Subst. comercial A <sup>®</sup>	6,0	158,80	162,50	72,1	4,5	0,04	2,13	77,00	77,04	79,13	97,30	0,05	11,55	27,90	3,30
Subst. comercial B <sup>®</sup>	6,2	124,10	115,10	70,6	7,7	0,04	1,04	78,61	78,65	79,65	98,69	0,05	12,16	30,71	3,70

Legenda: pH: Potencial hidrogeniônico; K: Potássio; P: Fósforo; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H + Al: Acidez Potencial; SB: Soma de Bases Trocáveis; t: Capacidade de Troca Catiônica ; T: Capacidade de Troca Catiônica em pH 7,0; V: Índice de Saturação por Bases; m :Índice de Saturação do Alumínio; M. O: Matéria Orgânica; P-Rem: Fósforo Remanescente. N-total: Nitrogênio Total. Fonte: Do Autor (2019).

### 3.2 Parâmetros da alface

Após 46 dias do plantio das mudas à campo, os resultados estatísticos das variáveis analisadas, encontram-se descritos na Tabela 3. Diante dos resultados das análises estatísticas, foi observado que o incremento da inserção das doses de SMS, exerceu influência positiva sobre a produção da alface. Para todas as variáveis analisadas na produção da alface, as médias apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Tabela 3 - Parâmetros físicos das plantas de alface produzidas a partir de diferentes substratos, referentes à **NFT**: Número de folhas totais; **CR**: comprimento da raiz; **MFR**: Massa fresca da raiz; **MSR**: massa seca da raiz; **CPA**: comprimento da parte aérea; **MFPA**: Massa fresca da parte aérea; **MSPA**: massa seca da parte aérea; **DC**: diâmetro do colo.

Parâmetros físicos das plantas de alface								
	<b>NFT</b>	<b>CR</b>	<b>MFR</b>	<b>MSR</b>	<b>CPA</b>	<b>MFPA</b>	<b>MSPA</b>	<b>DC</b>
<b>TRATAMENTOS</b>	<b>unid</b>	<b>cm</b>	<b>-----g-----</b>		<b>cm</b>	<b>-----g-----</b>		<b>mm</b>
T1-CONTROLE	22,83d	12,04c	8,90f	1,22d	14,63d	80,00f	8,52f	21,58c
T2-AS (1kg)	32,83b	13,33c	14,16c	1,94b	21,09b	305,66b	22,25b	23,00b
T3-AS (2kg)	27,91c	14,35b	11,76d	1,42c	18,26c	199,00d	11,78e	18,26d
T4-AS (4kg)	37,08a	16,76a	17,75a	2,45a	22,53a	458,91a	25,36a	25,56a
T5-PO (1kg)	29,91b	15,35b	14,02c	1,55c	18,12c	279,58c	17,30c	19,13d
T6-PO (2kg)	26,83c	13,86c	9,09f	1,42c	17,18c	174,16d	11,39e	16,32e
T7-PO (4kg)	27,33c	13,30c	11,36d	1,18d	18,48c	190,33d	13,91d	16,59e
T8-AS/PO (1kg)	31,58b	14,69b	15,50b	1,93b	18,65c	268,03c	18,48c	23,40b
T9-AS/PO (2kg)	28,91c	13,37c	12,02d	2,00b	17,56c	215,36d	13,56d	21,56c
T10-AS/PO (4kg)	33,25b	13,71c	13,65c	2,21 <sup>a</sup>	20,05b	299,01b	18,27c	24,24b
T11-Esterco de Gal	32,08b	14,35b	16,35b	1,82b	20,61b	324,08b	17,92c	23,49b
T12-Subst. A <sup>®</sup>	22,91d	12,45c	5,81g	1,18d	16,12d	100,52f	8,23f	14,94f
T13-Subst. B <sup>®</sup>	25,50c	13,46c	10,10e	1,12d	15,34d	135,16e	9,13f	16,81e
<b>CV(%)</b>	<b>5,39</b>	<b>7,19</b>	<b>5,65</b>	<b>9,98</b>	<b>5,12</b>	<b>7,45</b>	<b>6,58</b>	<b>4,39</b>

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5%. Fonte:Do autor (2019).

De acordo com a Tabela 3, concernente a variável número de folhas (NFT), o valor máximo observado foi de aproximadamente 37,08 folhas por planta, valor obtido pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) o qual se diferenciou estatisticamente de todos os demais tratamentos. Como consequência, o desenvolvimento dessas plantas foi favorecido, uma vez que a folha é o órgão responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente além de possuir a função de fazer a fotossíntese.

Segundo Filgueira (1982), o potássio é o elemento mais exigido pelas hortaliças, juntamente com o nitrogênio, responsáveis pela elevação da ocorrência foliar. Em um experimento utilizando lodo de esgoto no cultivo da alface, Lopes, *et al.*, (2005), observaram que tratamentos com doses menores do composto orgânico, apresentaram menor número de folhas, esse fato corrobora com os resultados deste trabalho.

Com relação a variável comprimento da raiz (CR), o valor máximo observado foi de aproximadamente 16,76 cm por planta, valor obtido pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Valores mínimos foram observados nos tratamentos T1 - controle e T12 - substrato comercial A<sup>®</sup> respectivamente 12,04 e 12,45 cm por planta, onde os valores foram equivalentes se diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos.

É de suma importância frisar que, o crescimento radicular vigoroso é fator primordial para o desenvolvimento vegetal, pois fornecerá os nutrientes via solução do solo, o que pode refletir em produtividade de massa fresca da parte aérea. A variável massa fresca da raiz (MFR), obteve o máximo valor de aproximadamente 17,75 g por planta, valor obtido pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) o qual diferenciou se estatisticamente de todos os demais tratamentos, correspondendo a 2 vezes mais de peso quando comparado ao controle, e quase 4 vezes mais se comparado ao pior tratamento nesta variável, T12 - substrato comercial A<sup>®</sup> respectivamente.

