

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**RELAÇÃO C/N E PROPORÇÃO DE FONTES NITROGENADAS NA  
PRODUTIVIDADE DE *Agaricus blazei* Murrill E PODER CALORÍFICO  
DO COMPOSTO**

**JOÃO KOPYTOWSKI FILHO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP  
Julho – 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**RELAÇÃO C/N E PROPORÇÃO DE FONTES NITROGENADAS NA  
PRODUTIVIDADE DE *Agaricus blazei* Murrill E PODER CALORÍFICO  
DO COMPOSTO**

**JOÃO KOPYTOWSKI FILHO**

Eng<sup>o</sup>. Agrônomo

Orientador: Profa. Dra. Marli Teixeira de Almeida Minhoni

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP  
Julho – 2002

Dedico

Aos meus pais João e Inacita

À minha irmã Joacita

À Daniela

## AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Marli Teixeira de Almeida Minhoni, pela amizade, orientação, sugestões e paciência para a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Augusto Ferreira da Eira, pela colaboração e incentivo demonstrados antes mesmo do início deste estudo.

À tia Carmem, pelo incentivo constante.

Aos meus grandes amigos Lica, Marlene, Paola e Rodrigo, que sempre estiveram me ajudando em tudo que foi possível e impossível.

À Claudinha, pelo constante incentivo e animação durante o período de trabalho.

Ao meu grande amigo Adriano Reis da Silveira, pela ajuda nas horas mais difíceis e cansativas.

Ao Élvio, pela amizade e pelas dicas importantes para este trabalho.

Aos colegas do Módulo de Cogumelos: Magali, Regina, Nelson,

Renato, Paulo e José, pelos bons momentos de convívio.

Aos funcionários do Módulo de Cogumelos: Márcio Fogaça, Ivando Fogaça, José Antônio Fogaça e Janderson C. Paes pela ajuda nas diversas fases desta pesquisa.

À Maria de Fátima Almeida Silva, pela colaboração durante os trabalhos.

Aos professores Ariovaldo de Oliveira Florentino e José Pedro Serra Valente e à Dorotéia de Fátima Bozzano, pela atenção e disponibilidade de seus laboratórios.

À Dra. Maria Márcia Sartori, pelas dicas e sugestões.  
Aos professores e colegas do curso de pós-graduação, pelos inúmeros momentos de alegria e satisfação.

À CAPES, pela bolsa de estudos de parte do curso de pós-graduação.

À FAPESP, pelo financiamento desta pesquisa, por meio do Projeto Temático Processo 98/07726-5.

Ao curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1. Cogumelo <i>A. blazei</i> .....	9
4.3. Uso medicinal do <i>A. blazei</i> .....	10
4.4. Compostagem.....	11
4.5. Poder calorífico.....	17
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1 Material e métodos gerais.....	20
5.1.1 Composto.....	20
5.1.2 <i>A. blazei</i> .....	23
5.1.3 Turfa SC.....	26

5.2	Experimento 1.....	27
5.2.1	Composto.....	27
5.2.2	Compostagem.....	28
5.2.3	Inoculação.....	30
5.2.4	Cobertura.....	31
5.2.5	Indução e frutificação.....	32
5.2.6	Colheita.....	33
5.3	Experimento 2.....	34
5.3.1	Composto.....	34
5.3.2	Compostagem.....	35
5.3.3	Inoculação.....	37
5.3.4	Cobertura.....	38
5.3.5	Indução e frutificação.....	38
5.3.6	Colheita.....	39
5.4	Variáveis analisadas.....	39
5.4.1	Relativas ao processo de compostagem.....	39
5.4.2	Relativas à produção de <i>A. blazei</i> .....	42
5.5	Análise estatística.....	44
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6.1.	Experimento 1.....	45
6.1.1	Teores de carbono, nitrogênio e relação C/N .....	45
6.1.2	Produtividade.....	48
6.2.	Experimento 2.....	57
6.2.1	Umidade do composto.....	57
6.2.2	Teores de carbono, nitrogênio e relação C/N.....	59
6.2.3	Produtividade.....	64
6.2.4	Poder calorífico.....	75
7	CONCLUSÃO.....	80
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
9	APÊNDICE.....	97

## LISTA DE QUADROS

<i>Quadro</i>	<i>Página</i>
1 Concentração média de carbono e nitrogênio e relação carbono/nitrogênio (C/N) de materiais utilizados na formulação de composto dos Experimentos 1 e 2.....	22
2 Características químicas da turfa SC.....	26
3 Composição dos substratos, por tratamento, no Experimento 1.....	28
4 Composição dos substratos, por tratamento, no Experimento 2.....	35
5 Relação C/N inicial e teores de carbono, nitrogênio e relação C/N ao final das Fases	

I e II da compostagem.....	46
6 Umidade média dos tratamentos ao final das Fases I e II da compostagem.....	58
7 Produtividade (%), em função das relações C/N iniciais médias dos compostos e das distintas proporções de fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia), no período de 112 dias de colheita.....	64
8 Eficiência biológica de cogumelos (%), em função das relações C/N iniciais médias dos compostos e das distintas proporções de fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia), no período de 112 dias de colheita.....	72
9 Número de cogumelos, em função das relações C/N iniciais médias dos compostos e das distintas proporções de fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia), no período de 112 dias de colheita.....	73

## LISTA DE FIGURAS

*Figura*

*Página*

1	Fatores de influência na produtividade dos cogumelos.....	9
2	Fluxograma de atividades dos Experimentos 1 e 2.....	21
3	Tempo de pasteurização (horas).....	37
4	Produtividade de cogumelos (%) em função das relações C/N iniciais dos tratamentos e dos períodos de condicionamento na Fase II.....	50
5	Produção de peso de cogumelos frescos (%), em função de 156 dias de colheita e período de condicionamento na Fase II.....	54
6	Teor de carbono ( $\text{g kg}^{-1}$ de matéria seca de composto) dos tratamentos em função do período de amostragem nas diversas fases da compostagem.....	61
7	Teor de nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ de matéria seca de composto) dos tratamentos em relação ao período de amostragem nas diversas fases da compostagem.....	62
8	Relação C/N dos tratamentos em função do período de amostragem nas diversas fases da compostagem.....	63
9	Produtividade (%) em função da relação C/N inicial média dos tratamentos.....	66
10	Produção diária de cogumelos frescos (kg ) durante 112 dias de colheita.....	70
11	Número de cogumelos dos tratamentos (kg), durante 112 dias de colheita.....	76
12	Peso fresco e número de cogumelos, em função do período de colheita de 112 dias..	77
13	Peso médio de cogumelos (g), em função do período de colheita.....	77
14	Poder calorífico médio dos tratamentos ( $\text{kcal g}^{-1}$ de peso seco de composto) e teor médio de carbono ( $\text{cal g}^{-1}$ matéria seca de composto).....	79
15	Preparo de amostra para determinação de poder calorífico.....	98
16	Bomba calorimétrica.....	98

17	Preparo de leira base de compostagem em área coberta.....	99
18	Câmara modelo Dalsem, para pasteurização e condicionamento.....	99
19	Caixas treliçadas com composto para condicionamento e pasteurização.....	100
20	Cogumelos próximos do ponto de colheita.....	100
21	Cogumelos em processo de desidratação.....	101
22	Cogumelos danificados por larvas de moscas.....	101