Com relação a variável massa seca da raiz (MSR), o valor máximo observado foi de aproximadamente 2,45 g por planta, através do tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) apresentando diferença significativa, aumentando 2 vezes mais o valor dos piores resultados para esta variável. O tratamento T10 - SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>), se mostrou equivalente ao tratamento T4 nesta variável, pois obteve 2,21 g por planta. É importante salientar que a qualidade do substrato interfere diretamente na resposta da planta em acúmulo de massa seca da raiz (DOS SANTOS *et al.*, 2016).

Aumentos da matéria seca em alface utilizando compostos orgânicos já tinham sido relatados por alguns autores (OLIVEIRA *et al.*, 2009; NAZARENO *et al.*, 2010; SANTANA *et al.*, 2012). De Araújo, *et al.*, (2018), avaliaram a produção da alface crespa cultivada em substrato fertirrigado com urina humana e manipueira tratadas por processo de digestão anaeróbica, e o valor observado para MSR foi próximo ao encontrado neste trabalho, máxima média de 2,13 g/planta, apresentando diferença significativa entre si, isso nos mostra que

compostos de cunho orgânico, favorecem o aumento da MSR. Valores mínimos foram observados nos tratamentos T13 – substrato comercial B<sup>®</sup> e T1 – controle, onde os valores foram equivalentes, respectivamente 1,12 e 1,22 g por planta, se diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos.

Quando se observa a variável comprimento da parte aérea (CPA), o valor máximo observado foi de aproximadamente 22,53 cm por planta, obtido pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) o qual se diferenciou estatisticamente de todos os demais tratamentos, com isso o tamanho das plantas deste tratamento foram superiores quando comparadas com os demais tratamentos. Lopes, *et al.*, (2005) produziram alfaces com doses de lodo de esgoto, que é um material riquíssimo em nutrientes e observou que o comprimento da parte aérea das plantas foram estatisticamente superiores ao controle de acordo com o aumento da dose.

Marques *et al.*, (2014) avaliaram os efeitos do SMS de *A. subrufescens* no crescimento de mudas de alface, e determinaram os efeitos duradouros de substratos contendo SMS, avaliando o vigor de plantas maduras de alface derivadas de tais mudas. Os autores concluíram que a massa fresca da parte aérea (MFPA) aumentou para um valor máximo de 233,45 g/planta, quando essas eram derivadas de plântulas desenvolvidas em substrato contendo 48% de SMS de *A. subrufescens*.

Santos *et al.*, (2001) analisaram o efeito residual da inserção de um composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface e concluiu que doses crescentes de composto orgânico aumentaram a produção da cultura de alface, elevando a quantidade de matéria fresca da parte aérea. Esses resultados corroboram com os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 3), onde a massa fresca da parte aérea (MFPA) do tratamento utilizando SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), obteve o valor máximo de aproximadamente 458,91 mg por planta apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Com base nos resultados, o valor obtido através do tratamento T4 - SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) na variável MFPA, se destacou das demais variáveis, pois incorporou 5,7 vezes a mais peso na matéria, com relação ao T1 - controle.

Com relação a variável massa seca da parte aérea (MSPA), o valor máximo observado foi de aproximadamente 25,36 mg por planta, obtido pelo do tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) o qual se diferenciou estatisticamente de todos os demais tratamentos. Tal como no trabalho de Ribas *et al.*, (2009), onde a dose máxima de *A. subrufescens* promoveu também um aumento do peso seco da parte aérea da alface,

envolvendo o aumento da capacidade de retenção de água no solo, melhoria da estrutura, matéria orgânica e nutrientes fornecidos. Assim o peso seco de plantas cultivadas em solo suplementado com porcentagens de *A. subrufescens* foi superior em relação aos obtidos pela adubação química (NPK).

O diâmetro do colo (DC) apresentou resultado máximo de aproximadamente 25,56 mm por planta, valor obtido pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Os valores mínimos foram observados nos tratamentos T12 – substrato comercial A<sup>®</sup> e T6 - SMS de *P. ostreatus* (dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>), tendo equivalência, respectivamente 14,94 e 16,32 mm por planta, se diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos.

O T1 - controle foi o tratamento que utilizou o solo puro não tratado com SMS, e apresentou valores inferiores para todas as variáveis analisadas. Conforme relatado por Álvarez-Martín *et al.*, (2016), o solo tratado com SMS pode aumentar o rendimento da planta quando comparado com o solo não tratado por SMS. Assim, todas as plantas cultivadas em solo tratado com SMS de *Agaricus spp* e *Pleurotus spp*. mostraram diferenças significativas no rendimento, assim como neste trabalho, quando comparadas com o controle.

Os tratamentos que de maneira geral obtiveram melhores resultados em geral foram os tratamentos T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) e T10 - SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) além do T11 – Esterco de galinha (1,5 kg.m<sup>-2</sup>), provavelmente por exibirem elevados teores de nutrientes. Isso nos indica o potencial da utilização do substrato pós-cultivo para o cultivo da alface em campo.

O tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) apresentou resultados superiores para todas as variáveis nos parâmetros físicos, mostrando que este foi o melhor tratamento. A resposta para esse resultado de promoção no crescimento pode estar atrelada às condições multifatoriais apresentadas pelo SMS de *A. subrufescens*, tais como elevadas concentrações de nutrientes, matéria orgânica em grandes quantidades, além da rica microbiota presente no SMS, a qual pode ter oferecido benefícios às plantas.

O T12- substrato comercial A<sup>®</sup> apresentou dados não satisfatórios para a maioria dos parâmetros. Quanto ao tratamento comercial T13– substrato comercial B<sup>®</sup> se apresentou inferior a varias doses do substrato pós-cultivo de cogumelo, contudo foi em diversas variáveis observadas, superior ao controle.

### 3.3 Parâmetros da rúcula

Após 32 dias do plantio das mudas, as variáveis analisadas no cultivo da rúcula à campo foram avaliadas, e os dados se encontram na Tabela 4. Assim como para a alface, tais resultados demonstram que o incremento da inserção das doses de SMS, exerceu influência positiva sobre a produção da rúcula, mostrando o efeito positivo da introdução do SMS. Para todas as variáveis analisadas na produção da rúcula, as médias apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Tabela 4 - Parâmetros físicos das plantas de rúcula produzidas a partir de diferentes substratos referentes à NFT: Número de folhas totais; CR: comprimento da raiz; MFR: Massa fresca da raiz; MSR: massa seca da raiz; CPA: comprimento da parte aérea; MFPA: Massa fresca da parte aérea; MSPA: massa seca da parte aérea.

TRATAMENTOS	Parâmetros físicos das plantas de rúcula						
	NFT	CR	MFR	MSR	CPA	MFPA	MSPA
	unid	cm	-----g-----		cm	-----g-----	
T1-CONTROLE	60,25d	18,00c	13,35e	1,55c	22,98e	103,41e	12,70d
T2-AS (1kg)	71,33c	21,41b	14,66c	2,01b	28,33b	117,73d	13,52d
T3-AS (2kg)	67,16c	21,08b	16,43b	2,35b	28,25b	102,50e	12,42d
T4-AS (4kg)	85,16a	24,75a	26,01a	3,44a	35,33a	178,33a	19,46a
T5-PO (1kg)	67,91c	20,20b	15,44c	2,24b	26,99c	116,03d	12,57d
T6-PO (2kg)	69,16c	20,83b	14,27d	2,10b	26,04c	112,16d	12,61d
T7-PO (4kg)	62,58d	20,83b	13,13e	1,78c	24,53d	84,33g	10,81e
T8-AS/PO (1kg)	73,83b	20,62b	14,85c	2,25b	26,64c	127,66b	15,53b
T9-AS/PO (2kg)	62,08d	19,54c	13,16e	2,16b	26,99c	94,56f	11,05e
T10-AS/PO (4kg)	66,25c	20,42b	16,85b	2,38b	24,75d	130,70b	15,69b
T11-Esterco de Gal	65,00c	20,83b	14,83c	2,30b	27,53b	116,25d	14,52c
T12-Subst. A <sup>®</sup>	57,33d	20,62b	12,94e	1,74c	24,16d	79,08h	10,77e
T13-Subst. B <sup>®</sup>	67,00c	18,75c	15,52c	2,50b	24,37d	123,75c	15,62b
<b>CV(%)</b>	<b>3,99</b>	<b>4,28</b>	<b>3,6</b>	<b>12,91</b>	<b>2,46</b>	<b>2,64</b>	<b>4</b>

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5%. Fonte: Do autor (2019).

De acordo com a tabela 4, em relação à variável número de folhas totais (NFT), o valor máximo obtido foi de aproximadamente 85,16 folhas por planta, pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) o qual se diferenciou estatisticamente de todos os demais tratamentos. Mediante a isso, podemos estimar que a utilização da dose 3 de *A. subrufescens*, pode aumentar de 24 a 27 folhas por planta, quando comparada com os piores resultados para esta variável. Um maior número de folhas da rúcula pode implicar num maior

desenvolvimento do vegetal, pois se sabe segundo Bastos *et al.*, (2002), que as folhas constituem um aparato fotossintético, responsáveis pela formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos reprodutivos e vegetativos das plantas, influenciando diretamente o incremento nas variáveis MFPA E MSPA. NF e MFPA são duas variáveis de grande importância, pois são indicativos da adaptabilidade que a hortaliça teve em relação ao ambiente, sendo que o número de folhas é um atributo genético, que varia conforme o desenvolvimento da planta, da cultivar e do ambiente (DALASTRA *et al.*, 2016). Os menores valores foram observados nos tratamentos T12 - substrato comercial A<sup>®</sup> e T1 – controle, onde os valores foram equivalentes, respectivamente 57,33 e 60,25 folhas por planta.

Ao analisar os resultados, a variável comprimento da raiz (CR), apresentou o valor máximo de aproximadamente 24,75 cm por planta, valor observado nas plantas do tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) apresentando diferença significativa entre os tratamentos.

Alguns autores aliam esse resultado ao aumento da porosidade gerada pelo substrato, estimulando o crescimento das raízes na busca de nutrientes. Ao analisar comprimentos das raízes em mudas de tomate, os autores verificaram que houve um incremento nas médias de acordo com o aumento da concentração de casca de arroz carbonizada nos substratos, resultados semelhantes com os obtidos neste experimento (DOS SANTOS *et al.*, 2016).

Com relação a variável massa fresca da raiz (MFR), o valor máximo foi de aproximadamente 26,01 g por planta, valor esse observado nas plantas do tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), o qual se diferenciou de todos os outros tratamentos. Os valores mínimos para esta variável foram observados nos tratamentos T12 - substrato comercial A<sup>®</sup> e T7 - SMS de *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>), respectivamente 12,94 e 13,13 g por planta, tais valores foram equivalentes. O crescimento radicular destaca-se no T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), pois obteve um incremento de quase 100% a mais de peso quando comparado com os dados do tratamento T1- controle.

Como podemos observar para variável massa seca da raiz (MSR), o valor máximo obtido foi de aproximadamente 3,94 g por planta de rúcula em média, valor observado pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Os valores menores observados nesta variável estão entre os tratamentos T1 – controle e T12 - substrato comercial A<sup>®</sup>, respectivamente 1,55 e 1,74 g por planta de rúcula. De acordo com Medeiros *et al.*, (2013) em seu experimento com tomate utilizando substrato e irrigação com efluente de piscicultura, verificaram que a inserção do

composto orgânico promoveu maior produção de massa seca da raiz e de massa seca da parte aérea, sobressaindo-se ao substrato comercial Plantmax<sup>®</sup> obtendo bons resultados. Esses dados corroboram com os obtidos neste trabalho, onde a utilização do SMS nas variáveis MSR e MSPA em plantas de rúcula apresentaram valores superiores quando comparados ao substrato comercial A<sup>®</sup> e ao substrato comercial B<sup>®</sup>.