## **1 RESUMO**

Estudou-se os efeitos da relação C/N inicial do composto e proporção de nitrogênio proveniente de fontes nitrogenadas no substrato, sobre o processo de compostagem, produtividade e poder calorífico no cultivo do cogumelo *Agaricus blazei* Murrill. Para tanto, foram instalados dois Experimentos com diferentes proporções de fontes nitrogenadas adicionadas a resíduos lignocelulósicos (bagaço de cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum* e palha de capim braquiária, *Brachiaria* sp). O Experimento 1 constou de seis

tratamentos dispostos ao acaso, segundo esquema fatorial 3 x 2, com 10 repetições (três relações C/N iniciais: 35/1, 31/1 e 27/1; dois períodos de condicionamento na Fase II: 15 e 23 dias. O Experimento 2, constou de 9 tratamentos dispostos em blocos ao acaso, segundo esquema fatorial 3 x 3, com 12 repetições (três relações C/N iniciais médias: 43/1, 37/1 e 33/1; três proporções de nitrogênio provenientes de farelo de soja e uréia: 4/1, 1,5/1 e 1/1,5).

Para o Experimento 1, as variáveis analisadas foram: carbono, nitrogênio e relação C/N do composto; durante as fases de compostagem. Durante o período de colheita determinou-se o peso dos cogumelos frescos.

Para o Experimento 2, as variáveis analisadas foram: carbono, nitrogênio, relação C/N, umidade do composto e poder calorífico durante as fases de compostagem e ao final do período de colheita. Durante o período de colheita determinou-se o número, peso fresco e médio dos cogumelos, produtividade (base úmida) e eficiência biológica (produtividade na base seca).

Para a mesma C/N inicial do composto, os tratamentos contendo maiores proporções de uréia em sua formulação, resultaram em menores produtividades e menor eficiência biológica, além de períodos de colheitas mais irregulares. Os tratamentos com relação C/N inicial do composto de 31/1 a 37/1, resultaram em produtividades e eficiência biológica maiores. Com relação ao número e peso fresco de cogumelos, constatou-se que, com um período de colheita mais longo, o peso fresco médio dos cogumelos diminuiu. O poder calorífico do composto diminuiu em função do período de compostagem, sendo que, compostos com relação C/N menores possuem poder calorífico menor.

*A. blazei* possui versatilidade para o desenvolvimento em compostos com relações C/N, ao final da Fase II, de 25/1 a 36/1.

Em função dos resultados das análises de teores de nitrogênio do composto, há necessidade de metodologia adequada para avaliação desta variável durante as Fases I e II de compostagem.

C/N RATIO AND PROPORTION OF NITROGEN SOURCES ON PRODUCTIVITY OF *Agaricus blazei* Murrill AND CALORIFIC VALUE OF COMPOST . Botucatu, 2001.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOAO KOPYTOWSKI FILHO

Adviser: MARLI TEIXEIRA DE ALMEIDA MINHONI

## 2 SUMMARY

The aim of this research, were study the effects of the relationship of C/N ratio and proportions of nitrogen sources of the compost and composting process, calorific value and productivity in the culture of the mushroom *Agaricus blazei* Murrill. Two Experiments (1 and 2) were tried with different proportions of nitrogen sources (urea and soya bean meal) added to cellulose and hemicellulose residues (sugar cane bagasse, *Saccharum officinarum*, and "capim braquiária" straw, *Brachiaria* sp). The Experiment 1 consisted of

three treatments and adopted experimental delineating was randomized blocks, factorial scheme 3 X 2 x 10 (three initial C/N ratio; two periods of conditioning: 12 and 20 days; 10 repetitions). The Experiment 2 consisted of 9 arranged in randomized blocks, factorial scheme 3 x 3 x 12 (three initial C/N ratio: 43/1, 37/1 e 33/1; three proportions of nitrogen of soya bean meal and urea: 4/1, 1,5/1 and 1/1,5; 12 repetitions). The parameters analysed were: humidity, fresh and dry matter compost, during Phase I, Phase II and spawn colonization. During the harvesting period, biological efficiency, productivity, number and fresh weight of mushroom, were determined. The results obtained in the two experiments, concluded that the composting period and compost for the production of *A. blazei* , is influenced by the relationship C/N ratio. For the same initial C/N ratio, the treatments with higher urea proportions in its formulation obtained lower productivities and smaller biological efficiency, besides distributed harvests. Regarding the number of mushrooms, it was verified that the longer crop period, decreases the quality of mushrooms (fresh matter ). The mushroom *A. blazei* has the versatility for development in composed relationships C/N 27 to 36. The calorific value is lower at the final of Phase II or the later composting process with reduced C/N ratio.

---

Keywords: *Agaricus blazei*, mushroom, nitrogen, compost, calorific value

### 3 INTRODUÇÃO

Os procedimentos utilizados no cultivo do cogumelo *A. blazei* são adaptações dos utilizados para a espécie *Agaricus bisporus* Lange e de outros. O preparo do substrato ou composto é uma das etapas críticas do ciclo de cultivo ou da adaptação de uma nova espécie ou linhagem. Apesar dos avanços obtidos na formulação de substratos para *A. bisporus*, a composição ideal do substrato para o cogumelo *A. blazei* ainda não está definido.

*A. blazei* tem sido alvo de muito interesse, tanto por parte dos produtores, quanto pela população em geral e pesquisadores. O cultivo tem sido uma

alternativa de investimento com retorno econômico relativamente rápido para os produtores; os consumidores, por sua vez, são atraídos pela possibilidade de uso deste cogumelo como agente auxiliar no tratamento de doenças; alguns pesquisadores, desenvolvem tecnologias de cultivo, enquanto outros, vêm obtendo resultados promissores nas áreas de imunologia, radioproteção e fitopatologia.

A produção de *A. blazei* no Brasil concentra-se nos períodos de temperaturas mais elevadas e para algumas áreas da Região Sul, o cultivo fica restrito aos períodos de primavera e verão, principalmente quando este é produzido em locais onde o controle de fatores ambientais é reduzido ou nulo. É comum os produtores adquirirem composto já colonizado para iniciarem o cultivo. O preparo, compostagem e a colonização do composto têm sido desenvolvidos por poucos produtores, os quais, na maioria das vezes, adotam as técnicas utilizadas para *A. bisporus*. Desta forma, as produtividades têm sido irregulares, fato este relacionado com a falta de manejo adequado do cultivo e preparo de composto para *A. blazei*.

Aliado ao desconhecimento a respeito das características do composto mais adequado para produção de *A. blazei*, muitos cultivadores creditam características de qualidade e produtividade duvidosas, sem possuírem metodologias adequadas para coleta de dados que as justifiquem.

Ademais, ciclos de cultivo muito longos, normalmente adotados para este tipo de cogumelo, ocasionam períodos de “descanso” e manejo da área de cultivo muito curtos ou ausentes, causando aumento nos custos operacionais e mão de obra dispensada, além da maior incidência de pragas e doenças, devido aos cultivos sucessivos e à falta de profilaxia do local, podendo tornar-se inviáveis economicamente.

Além de todos os possíveis fatores que continuam imprecisos para o sucesso da produção de *A. blazei*, as características do composto permanecem como uma das mais importantes para obtenção de boa produtividade, ciclo curto de produção, baixa incidência de pragas e doenças, além de qualidade padronizada para a comercialização.