De acordo com a variável, comprimento da parte aérea (CPA), que compreende também a Altura (A) das plantas, o valor máximo observado foi de 35,33 cm por planta, valor obtido em plantas do tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Valores mínimos foram observados pelos tratamentos T1 – controle e T12 - substrato comercial A<sup>®</sup>. Lopes *et al.*, (2015) conseguiram bons resultados na altura de mudas de tomate produzidas com diferentes concentrações composto pós-cultivo de *Agaricus subrufescens*. Estes resultados podem indicar um subsídio nutricional desses substratos orgânicos estudados em relação aos substratos comerciais em questão.

Com base nos resultados, a variável massa fresca da parte aérea (MFPA), obteve o valor máximo de 178,33 g por planta, valor obtido pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Esses dados corroboram com os dados encontrados por Ahmad, (2018), o qual encontrou média de matéria fresca da parte aérea de rúcula cultivada em substrato pós-cultivo de cogumelo de 163,15 g/planta, utilizando 10% de SMS calculado com base no volume de solo da unidade experimental (100 x 100) a uma profundidade de 0-30 cm, tal valor foi bem próximo ao encontrado na dose de 4 kg de SMS de *A. subrufescens* (178,33 g/planta). Esse fato pode ter ocorrido em função da quantidade de matéria orgânica presente no SMS de *A. subrufescens*, que influencia diversas características do solo, tais como: fornece carbono, eleva a população de microrganismos, disponibiliza nutrientes para a cultura, melhora a capacidade de troca catiônica, complexa elementos tóxicos e micronutrientes, corrige a acidez, participa na formação de agregados do solo e conseqüentemente diminui a densidade do solo, aumenta a porosidade, infiltração, retenção de água e aeração (SOUZA; RESENDE, 2006). Segundo Rodrigues (1990), quando a matéria orgânica é adicionada no solo, de acordo com o grau de sua decomposição da mesma, pode ter efeito imediato ou então efeito residual, por meio de um processo mais lento de decomposição. Os menores valores foram observados pelos tratamentos T12 - substrato comercial A<sup>®</sup> e T7 - SMS de *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>), respectivamente 79,08 e 84,33 g por planta de rúcula.

Ao analisar a variável massa seca da parte aérea (MSPA), percebe-se que os dados mantem o mesmo comportamento, assim como para todas as variáveis já descritas acima, onde o valor máximo observado foi de 19,46 g por planta, valor obtido pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Da Silva Solino, (2010), em experimento com cultivo orgânico de rúcula sob diferentes doses de composto orgânico, constatou que a massa seca da parte aérea da rúcula aumentou conforme se elevou as doses de composto orgânico, dados esses que corroboram com os obtidos neste trabalho. Os menores valores foram observados pelos tratamentos T12 - substrato comercial A<sup>®</sup> e T7 - SMS de *P. ostreatus* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>), respectivamente 10,77 e 10,81 g por planta, apresentando equivalência.

O T1-controle, tratamento que utilizou o solo puro sem adição de SMS, apresentou valores inferiores para todas as variáveis analisadas. O solo é muito utilizado em pequenas propriedades como substrato para produção de mudas de hortaliças, entretanto é fundamental o uso de compostos orgânicos na maioria das vezes para promover um aumento no desenvolvimento das plantas (DE SOUZA *et al.*, 2014).

O tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) foi o melhor tratamento, se diferenciando estatisticamente de todos demais.

Assim como para o experimento de alface, os tratamentos que de obtiveram em geral melhores resultados foram os tratamentos T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), T10 - SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) e T11 – Esterco de galinha (1,5 kg.m<sup>-2</sup>) por seus elevados teores de nutrientes. Tais resultados nos mostram a existência de um potencial de uso substrato pós-cultivo para o cultivo da rúcula.

O tratamento T12 - substrato comercial A<sup>®</sup> apresentou os piores resultados não sendo satisfatórios, provavelmente em função de alguma deficiência. Já o tratamento T13– substrato comercial B<sup>®</sup> foi superior ao controle e a diversas doses de SMS, podendo ser indicado como uma alternativa para o cultivo de rúcula.

### 3.4 Produtividade da alface e rúcula

A Tabela 5 demonstra os dados comparativos de produtividade entre a alface e rúcula mediante aos diferentes tratamentos propostos no trabalho. É importante ressaltar que a produtividade possui íntima relação com a massa fresca da parte aérea (MFPA). Diante dos resultados estatísticos, observa-se que o SMS exerceu influência positiva sobre a produção da alface e rúcula. Para todas as variáveis analisadas na produção da alface e rúcula, as médias apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Tabela 5 - Produtividade das plantas de alface e rúcula produzidas a partir de diferentes substratos

TRATAMENTOS	Produtividade das hortaliças	
	Alface	Rúcula
	ton/ha	
T1-CONTROLE	8,53f	13,78e
T2-AS (1kg)	32,59b	15,59d
T3-AS (2kg)	21,22d	13,66e
T4-AS (4kg)	48,94a	23,77a
T5-PO (1kg)	29,81c	15,46d
T6-PO (2kg)	18,57d	14,95d
T7-PO (4kg)	20,3d	11,24g
T8-AS/PO (1kg)	28,58c	17,02b
T9-AS/PO (2kg)	22,97d	12,6f
T10-AS/PO (4kg)	31,89b	17,39b
T11-Esterco de Gal	34,55b	15,49d
T12-Subst. A <sup>®</sup>	10,72f	10,53h
T13-Subst. B <sup>®</sup>	14,41e	16,46c
<b>CV(%)</b>	<b>7,45</b>	<b>2,64</b>

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5%. Fonte: Do autor.

Produtores comerciais em condições favoráveis produzem, segundo Filgueira (1982), cerca de 20 a 30 toneladas de alface por hectare. O valor máximo de produtividade obtido no experimento foi alcançado pelo tratamento T4 – SMS de *A. subrufescens* (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>), respectivamente 48,94 ton/ha, tal quantidade corresponde a 5,7 vezes a mais de produtividade que o tratamento T1 – controle e o tratamento T12 - substrato comercial A<sup>®</sup>. Fatos que tentam explicar o valor inferior de produtividade observado no controle são provavelmente, a não inserção de matéria orgânica no tratamento que, em elevadas quantidades disponibiliza com mais facilidade fósforo assim como todos os outros nutrientes para a planta, pois ocupa o sítio de adsorção do fósforo, liberando-o mais facilmente, a ausência de uma rica microbiota que

segundo relatos, pode impulsionar o crescimento vegetal e a não introdução de adubos químicos no plantio, os quais não foram adicionados em nenhum dos tratamentos. Podemos perceber também que a alface foi mais exigente em relação à nutrição, que a rúcula, quando comparamos os dois controles (alface e rúcula), pois teve seu desenvolvimento prejudicado apresentando deficiências observadas pelo tamanho pequeno dos exemplares deste tratamento.

Conforme relatado por Santos *et al.*, (1994), doses crescentes de composto orgânico elevaram a produtividade da cultura da alface. Os tratamentos T10 – SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) e T11 – Esterco de galinha (1,5 kg.m<sup>-2</sup>) também obtiveram produtividades significativas, respectivamente 31,89 e 34,55 ton/ha. Apesar de ser o subproduto da cadeia produtiva de cogumelos comestíveis, o SMS apresenta alto valor de nutrientes podendo ser considerado um excelente componente para substratos de hortaliças, favorecendo a produtividade (FASIDI *et al.*, 2008). Segundo Oliveira, *et al.*, (2014), os compostos orgânicos podem contribuir com o aumento de produção da alface; contudo, o maior ou menor grau de contribuição, parece estar ligado ao teor nutricional do composto.

Quanto à rúcula, o valor máximo de produtividade foi observado no tratamento T4 - SMS de *A. subrufescens* (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>), produzindo 23,77 ton/ha respectivamente. Isso corresponde a quase 2 vezes a mais que a produtividade obtida pelo tratamento T1 - controle e pelo T12 - substrato comercial A<sup>®</sup>, que foram os tratamentos que obtiveram os piores resultados, respectivamente 13,78 e 10,53 ton/ha. Assim como para a alface, podemos fundamentar o melhor resultado de produtividade com a justificativa de que houve uma maior disponibilidade de nutrientes do substrato T4 para as plantas, elevando assim os níveis de produtividade. Barbosa, (2011), afirma que o aumento de produtividade na rúcula pode estar relacionado à melhoria nas condições física e química, pois com maior porcentagem de matéria orgânica o solo retém maior quantidade de água disponível para plantas, características essas provavelmente fornecidas pelo T4. Dentre os efeitos advindos da adubação orgânica, podemos citar o aumento na disponibilidade dos nutrientes por meio de processos de mineralização, resultante da transformação da matéria orgânica, desta forma, os ácidos orgânicos agilizam a solubilização de minerais do solo liberando os nutrientes para as plantas (RIBEIRO, *et al.*, 1999). Os tratamentos T8 - SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>) e T10 - SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) obtiveram resultados satisfatórios e significativos, respectivamente 17,02 e 17,39 ton/ha.

É importante salientar que ao comparar os resultados de produtividade de *Pleurotus ostreatus* puro, observa-se que entre as doses de 1, 2 e 4 kg.m<sup>-2</sup>, a dose de 1 kg.m<sup>-2</sup> além de apresentar valores significativos nos diversos parâmetros físicos analisados anteriormente, a mesma apresenta um aporte significativo nos desenvolvimento das plantas quando é introduzida nas culturas, pois ao contrário do *A. subrufescens*, a menor dose do SMS de *P. ostreatus*, forneceu melhores resultados para as hortaliças. Isso se torna mais evidente, quando observamos os resultados de produtividade da alface utilizando o SMS de *P. ostreatus*, onde obtivemos os valores de 29,81 ton/ha(dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>), 18,57 ton/ha(dose 2 - 2 kg.m<sup>-2</sup>) e 20,3 ton/ha(dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>). A introdução da dose 1 quando comparada ao controle e aos substratos comerciais utilizados, apresenta incremento na produtividade. Isso faz do SMS de *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>) um substrato também potencialmente indicado para a produção de hortaliças.

Algumas inferências devem ser feitas e hipóteses podem ser levantadas mediante a observação dos resultados dos parâmetros físicos e produtividade da alface e rúcula. Percebe-se que o tratamento T10-SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) em rúcula e alface obteve resultados estatisticamente intermediários, porém bastante satisfatórios indicando o potencial da introdução do SMS para cultivo de hortaliças. Ribas *et al.*, (2009), constataram, como já citado anteriormente, que a utilização do SMS de *A. subrufescens* na promoção do crescimento de alface aumentou os teores de matéria orgânica e de C, além de concluir que o SMS foi uma boa fonte de N, P e K. Nakatsuka *et al.*, (2016), investigaram o efeito do SMS de *Pleurotus ostreatus* na micromorfologia do solo no Brasil e concluiu que a adição de SMS fresco de *P. ostreatus* ajudou a melhorar a porosidade e a complexidade do solo, modificando a estrutura tanto do solo quanto do subsolo. Provavelmente a junção de um material com alta disponibilidade de nutrientes (*A. subrufescens*) a um material que fornece melhorias físicas ao solo, por seu conteúdo de gramíneas e bagaço (*P. ostreatus*), ofereceu efeito positivo sobre o crescimento das hortaliças.

Normalmente encontra-se no meio de produtores rurais a utilização da pluriatividade, que é a utilização de diversas formas de atividades para gerar rendas. Desta forma, produtores que investem no cultivo de duas espécies de cogumelos, como *A. subrufescens* e *P. ostreatus*, por exemplo, podem ter seu espectro de renda aumentado. Pois o “cogumelo do sol” *A. subrufescens* pode servir o mercado farmacêutico por sua utilização terapêutica e o *P. ostreatus* para o consumo em natura, em feiras, supermercados e restaurantes, ambos com

grande saída e procura. No entanto essa produção geraria um excedente residual de SMS, o qual se tornaria problema. Neste sentido surge a possibilidade de obtenção de mais uma fonte de renda, mais viável que a utilização de condicionadores do solo e de forma sustentável, que seria a produção de hortaliças na propriedade com a incorporação do SMS, neste caso o mais indicado para obtenção de maior produtividade e plantas mais vigorosas, mediante esse trabalho, seria o T4 - SMS de *A. subrufescens* na (dose 3 – 4 kg.m<sup>-2</sup>) puro (no entanto vimos que a junção de SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) também funcionou muito bem, apresentando resultados satisfatórios) fechando-se assim o ciclo produtivo e aumentando a rentabilidade do negócio. Os benefícios dos incrementos observados nas hortaliças podem tornar a alface e a rúcula mais competitivas no mercado, em função da qualidade comercial das mesmas, com menor ônus ambiental, uma vez que as fontes para obtenção de fertilizantes minerais são não renováveis.