Devido à escassez de informações científicas sobre os substratos e processos de compostagem mais adequados ao desenvolvimento de *A. blazei*, o presente trabalho teve como objetivos:

- Avaliar a produtividade de cogumelos em função do período de condicionamento na Fase II;

- Avaliar as produtividades em função das relações C/N iniciais do composto e das proporções de nitrogênio proveniente das fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia);

- Avaliar as variações da relação C/N durante a fases de compostagem em função das formulações utilizadas;

- Avaliar o poder calorífico dos compostos durante a compostagem (Fases I e II) e ao final do período de colheita.

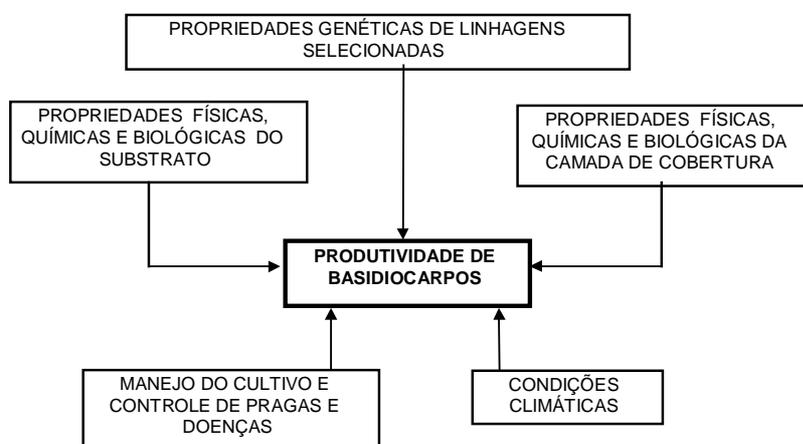
#### **4 REVISÃO DE LITERATURA**

O cultivo de cogumelos comestíveis é um processo biotecnológico que visa a produção de alimentos, muitas vezes, através da bioconversão de resíduos ou subprodutos orgânicos agrícolas e agro-industriais (Chang & Miles, 1984; Chang, 1999). A conversão do substrato em proteínas tem sido muito superior a várias fontes convencionais de proteína vegetal ou animal (Rajarathnam et al., 1992). Os cogumelos são organismos sem capacidade de fotossíntese (Bononi et al., 1995; Chang, 1999), mas com capacidade de

biossíntese a partir de resíduos agro-industriais e, neste sentido, a produção de cogumelos é considerada como a “Revolução Não Verde” do Século XXI (Chang, 1999).

Nos últimos anos, o consumo de cogumelos comestíveis vem aumentando e ganhando destaque devido ao sabor “refinado”, valor nutritivo e mais recentemente, pelo potencial para uso medicinal. Os cogumelos também têm sido usados como nutracêuticos, definidos como um extrato refinado ou parcialmente refinado a partir do micélio ou corpo de frutificação, sendo consumidos na forma de tabletes ou cápsulas como dieta complementar (Chang, 1999).

Não existem dados oficiais atuais relativos à produção nacional. Contudo, Braga et al. (1998) relataram que a produção anual de *A. blazei* desidratado no período de 1996-97 foi estimado em 20 toneladas, fato este que, segundo os autores, coloca o Brasil entre os principais produtores. As técnicas adotadas para o cultivo de *A. blazei* têm sido, em grande parte, uma adaptação das utilizadas para *A. bisporus*. Tal fato, aliado à escassez de trabalhos na área de produção de *A. blazei*, faz com que diversos produtores não alcancem sucesso nos seus cultivos, devido à falta de otimização dos diversos fatores que podem influenciar a produtividade do cogumelo (Figura 1).



#### **4.1 Cogumelo *Agaricus blazei***

*A. blazei* é de ocorrência natural no Brasil (Iwade & Mizuno, 1997; Braga et al., 1998). Alguns exemplares foram levados para o Japão para o estudo de suas propriedades medicinais. Face às condições climáticas favoráveis no Brasil, algumas matrizes produzidas no Japão retornaram ao Brasil e desde então, várias técnicas de produção têm sido adaptadas (Braga et al., 1998).

*A. blazei* no Brasil é comercializado normalmente na forma desidratada (em pedaços ou em pó). No Japão, a comercialização é feita também na forma de cogumelos frescos, sem o estipe, acondicionados em bandejas de polipropileno, (Iwade & Mizuno, 1997).

#### **4.2 Uso Medicinal**

*A. blazei*, conhecido como “cogumelo-do-sol”, tem sido difundido em função de relatos populares sobre o chá desse cogumelo, o qual seria responsável pela recuperação e melhoria do quadro clínico de pacientes com tumores cancerígenos. Há relatos de modelos experimentais promissores nas Áreas de Patologia, Imunologia e Rádio-proteção. Diversos trabalhos creditam propriedades antitumorais à presença de complexos  $\beta$ -D-

glucanas-proteínas (Kawagishi et al.,1989; Liu et al.,1996; Fujimiya et al.,1998; Mizuno et al., 1998). O extrato de *A. blazei*, em certas circunstâncias exibem atividades antimutagênicas que podem contribuir para um efeito anticarcinogênico (Denadai,et. al., 1999, 2001) e efeitos antimutagênicos quando testado em células V79 (Menoli et. al., 2001)

Em Taiwan, *A. blazei* é conhecido como o “cogumelo brasileiro”. Neste país, o cultivo restringe-se à produção de micélio em cultura submersa para uso em formulações de produtos nutricêuticos e medicinais. Chang et al. (2001) analisaram amostras de micélio de *A. blazei* e encontraram valores de 89,24 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca, 424 g de carboidratos kg<sup>-1</sup>, 116 g de açúcares redutores kg<sup>-1</sup>, 59 g de cinzas kg<sup>-1</sup>, 96,8 g de gordura kg<sup>-1</sup>, 264 g<sup>1</sup>de fibras kg<sup>-1</sup> e 156 g de proteína kg<sup>-1</sup>.

No Japão, os cogumelos são consumidos como alimentos funcionais, sendo vendidos desidratados em forma de pó, em saquinhos de chá ou em grânulos (Iwade & Mizuno, 1997). Visando a redução do uso de antibióticos na produção animal e os riscos de resíduos destes na alimentação humana, Fiani (2001) utilizou *A. blazei* como uma alternativa na ração de frangos de corte como agente promotor de crescimento. Encontrou respostas significativas no ganho de peso de aves de 1 a 21 dias de idade, com adição de 0,25% na forma de farelo de *A. blazei* na ração; porém, estudos econômicos devem ser feitos para se analisar a viabilidade do uso.

### **4.3 Compostagem**

O preparo do substrato ou composto é uma das etapas críticas do ciclo de cultivo, com reflexos sobre a produtividade e constituição química do cogumelo (Gerrits,

1977,1988; Cormican & Stauton, 1991; Dhar, 1994). A compostagem pode ser definida como um processo complexo, com atividade microbiológica aeróbia e anaeróbia, baseado na termogênese microbiana, que visa a bioestabilização do resíduo com seletividade por biostase para o cogumelo e desfavorável às espécies competidoras (Levanon et al., 1988, Bononi et al., 1995; Eira & Minhoni, 1997; Celso, 1999). Propriedades físicas e químicas do substrato, relativas à permeabilidade para trocas gasosas, retenção de umidade, pH, nitrogênio orgânico e concentração final de amoníaco, são fatores que interferem na qualidade do composto (Cormican & Stauton, 1991; Dhar, 1994; Eira & Minhoni, 1997).