Contudo, além de todos os quesitos abordados acima, torna-se relevante salientar outro atributo extremamente considerável, que pode ter influenciado diretamente os resultados deste trabalho, diz respeito à microbiota existente no SMS, presente mesmo após o ciclo de cultivo de cogumelos. Dentre os diversos microrganismos que estão presentes no composto pós-cultivo de cogumelos, as bactérias podem ser citadas, favorecendo o crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais, atuando como promotoras de crescimento, quando aderidas às rizosferas das plantas. Essas bactérias, segundo Silva *et al.*, (2009), já fazem parte da microbiota natural do SMS de cogumelos do gênero *Agaricus*, tais como as bactérias do gênero *Bacillus*, que foram relatadas também por atuar como elicitores na indução de resistência do tomateiro (ROMEIRO, *et al.*, 2010). Neste sentido é importante a investigação a respeito da população microbiana presente no SMS, com o intuito de elucidar além das diferenças de fertilidade, efeitos benéficos fornecidos por essa microbiota, que faz do SMS, substrato superior a substratos comerciais para produção de hortaliças de qualidade com cunho sustentável.

Nossos resultados apresentam uma perspectiva importante no uso de SMS na produção de alface e rúcula, especialmente quando culturas orgânicas são de interesse. Desta forma torna-se possível afirmar que o SMS de *Agaricus subrufescens* na dose 3 apresenta propriedades químicas e físico-químicas superiores no cultivo de hortaliças.

#### 4 CONCLUSÃO

O presente manuscrito identificou o SMS de *Agaricus subrufescens* na dose 3(4 kg.m<sup>-2</sup>) como uma alternativa de fertilizante orgânico no cultivo de alface e rúcula, onde os valores foram superiores para todas as variáveis analisadas, aumentando o rendimento das culturas, abrindo novas perspectivas para seu uso em outras espécies hortícolas. Foram obtidas plantas mais vigorosas, com qualidade superior em relação ao controle e a compostos comerciais, fazendo do SMS de *A.subrufescens* uma importante fonte de NPK.

Além disso, os tratamentos T10-SMS de *A. subrufescens* 50% + *P. ostreatus* 50% (dose 3 - 4 kg.m<sup>-2</sup>) e T5 - SMS de *P. ostreatus* (dose 1 - 1 kg.m<sup>-2</sup>) apresentaram resultados estatisticamente intermediários, porém bastante satisfatórios, demonstrando o potencial da introdução do SMS na horticultura.

Contudo, além da observação nas diferenças de fertilidade, se faz necessário uma exaustiva investigação a respeito da microbiota existente no SMS, elucidando seu desenvolvimento, colonização e sucessão, a qual, segundo relatos, pode favorecer o crescimento das plantas e induzir resistência a patógenos.

**AGRADECIMENTOS:** A FAPEMIG e CAPES pela concessão da bolsa de estudos, a FAPESP pela concessão de recursos necessários para desenvolvimento do projeto. E ao CDTT- Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (DAG-UFLA), pela infraestrutura e logística disponibilizada.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, T S. Effect of Organic Fertilizer Addition and Spraying Seaweed Extract on Some Growth Characters, Yield and Active Ingredient of Arugula Plant (*Eruca sativa* Mill). **Journal of Tikrit University For Agriculture Sciences**, v. 18, n. 1, p. 21-30, 2018.

ALEXANDER, R. A. Standards and guidelines for compost use. *Biocycle*, v.35, n.12, p.37-41. 1994.

ÁLVAREZ-MARTÍN, A., SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J., POSE-JUAN, E., & RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S. Effect of different rates of spent mushroom substrate on the dissipation and bioavailability of cymoxanil and tebuconazole in an agricultural soil. **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 495-503, 2016.

BARBOSA, F. A. Utilização de cama de frango na produção de rúcula e rabanete. 28f. Monografia (Especialização) **Universidade Federal do Mato Grosso**. Cuiabá-MT, 2011.

BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A.; CARDOSO, M. J. et al. Parâmetros de crescimento do Feijão caupi sob regimes hídricos, **Engenharia Agrícola**, JABOTICABAL, v.22, n.1, p.43-50, 2002.

CHIU SW, CHING ML, FONG KL, MOORE D Spent oyster mushroom substrate performs better than many mushroom mycelia in removing the biocide pentachlorophenol. **Mycol Res** 102(12):1553–1562. (1998).

COHEN, R. L.; PERSKY, L.; HADAR, Y. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. **Applied Microbiological Biotechnology**, v. 58, n. 5 p. 582-594, 2002.

COLAUTO, NELSON BARROS; DA EIRA, AUGUSTO FERREIRA; LINDE, GIANI ANDREA. Cryopreservation of *Agaricus blazei* in liquid nitrogen using dmsO as cryoprotectant. **Bioscience Journal**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), v. 28, n. 6, p. 1034-1037. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/40140>>. 2012.

COSTA, E.M.; SILVA, H.F.; RIBEIRO, P.R.A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**; v.9, n.17, p. 1842-1860, 2013.

DA SILVA SOLINO, A. J., DE OLIVERIA FERREIRA, R., FERREIRA, R. L. F., DE ARAÚJO NETO, S. E., & DA SILVA NEGREIRO, J. R. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 18-24, 2010.

DALASTRA, G. M., HACHMANN, T. L., ECHER, M. M., GUIMARÃES, V. F., & FIAMETTI, M. S. Características produtivas de cultivares de alface mimosa, conduzida sob diferentes níveis de sombreamento, no inverno. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 15-19, 2016.

DE ARAÚJO, N. C., DE LIMA, V. L. A., SENA, L. F., RAMOS, J. G., BORGES, V. E., & DE ASSIS BANDEIRA, F. Produção orgânica da alface em substrato fertilizado com água

amarela e manipueira. **Revista Brasileira de Agricultura irrigada-rbai**, v. 11, n. 8, p. 2111-2119, 2018.

DE SIQUEIRA, F. G., MARTOS, E. T., SILVA, E. G. D., SILVA, R. D., & DIAS, E. S. Biological efficiency of *Agaricus brasiliensis* cultivated in compost with nitrogen concentrations. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.157-161, 2011.

DE SOUZA BARROS, P. C., COSTA, A. R., SILVA, P. C., & COSTA, R. A. Torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9(1), 265-270. 2014.

DIAS ES, ZIED DC, RINKER DL. Physiologic response of *Agaricus subrufescens* using different casing materials and practices applied in the cultivation of *Agaricus bisporus*. **Fungal Biology** 117(7):569–575. (2013).

DOS SANTOS, A. C. M., DA SILVA CARNEIRO, J. S., JÚNIOR, J. M. F., DA SILVA, M. C. A., & DA SILVA, R. R. Produção de mudas de tomateiro cv. Drica sob substratos alternativos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, 11(4), 1-12. 2016.

FAHL, I.J.; CAMARGO, M.B.P.; PIZZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T., DEMARIA, I.C.; FURLANI, A.M.C. Boletim Técnico 200: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: **IAC**, 1998.

FASIDI, I. O., KADIRI, M., JONATHAN, S. G., ADENIPEKUN, C. O., KUFORIJ, O. O. **Cultivation of Tropical Mushrooms**. Ibadan University Press, Ibadan. 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de Olericultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças. São Paulo. **Agronômica Ceres**, 2a Edição, 357p. 1982

JORDAN, S. N.; MULLEN, G. J.; MURPHY, M. C. Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 2, p. 411–418, 2008.

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: **Ceres**, 492 p. 1985.

LIN Y, GE X, LI Y. Co-digestão anaeróbica em estado sólido de substrato de cogumelo exausto com aparas de jardim e palha de trigo para produção de biogás. **Bioresource Technology** 169: 468–474. (2014).

LOPES, J. C., RIBEIRO, L. G., ARAÚJO, M. D., & BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

LOPES, R. X., ZIED, D. C., MARTOS, E. T., DE SOUZA, R. J., DA SILVA, R., & DIAS, E. S. Application of spent *Agaricus subrufescens* compost in integrated production of seedlings and plants of tomato. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, 4(3), 211-218. 2015.

LOU Z, SUN Y, BIAN S, BAIG SA, HU B, XU X. Nutrient conservation during spent mushroom compost application using spent mushroom substrate derived biochar. **Chemosphere** 169:23–31. (2017).

LOU, Z., ZHU, J., WANG, Z., BAIG, S. A., FANG, L., HU, B., & XU, X. Release characteristics and control of nitrogen, phosphate, organic matter from spent mushroom

compost amended soil in a column experiment. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 98, p. 417-423, 2015.

M. GAO, F. LIANG, A. YU, B. LI, L. YANG. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Chemosphere**, 78. pp. 614-619. (2010),

MAHER, M. J.; MAGETTE, W. L.; SMYTH, S.; DUGGAN, J.; DODD, V. A.; HENNERTY, M. J.; McCABE, T. Managing spent mushroom compost. Disponível em: Acesso em: jan. 2019. 2000.

MALAQUIAS, C. A. A; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **PUBVET**, v. 11, p. 424-537, 2016.

MARQUES, E. L. S., MARTOS, E. T., SOUZA, R. J., SILVA, R., ZIED, D. C., & DIAS, E. S. Spent mushroom compost as a substrate for the production of lettuce seedlings. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 7, p. 138, 2014.

MEDEIROS, D.C.; AZEVEDO, C.M.S.B.; MARQUES, L.F.; SOUSA, R.A.; OLIVEIRA, C.J. Qualidade de mudas de tomate em função do substrato e irrigação com efluente de piscicultura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v.8 n.2, p. 170-175, 2013.

MEDINA, E., PAREDES, C., PÉREZ-MURCIA, M. D., BUSTAMANTE, M. A., & MORAL, R. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. **Bioresource technology**, 100(18), 4227-4232. 2009.

MOHD HANAFI, F. H., REZANIA, S., MAT TAIB, S., MD DIN, M. F., YAMAUCHI, M., SAKAMOTO, M; HARA, H; PARK J; & EBRAHIMI, S. S. Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v.102, p. 253-263, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0739-0>. Acesso em: 06 mai. 2018. doi: 10.1007/s10163-018-0739-0. 2018.

NAKATSUKA, H., ODA, M., HAYASHI, Y., & TAMURA, K. Effects of fresh spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus* on soil micromorphology in Brazil. **Geoderma**, v. 269, p. 54-60, 2016.

NAZARENO, G. G.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R. Utilização de matéria orgânica para o controle de nematóides das galhas em alface sob cultivo protegido. **Bioscience Journal**, v.26, p.579-590, 2010

OLIVEIRA, E. M.; QUEIROZ, S. B.; SILVA, V. F. Influência da matéria orgânica sobre a cultura da alface. **Engenharia Ambiental**, v.6, p.285-292, 2009.

OLIVEIRA, L. B. D., ACCIOLY, A., SANTOS, C. L. R. D., FLORES, R. A., & BARBOSA, F. S. Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 157-164, 2014.

PAREDES, C., MEDINA, E., BUSTAMANTE, M. A., & MORAL, R. Effects of spent mushroom substrates and inorganic fertilizer on the characteristics of a calcareous clayey-loam soil and lettuce production. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 4, p. 487-494, 2016.