O método de compostagem usualmente utilizado para *A. bisporus* e *A. blazei* é o método de compostagem curta (*Short Composting*), desenvolvido por Sinden & Hauser na década de 50 (Laborde et al., 1993) e que compreende duas fases:

**Fase I:** Consiste na mistura de materiais, amontoados, umedecidos, formando leiras, que são reviradas freqüentemente. Esta fase é desenvolvida dentro de um período de 7-14 dias (Fermor et al., 1985; Van As & Van Dulleman, 1988; Gerrits, 1988, Miller & Macauley, 1989). O processo possui controle parcial, de modo que a temperatura e os níveis de oxigênio no composto podem sofrer grandes variações, ou seja, 20-80°C e 0-20%, respectivamente. Como consequência deste controle parcial, aliado ao fato do processo não ser desenvolvido em câmaras climatizadas (Dhar, 1994), a compostagem nesta fase é tida como ineficiente, acarretando poluição atmosférica, devido à produção de amônia e substâncias sulfurosas, além de escorrimento de chorume das leiras (Miller & Macauley,1989; Derikx et al., 1990).

**Fase II:** Compreende os estádios de pasteurização (6-8 horas; 60°C) e de condicionamento (6 a 9 dias, 45 a 50°C e aeração de 20 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> ton<sup>-1</sup> de composto), em

instalações fechadas, genericamente chamadas de “túneis” (Fermor et al., 1985; Miller, 1990; Dahr, 1994).

Com a pasteurização e durante o condicionamento, estabelecem-se condições físicas e químicas favoráveis à proliferação de comunidades de fungos e actinomicetos termófilos, que desempenharão papel de bioestabilizadores do composto, eliminando substâncias tóxicas, como a amônia. Desta forma, os microrganismos ora presentes neste condicionamento tornam o substrato seletivo, ou seja, incrementam a cinética de crescimento miceliano do cogumelo, reduzindo o de microrganismos competidores, principalmente mesófilos celulolíticos (Ross & Harris, 1983; Randle & Smith, 1986; Gerrits, 1988; Vijay & Gupta, 1994; Savoie et al., 1995; Celso, 1999).

Novos métodos de compostagem, enfatizando a importância microbiológica e a minimização do impacto ambiental da compostagem, combinam as Fases I e II num sistema único, fechado, denominado tecnicamente de sistema “*Indoor*” de compostagem (Laborde et al., 1987; Gerrits & Van Griiesven, 1990; Gerrits, 1992; Noble & Gaze, 1995). Nesse sistema, o processo é encurtado, minimizando custos operacionais e perda de matéria (Nair & Price, 1991; Laborde et al., 1993). O controle da temperatura é realizado dentro da câmara, simulando os fenômenos das Fases I e II. Há casos em que são inoculados microrganismos termófilos para otimização do processo; neste sentido, correlação positiva foi encontrada entre a população do fungo termófilo *Scytalidium thermophilum* no composto e o rendimento do cogumelo (Ross & Harris, 1983; Straatsma et al., 1989, 1994). O processo de compostagem de ambiente controlado é um sistema fechado, com o objetivo de promover a rápida decomposição de substratos prontamente assimiláveis e possibilitar condições favoráveis para o desenvolvimento de cogumelos e ainda obter boa produtividade, com menor

impacto ambiental. O composto é preparado para a inoculação do micélio em 6 a 8 dias com temperaturas médias de 54 °C no início do processo, seguido da diminuição em média para 47°C (Miller et al., 1990)

Enquanto a formulação de substratos e os processos de compostagem tornam-se cada vez mais sofisticados para a produção de *A. bisporus*, a composição ideal do substrato para *A. blazei* permanece desconhecida. As matérias-primas são constituídas por diversos tipos de fibras ligno-celulósicas (palhas de cereais e/ou capins, bagaço de cana-de-açúcar e outros), as quais são adicionadas de produtos nitrogenados, orgânicos e/ou minerais, para que a relação carbono/nitrogênio (C/N) inicial seja de 25/1 a 30/1; ao final do processo de compostagem, esta relação diminui para 17, em média (Eira & Minhoni, 1997).

Neves (2000) utilizou compostos comerciais da região de Florianópolis/SC, em média com relações C/N ao final da Fase II de 16/1, obtendo eficiência biológica variando de 0,51 a 6,24 %. Segundo a autora, problemas na camada de cobertura com contaminação de fungo *Trichoderma harzianum* afetaram o desenvolvimento do micélio, que, em conjunto com a falta de condições ambientais adequadas, foram determinantes para a baixa eficiência biológica resultante nos tratamentos.

Para a correção da relação C/N inicial do substrato, é muito comum o uso de farelos e tortas, em níveis de 15 a 18 g de nitrogênio inicial kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto, na formulação inicial (Eira & Minhoni, 1997). Neste sentido, Vijay & Gupta (1994), trabalhando com vários níveis de nitrogênio inicial no substrato (5, 10, 15, 20, 25 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca), verificaram que a presença de fungos contaminantes mesófilos foi maior nos tratamentos com menores concentrações de nitrogênio, ou seja, 5 e 10 g kg<sup>-1</sup> de massa seca de composto e tiveram portanto, as produções mais baixas. Nos tratamentos com

nitrogênio inicial de 20 e 25 g kg<sup>-1</sup> de massa seca de composto, ocorreu incidência elevada do fungo competidor *Sepedonium* sp, o que anulou a produção. Por outro lado, a presença de microorganismos termófilos, que são benéficos, foi maior nos tratamentos com concentração intermediária de nitrogênio inicial, ou seja, a 15 e 17,5 g kg<sup>-1</sup> de massa seca de composto, fato este relacionado com as maiores produções.

O comportamento acima descrito, pode estar fundamentado nos tipos de metabolismos microbianos existentes no substrato em compostagem. Inicialmente, a comunidade microbiana mesofílica, naturalmente em maior número devido à sua versatilidade nutricional e metabólica, utilizam os compostos mais solúveis do substrato, mineralizando e liberando nitrogênio orgânico, inicialmente como NH<sub>4</sub>→NH<sub>3</sub>. Com o estímulo, processos oxidativos elevam a temperatura e a comunidade termofílica, inicialmente em menor número, tem sua atividade e número aumentados, o que eleva ainda mais a temperatura, fato este que torna o ambiente desfavorável aos mesofílicos. Ademais, a elevada concentração de nitrogênio na forma amoniacal, é tóxica para os mesofílicos, mas não limitante a alguns grupos termofílicos (Eira & Minhoni, 1997).

A compostagem Fase I, pode ser corrigida pela Fase II para compensar erros de formulação que ocorrem comumente por produtores de composto, devido à falta de dados sobre a composição dos substratos e/ou cálculos de concentração de nitrogênio, podendo resultar em compostos com produtividades satisfatórias (Vedder, 1978). Esta característica na produção de compostos, oferece a possibilidade de utilizar algumas variações na formulação e manejo dos compostos, sem comprometimento da produção de cogumelos (Miller & Macauley, 1989).