- PAULA FS, TATTI E, ABRAM F, WILSON J, O'FLAHERTY V. Stabilisation of spent mushroom substrate for application as a plant growth-promoting organic amendment. **Journal of Environment Management** 196:476-486. (2017).
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. (2015).
- RIBAS, L.C.C.; DE MENDONÇA, M.M.; CAMELINI, C.M.; SOARES, C.H.L. Use of spent mushroom substrates from *Agaricus subrufescens* (syn. *A. blazei*, *A. brasiliensis*) and *Lentinula edodes* productions in the enrichment of a soil-based potting media for lettuce (*Lactuca sativa*) cultivation: Growth promotion and soil bioremediation. **Bioresource technology**, 100(20): 4750-4757, 2009.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais. **Editora SBCS**. 359 p. 1999.
- RODRIGUES, E. T. Efeitos das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.). Viçosa, MG: UFV. 60p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa. 1990.
- ROMEIRO, R.S.; LANNA FILHO, R.; MACAGNAN, D.; GARCIA, F.A.O.; HARLLEN S.A. SILVA, H.S.A. Evidence that the biocontrol agent *Bacillus cereus* synthesizes protein that can elicit increased resistance of tomato leaves to *Corynespora cassiicola*. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 11-15, 2010.
- ROY S, SHIBU B, CHAKRABORTY U, CHAKRABORTY B. Avaliação do substrato de cogumelo gasto como biofertilizante para melhoria do crescimento de *Capsicum annuum* L. **Journal of Applied Biology and Biotechnology**. 3 (3): 022–027. <https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.7324/JABB.2015.3305> . [ Ref lista ] 2015.
- ROYSE, D. J., BAARS, J., & TAN, Q. Current overview of mushroom production in the world. *Edible and medicinal mushrooms: Technology and applications*, p. 5-13, 2017.
- SÁNCHEZ, J. E; ZIED, D. C; ALBERTO, E. Edible Mushroom production in the Americas. **Moving Toward Edible Fungi Industry 4.0**. p. 2-11, China. 2018.
- SANTANA, C. T. C.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M. L.; MENEZES, C. B. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta na diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.22-29, 2012.
- SANTOS, R. H. S. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, n. 11, v. 36, 2001.
- SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R.; MIRANDA, L. C. G. de. Qualidade de alface cultivada com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 29-32, 1994.
- SANTOS, A.A.; BOTERO, B.M.; MORAES, F.J.C.; MARCONDES, S.; NUNES, V.A.; BARBOSA, R.; ZIED, D.C. Resposta da área foliar e sistema radicular da alface com aplicação específica de adubos orgânicos associado com fertilizantes químicos. In: **VII Jornada Científica**, Bauru: VII Jornada Científica, p. 1-2. 2012.

- SEDIYAMA, M. A. N., MAGALHÃES, I. D. P. B., VIDIGAL, S. M., PINTO, C., CARDOSO, D., FONSECA, M., & CARVALHO, P. Uso de fertilizantes orgânicos no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa* L.) 'kaiser'. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), v. 6, n. 2, p. 66-74, 2016.
- SILVA, C.F.; AZEVEDO, R.S.; SILVA, R.; DIAS, E.S.; SCHWAN, R.F. Microbial diversity in a bagasse-based compost prepared for the production of *Agaricus brasiliensis*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.40, n. 3, p. 590-600, 2009.
- SOUZA RÁT, BRANCO DA FONSECA TR, LARISSA DE SOUZA K, SILVA K, ALECRIM MM, RAIMUNDO FELIPE DA CRUZ F, TEIXEIRA MFS. Composição nutricional de bio-produtos gerados a partir de fermentação semi-sólida de casca de abacaxi por cogumelos comestíveis. **Revista Africana de Biotecnologia**. 15 (12): 451-457. <https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.5897/AJB2015.14960>. 2016.
- SOUZA, J. L. DE; RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica. Viçosa, MG: **Aprenda Fácil**, 842 p. 2006.
- SOCOL, C. R. AND VANDENBERGHE, L. P. S. Overview of solid-state fermentation in Brazil. **Biochem. Eng. J.**, **13**, 205-219. (2003).
- VENKATESH GOBI, V., RAJASANKAR, S., RAMKUMAR, M., DHANALAKSHMI, C., MANIVASAGAM, T., JUSTIN THENMOZHI, A., MOHAMED ESSA, M; CHIDAMBARAM, R;. *Agaricus blazei* extract attenuates rotenone-induced apoptosis through its mitochondrial protective and antioxidant properties in SH-SY5Y neuroblastoma cells. **Nutr. Neurosci.** 21, 97–107. doi: 10.1080/1028415X.2016.1222332 2018.
- WOODS END RESEARCH LABORATORY. 1998-2000. Interpretation of waste & compost test. Journal of the Woods End Research Laboratory, v.1, n.4. p.1-6. Disponível em: <<http://www.woodsend.org/compost.pd>>. Acesso em: fev. 2019. 2000.
- ZHANG, RUN-HUA; ZENG-QIANG, D. U. A. N.; ZHI-GUO, L. I. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. **Pedosphere**, v. 22, n. 3, p. 333-342, 2012.
- ZIED DC, PARDO GIMÉNEZ A, PARDO GONZÁLEZ JE, SOUZA DIAS E, CARVALHO MA, MINHONI MTA. Effect of cultivation practices on the b-Glucan content of *Agaricus subrufescens* basidiocarps. **J Agric Food Chem** 62(1):41–49. 2013.
- ZIED, D. C., CARDOSO, C., PARDO-GIMENEZ, A., DIAS, E. ZERAIK, M. L., & PARDO, J. E. Using of appropriated strains in the practice of compost supplementation for *Agaricus subrufescens* production. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 2, p. 26, 2018.
- ZISOPOULOS FK, RAMÍREZ HA, VAN DER GOOT AJ, BOOM RM. Uma avaliação de eficiência de recursos da cadeia produtiva de cogumelos industriais: a influência da variabilidade dos dados. **J Clean Prod** 126: 394–408. 2016.