Segundo os autores, os componentes para produção de cogumelos pode ser considerado como 3 classes:

-Substratos tendo em sua composição grande parte formada por celulose, hemicelulose e lignina, neste sentido, como palhas, bagaço de cana e camas de produção animal à base de palha de trigo, arroz, cevada, entre outros. Estes substratos são de estrutura química complexa, tornando-se resistentes à decomposição, com grande parte de nutrientes indisponíveis de imediato para os microrganismos.

-A uréia, farelo de soja, sementes de algodão, tortas de resíduos da industrialização de produção de bebidas, etc. Com exceção da uréia, estes substratos são chamados de ativadores do composto, por possuírem proteínas, gorduras e carboidratos prontamente disponíveis ao microrganismos para o processo de compostagem. Da mesma forma que estes nutrientes estão prontamente disponíveis, eles são relacionados como fontes precursoras da formação de odores, além do aumento da densidade de compostos.

-Condicionadores inorgânicos: gesso e calcário.

Diversos grupos desses microrganismos termofílicos são citados pelos efeitos benéficos no cultivo de cogumelos, entre eles, os fungos termofílicos que têm importante papel no processo de compostagem fazendo a biodegradação da lignocelulose e a sua biomassa servindo para a nutrição de *A. bisporus*, além de reduzir a população de fungos competidores (Vijay & Gupta, 1994).

A relação C/N inicial do substrato está intimamente associada aos níveis de amônia durante a compostagem contudo, é fundamental que a amônia não ultrapasse limites que prejudiquem a produtividade (Cormican & Stauton, 1991; Gerrits,1988). Níveis satisfatórios equivalem a 5-10 mg de amônia kg<sup>-1</sup> de composto fresco na atmosfera do túnel de

pasteurização ao final da compostagem, ou então, inferior a 1 mg de amônia  $\text{kg}^{-1}$  de composto fresco. Straatsma et al.(2000) pesquisando modelagem de substratos para produção de composto, verificaram que a temperatura ótima de liberação de amônia do composto é acima de 40°C. Experimentos com uréia, esterco de galinha e palha de trigo mostraram que os melhores rendimentos de *A. bisporus* foram obtidos com níveis de amônia de 4 mg  $\text{kg}^{-1}$  de composto fresco, ao final da Fase I, equivalendo a níveis iniciais de nitrogênio de 20 g  $\text{kg}^{-1}$  de matéria seca de composto na formulação inicial (Gerrits, 1988). Iwade & Mizuno (1997) relatam produtividade de *A. blazei* de 9,09 a 15,15 kg de massa fresca de cogumelos  $\text{m}^{-2}$  de superfície de composto. Kopytowski Filho et al. (2000), pesquisando o efeito da densidade da camada de composto (relação C/N inicial do composto de 27/1), alcançaram produtividades em média de 9,5 % (massa fresca de cogumelos por massa fresca de composto), com densidade de 55 kg de composto  $\text{m}^{-2}$ . Constatou-se que a produtividade do composto pode ser mais afetada por fatores abióticos, à medida que as espessuras são mais delgadas, concordando com Braga (1999) que obteve melhores resultados de produtividade quando utilizou camadas de composto com densidade de 60 kg  $\text{m}^{-2}$  de área superficial em relação às camadas de 30 kg de composto  $\text{m}^{-2}$  de área superficial, sendo encontradas diferenças significativas em dois ambientes de cultivo (bambu e estufa plástica)

#### **4.4 Poder calorífico**

Segundo Crockford & Knight (1977), muitos calores podem ser determinados pela medida direta, sendo isto válido especialmente para os calores de

combustão. Quando uma amostra é queimada na atmosfera de oxigênio, o calor desprendido é determinado mediante processo conveniente.

Queiroz (2002), trabalhando com efeito de doses de nitrogênio na produtividade de *Lentinula edodes* em toros de eucalipto, observou que toros degradados (final de cultivo), tiveram maior poder calorífico em comparação aos “toros virgens” (sem inoculação). Os dados obtidos também concluem que os toros degradados tiveram maior poder calorífico devido à retirada de água de composição do substrato pelo cogumelo produzido. As linhagens que mais produziram, para a mesma quantidade de adubação com nitrogênio aplicada nos tratamentos, aumentaram significativamente o poder calorífico nos toros degradados (energia do  $\text{NH}_4^+$ ) devido ao estreitamento da relação C/N. Do mesmo modo, os toros menos produtivos e com maior incidência de contaminantes tiveram menor poder calorífico, provavelmente pelo nitrogênio nas formas livres remanescente nos toros e por incorporação na biomassa dos microrganismos contaminantes.

O poder calorífico do composto está diretamente relacionado com a decomposição de matéria orgânica, deste modo, à medida que a compostagem vai avançando, desde que sem a adição de novos substratos, ocorre declínio gradual do poder calorífico do composto, fato este relacionado com a perda de carbono sob a forma de dióxido de carbono (Sharma,1991). Este mesmo autor afirma que o poder calorífico pode ser utilizado como ferramenta auxiliar para determinação do nível de decomposição de compostos para produção de cogumelos.

Demirbas et al. (1997) desenvolveram uma nova equação para estimar o poder calorífico superior de resíduos lignocelulósicos a partir de teores de celulose,

hemicelulose e lignina e suas composições de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e umidade. Para tanto, utilizaram a seguinte equação:

$$\text{PCS} = 33,5 (\% \text{C}) + 142 (\% \text{H}) + 15,5 (\% \text{O}) - 14,5 (\% \text{N})$$

Onde: PCS = Poder calorífico superior;

% C = porcentagem de carbono;

% H = porcentagem de Hidrogênio;

% O = porcentagem de Oxigênio;

% N = porcentagem de nitrogênio.

Os resultados encontrados tiveram variações de 0,52 e 1,65 % entre a estimativa e o poder calorífico superior real determinado, considerado como uma boa correlação entre estes fatores. Petura (1979) citou que a composição de materiais celulósicos variam em média de 490, 415, 60 e 30g kg<sup>-1</sup> de matéria seca, para o carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, respectivamente.

Com o objetivo de obter-se maiores informações do efeito das fontes nitrogenadas usadas na formulação inicial do substrato sobre o processo de compostagem, poder calorífico do composto e produtividade de cogumelo *A. blazei*, propôs-se um estudo envolvendo a relação C/N inicial do composto e proporção das fontes nitrogenadas, na formulação inicial do composto para cultivo de *A. blazei*

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos para se verificar o efeito da relação C/N inicial do composto, proporções de fontes nitrogenadas e período de condicionamento, na produtividade de *A. blazei*. Os experimentos obedeceram o fluxograma de atividades apresentado na Figura 2.

## **5.1 Material e métodos gerais**

### **5.1.1 Composto**

Os materiais utilizados para a formulação dos compostos foram: bagaço de cana-de-açúcar (proveniente da Destilaria de Aguardente de Cana-Açúcar Corvo Branco, Lençóis Paulista/SP), palha de capim braquiária (*Braquiaria* sp – colhida na Fazenda Lageado – Botucatu/SP), farelo de soja, uréia, calcário e gesso. Os quatro últimos foram adquiridos de formulações comerciais.

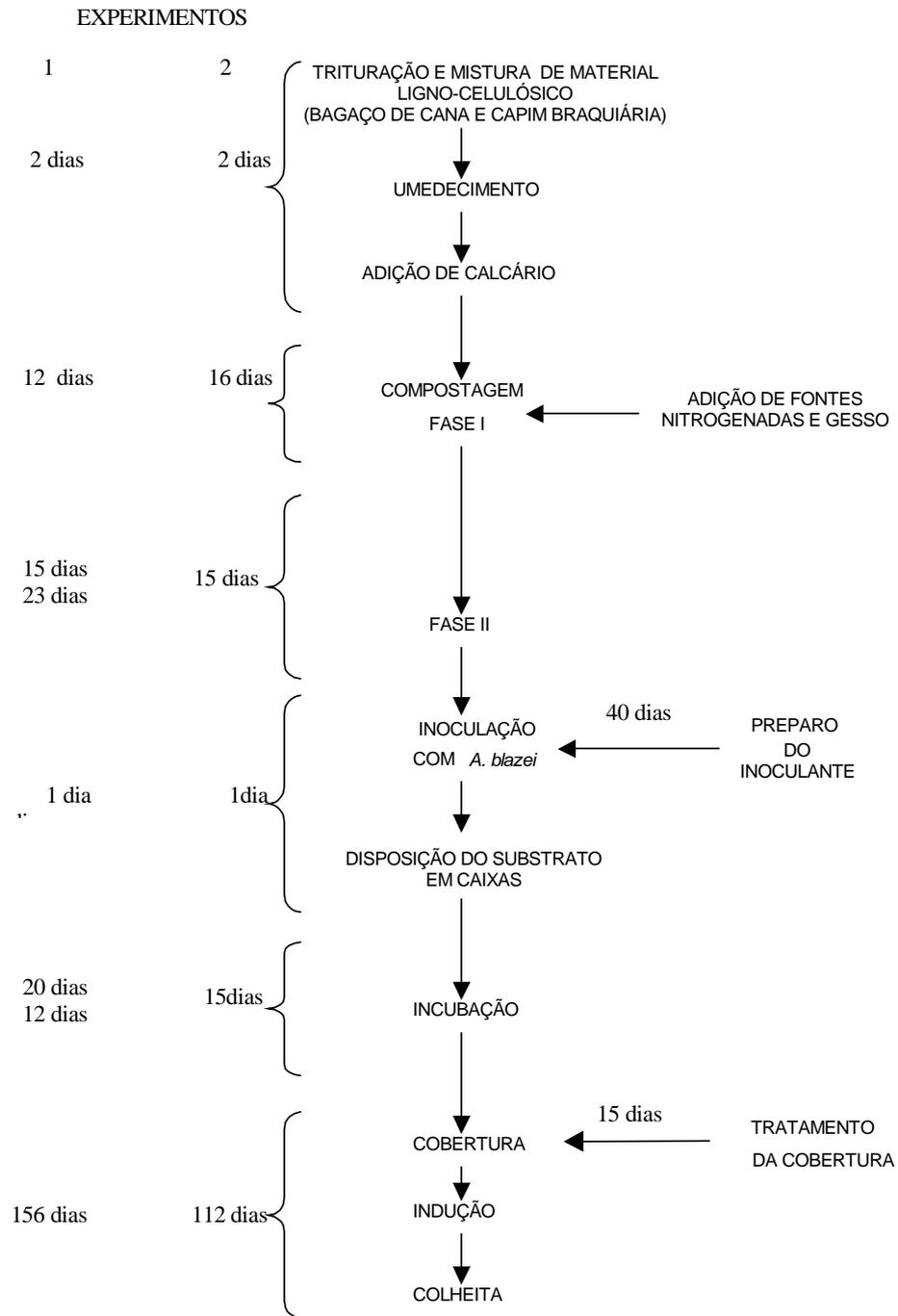


Figura 2 – Fluxograma de atividades dos Experimentos 1 e 2.

No Quadro 1 estão apresentadas as quantidades de carbono e nitrogênio e a relação C/N do bagaço de cana-de-açúcar, palha de capim braquiária, farelo de soja e uréia utilizados nos Experimentos 1 e 2.

**Quadro 1. Concentração média\* de carbono e nitrogênio e relação carbono/nitrogênio (C/N) de materiais utilizados na formulação de composto dos Experimentos 1 e 2.**

Material <sup>(1)</sup>	EXPERIMENTO 1			EXPERIMENTO 2		
	C	N	C/N	C	N	C/N
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			-----g kg <sup>-1</sup> -----		
<b>Bagaço de cana</b>	<b>547</b>	<b>3,35</b>	<b>163</b>	<b>529</b>	<b>3,6</b>	<b>147</b>
<b>Palha de capim braquiária</b>	<b>535</b>	<b>7,2</b>	<b>74</b>	<b>516</b>	<b>4,5</b>	<b>114</b>
<b>Farelo de soja</b>	<b>450</b>	<b>70</b>	<b>6,42</b>	<b>450</b>	<b>70</b>	<b>6,42</b>
<b>Uréia</b>	<b>270</b>	<b>450</b>	<b>0,6</b>	<b>270</b>	<b>450</b>	<b>0,6</b>

<sup>(1)</sup>Para a determinação das concentrações de C, N e C/N, utilizou-se para análise os materiais na base seca.

\*número de repetições=2

Para o farelo de soja e a uréia, as quantidades de carbono e nitrogênio seguiram as especificações técnicas dos fornecedores destes materiais.

Para o bagaço de cana-de-açúcar e palha de capim braquiária, as determinações de carbono e nitrogênio foram feitas no Laboratório de Análise de Solo, do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP. Para tanto, 500g de cada material (5 sub-amostras homogêneas) foram previamente submetidas à desidratação em estufa a 65°C para diminuir-se a possibilidade de alterações bioquímicas nos materiais e, conseqüentemente, os teores de carbono e nitrogênio observados. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho de facas, peneira 30 mesh,

homogeneizadas manualmente e acondicionadas em sacos de polipropileno (PP) contendo 50 gramas de cada amostra.

A umidade inicial do bagaço de cana-de-açúcar, palha de capim braquiária e farelo de soja situaram-se em 60, 12 e 7%, respectivamente, no Experimento 1 e 54, 13 e 7%, respectivamente, no Experimento 2. A determinação da umidade destes materiais foi feita na véspera da formação da leira base de compostagem. Para tanto, cerca de 1 kg (10 sub-amostras homogeneizadas) de bagaço de cana-de-açúcar e palha de capim braquiária e 200 g de farelo de soja foram submetidos à determinação do peso fresco em balança analítica. Após, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por 12 horas; pesou-se novamente as amostras secas e determinou-se as umidades pela diferença entre peso fresco e seco.

### **5.1.2 *Agaricus blazei*.**

Utilizou-se a linhagem ABL 99/29 de *A. blazei*, originária de Porto Alegre/RS, reisolada de basidioma proveniente de Mogi das Cruzes/SP e conservada no banco de matrizes do Módulo de Cogumelos, Departamento de Produção Vegetal, Defesa Fitossanitária – FCA/UNESP.

### **Matriz primária**

A matriz primária do banco de matrizes foi cultivada em meio de cultura à base de composto-ágar. Para o preparo deste meio, inicialmente, coletou-se amostra mista de composto ao final da Fase II e com relação C/N ao redor de 25/1, subseqüentemente desidratada em estufa a 65°C. A seguir, o material foi triturado em moinho de facas, peneira

30 mesh. Após, 20 g do composto foram dispostos em frascos de Duran (capacidade de 1000 mL) e adicionando-se 700 mL de água destilada em cada frasco e efetuou-se o processo de tinalização. Para tanto, autoclavou-se a 121°C por 25 minutos e após 24 horas, adicionou-se 15 g de ágar, autoclavou-se novamente a 121°C por 25 minutos, seguido de resfriamento do meio de cultura a aproximadamente 50°C. Assim preparado, 20 mL do meio foram vertidos em placas de Petri (90 x 15 mm).

### **Matriz secundária**

Os procedimentos para o preparo do meio de cultura da matriz secundária e as condições de incubação foram os mesmos utilizados para o preparo da matriz primária, inoculando-se um disco de 0,5 cm de diâmetro da matriz primária no centro da placa de Petri. Durante o tempo de armazenagem, as matrizes secundárias tiveram duas repicagens subsequentes para conservação da mesma.

### **Matriz terciária**

O substrato utilizado para a produção da matriz terciária foi à base de triticale, proveniente da Fazenda Experimental Lageado - FCA/Botucatu. Para tanto, inicialmente, os grãos ainda dentro da embalagem de comercialização, ou seja, em sacos de aniagem, foram imersos em recipiente com água de abastecimento público<sup>1</sup>, sob fervura,

---

<sup>1</sup> Água tratada fornecida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

através da injeção de vapor de caldeira (na base do recipiente) durante 20 minutos. A seguir, fechou-se as entradas de vapor e deixou-se neste banho quente por mais 20 minutos.

Após, retirou-se o saco com os grãos do banho quente e deixou-se em repouso sobre um balcão, para o escoamento de excesso de água. Em seguida, adicionou-se 20 g kg<sup>-1</sup> de calcário calcítico (menos que 30 g kg<sup>-1</sup> de Mg) e 20 g kg<sup>-1</sup> de gesso não hidratado em relação ao peso seco dos grãos e misturou-se em betoneira.

Após a homogeneização, 250 g do material foram acondicionados em frascos de vidro transparente (tipo conserva-800 mL); cerca de 2/3 do volume do frasco. Fechou-se com tampas metálicas com orifício ao centro, sendo cobertos com filme Tyvek® e fixados externamente para permitir aeração e impedir contaminações após autoclavagem. As margens do disco de filme de Tyvek® foram fixados com uso de cola de silicone<sup>2</sup>.

Inoculou-se os frascos do substrato preparado, com fragmentos de aproximadamente 1 x 1 cm da matriz secundária, permanecendo em sala de incubação a 27 ±2°C por 15 dias para completa colonização de todo o substrato.

### **Inóculo**

Nesta fase, os grãos foram colocados em sacos de PEAD transparente (Polietileno de Alta Densidade) contendo 700 g de grãos cozidos (2/3 do volume do saco). Soldou-se a quente a parte superior com filme de Tyvek® para permitir aeração.

A seguir, inoculou-se os sacos com 10 g de matriz terciária kg<sup>-1</sup> de peso seco de grãos.

Os sacos de PEAD inoculados foram dispostos verticalmente com filme Tyvec® voltado para cima e protegidos em caixas de polipropileno, permanecendo em sala com ambiente controlado ( $27\pm 2^\circ\text{C}$ ) por 25 dias para total corrida do micélio, com aspecto rizomórfico e ausência de contaminantes. Assim preparado, o inóculo foi utilizado para inoculação do composto.

Todos os procedimentos de repicagem e inoculação acima citados foram efetuados em ambiente estéril, ou seja, em sala asséptica e em câmara de fluxo laminar.

### 5.1.3 Turfa SC<sup>3</sup>

Utilizou-se turfa procedente de Criciúma-SC, como camada de cobertura. Inicialmente, colocou-se a turfa em piso de concreto, espalhou-se em camada de aproximadamente 20 cm e adicionou-se 100 kg de calcário calcítico  $\text{m}^{-3}$  de turfa, para aumentar o pH para 6,9-7,0. A seguir, homogeneizou-se manualmente com auxílio de enxada, umedeceu-se a 70% com água de abastecimento público e depositou-se em caixas de polipropileno de 27 de largura x 41 cm de comprimento e 32 cm de altura, perfuradas ao fundo para escoamento de excesso de água. As características químicas da turfa utilizada são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Características químicas da turfa SC <sup>(1,2)</sup>

Característica	
nitrogênio total, $\text{g.kg}^{-1}$	0,98
carbono Total, $\text{g.kg}^{-1}$	21,00
Relação C/N (C total e N total)	21/1
pH ( $\text{CaCl}_2$ 0,01M)	6,9

<sup>2</sup> Tecnologia desenvolvida pela equipe técnica do Módulo de Cogumelos da FCA/UNESP-Botucatu

<sup>3</sup> Turfa Santa Catarina

- (1)As análises foram efetuadas após adição de calcário calcítico.  
(2)A análise foi determinada no Laboratório de Análise de Solos Departamento de Ciência de Solos da Faculdade de Ciências Agrônômicas / UNESP – Botucatu/SP.

A pasteurização foi efetuada em câmara controlada Dalsen Mushrooms, mantida em temperatura de 62°C, umidade do ar de 95%, durante 6 horas.

## **5.2 EXPERIMENTO 1**

Instalou-se o experimento para avaliar-se os efeitos das relações C/N iniciais médias do composto e do período de compostagem da Fase II sobre a produtividade de *A. blazei*. Para tanto, o experimento foi desenvolvido com três relações C/N iniciais nas formulações dos compostos, dois períodos de condicionamento (15 e 23 dias) e dez repetições, obedecendo o delineamento fatorial 3 x 2, com 10 repetições. Cada repetição equivaleu a 10,00 kg de peso fresco de composto, com características próprias de cada tratamento, inoculado com *A. blazei*.

### **5.2.1 Composto**

As formulações dos substratos estão apresentado no Quadro 3.

As relações C/N iniciais dos compostos foram: 35/1 (tratamentos 1 e 2), 31/1 (tratamentos 3 e 4) e 27/1 (tratamentos 5 e 6). As quantidades de nitrogênio provenientes das fontes nitrogenadas utilizadas, farelo de soja e uréia, foram colocadas em proporções iguais em relação ao fornecimento de nitrogênio para os compostos proveniente destes materiais, ou seja, 1/1.

Quadro 3 – Composição dos substratos, por tratamento, no Experimento 1.

Componentes	Tratamentos <sup>(4)</sup>					
	1	2	3	4	5	6
<b>Bagaço de cana-de-açúcar, kg</b>	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00
<b>Palha de capim braquiária, kg</b>	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
<b>Farelo de soja, kg</b>	6,40	6,40	7,60	7,60	10,13	10,13
<b>Uréia, kg</b>	1,00	1,00	1,19	1,19	1,57	1,57
<b>Gesso, kg</b>	1,80	1,80	1,83	1,83	1,89	1,89
<b>Calcário calcítico, kg</b>	1,80	1,80	1,83	1,83	1,89	1,89
<b>Superfosfato simples, kg</b>	1,80	1,80	1,86	1,86	1,92	1,92
<b>Matéria seca total, kg<sup>(1)</sup></b>	90,40	90,40	91,79	91,79	94,70	94,70
<b>N inicial no substrato<sup>(2)</sup>, g kg<sup>-1</sup></b>	15,1	15,1	18,3	18,3	19,7	19,7
<b>Relação C/N inicial do substrato</b>	35	35	31	31	27	27
<b>Relação N<sub>fs</sub>/N<sub>u</sub><sup>(3)</sup></b>	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1

<sup>(1)</sup> Materiais secos a 105°C

<sup>(2)</sup> Para o cálculo da do nitrogênio inicial do composto, desprezaram-se o peso do gesso, calcário calcítico e superfosfato e; consideraram-se os níveis de nitrogênio já existentes no bagaço de cana-de-açúcar e na palha de capim braquiária, segundo metodologia de cálculo de Eira & Minhoni (1997).

<sup>(3)</sup> Relação N<sub>fs</sub>/N<sub>u</sub>, onde N<sub>fs</sub> é a quantidade de nitrogênio proveniente do farelo de soja e N<sub>u</sub> , a quantidade de nitrogênio proveniente da uréia.

<sup>(4)</sup> Tratamentos: 1, 3, 5 e 2, 4 e 6, com 15 e 23 dias de condicionamento na Fase II, respectivamente.

### 5.2.2 Compostagem

Previamente à compostagem, triturou-se a palha de capim braquiária, em picador (tipo facas e martelos) de forma a obter-se fragmentos com tamanho de 2 a 7 cm. Utilizou-se o bagaço de cana-de-açúcar sem preparo prévio, conforme adquiriu-se na Destilaria, com tamanho médio de fragmentos de 0,8 cm.

### Fase I

Realizou-se a compostagem em ambiente coberto, ventilação natural e com piso de cimento. Inicialmente, 10,8 kg de calcário, 198 kg de bagaço de cana-de-açúcar e 300 kg de palha de capim braquiária foram misturados, em betoneira. Após, a mistura foi disposta sobre o piso de cimento, formando-se a leira base de compostagem (1,8 m de altura x 1,8 m de largura x 3,0 m de comprimento). Procedeu-se a irrigação manualmente, por meio de mangueira, com água de abastecimento, de forma a manter-se a umidade do composto em 70%.

Após dois dias, homogeneizou-se e dividiu-se a leira base em 3 leiras menores. A seguir, adicionou-se manualmente as fontes nitrogenadas propostas na formulação de cada um dos seis tratamentos, ou seja, 12,8 kg farelo de soja + 2 kg de uréia na leira destinada aos tratamentos 1 e 2; 15,20 kg de farelo de soja + 2,38 kg de uréia na leira destinada aos tratamentos 3 e 4; 20,26 kg de farelo de soja + 3,14 kg de uréia na leira destinada aos tratamentos 5 e 6. Neste momento, adicionou-se também superfosfato simples, nas doses 3,6, 3,72 e 3,84 kg nas leiras acima mencionadas, respectivamente.

A uréia foi diluída em água e adicionada às leiras por meio de irrigação manual com regador. O farelo de soja e o superfosfato foram distribuídos manualmente e em diversas camadas de cada leira durante a remontagem. A seguir, cada leira foi irrigada para manter-se em 70 % de umidade.

Assim preparadas, as três leiras foram mantidas sob compostagem por mais 12 dias. Durante este período, procedeu-se a revirada a cada três dias e mantendo-se a umidade em 70%, com adições periódicas de água, fazendo-se o uso de mangueira de plástico. Na última revirada adicionou-se gesso, na base de 20 g kg<sup>-1</sup> do peso seco do composto. Para esta Fase I, entre os intervalos de reviradas e adição de materiais, cobriu-se as três leiras,

separadamente, com lona plástica (tipo caminhoneiro - azul) para evitar-se o ressecamento das mesmas.

## **Fase II**

Imediatamente após a adição de gesso e homogeneização, o composto de cada leira foi disposto em 20 caixas de polipropileno treliçadas, dimensão de 56,5 cm de comprimento x 46,5 cm de largura x 28,5 cm de altura, com peso previamente determinado (tara das caixas).

A seguir, pesou-se novamente as caixas para determinação da massa fresca de composto por caixa (18 kg em média). A seguir, as caixas foram dispostas, ao acaso, no interior de uma câmara de ambiente controlado modelo Dalsem (Dalsem Mushrooms Projects), para pasteurização e condicionamento, em processo compartimentado. A pasteurização procedeu-se por 6 horas a  $62\pm 1^{\circ}\text{C}$  e o condicionamento com  $46\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 15 (tratamentos 1, 3 e 5) e 23 dias (tratamentos 2, 4 e 6).

Para o controle da temperatura do processo, colocou-se três sensores de temperatura no centro das caixas oriundas de cada leira primária. Para o controle das variáveis e registros de dados desta Fase II, foi utilizado software desenvolvido pela Dalsem Mushrooms Projects.

### **5.2.3 Inoculação**

Após 15 dias de condicionamento, dez caixas oriundas de cada uma das três leiras foram retiradas da câmara e submetidas à inoculação com *A. blazei*. Desta forma, constituíram-se os tratamentos 1, 3 e 5. As caixas restantes, permaneceram na câmara

até completar-se 23 dias de condicionamento, após o quê, foram retiradas e inoculadas com *A. blazei*. Constituiu-se assim, os tratamentos 2, 4 e 6. Procedeu-se à inoculação dos compostos com *A. blazei*, em ambiente coberto, ventilação natural e piso de concreto.

Durante a inoculação de todos os tratamentos, o composto de cada caixa foi transferido parceladamente para outras caixas menores, de polietileno, com dimensões de 48cm de comprimento x 35cm de largura x e 33 cm de altura, com peso previamente determinado (tara da caixa) e contornadas internamente com um filme plástico flexível de 25cm de altura, para evitar o ressecamento do composto.

A cada porção de composto transferida, adicionou-se parte do inóculo de *A. blazei* e homogeneizou-se manualmente. Repetiu-se este procedimento até que o composto ocupasse todo o volume da caixa e o inóculo de *A. blazei* correspondente a 20 g kg<sup>-1</sup> de peso fresco de composto. A seguir, as caixas foram pesadas para determinação do peso da massa fresca de composto inoculado de cada repetição, o qual situou-se, em média, em 10 kg (dados colhidos individualmente para determinação de produtividade e eficiência biológica). Após, prensou-se manualmente o composto inoculado com placa de madeira (30 x 45 cm<sup>2</sup>, revestida com chapa galvanizada), para uniformização da superfície e contato do micélio com o composto e cobrindo-se com filme de polietileno transparente.

Assim inoculadas, as caixas foram dispostas novamente ao acaso, no interior de câmara Dalsem, para corrida do micélio. Esta incubação deu-se em ausência de luz, temperatura do composto de 26± 1°C e umidade relativa do ar de 90%.

#### **5.2.4 Camada de cobertura do composto**

Após 20 e 12 dias de corrida do micélio, para os tratamentos 1, 3 e 5 e tratamentos 2, 4 e 6, respectivamente, procedeu-se a cobertura do composto com turfa pasteurizada, em ambiente coberto, ventilação natural e piso de concreto. Para tanto, as caixas foram retiradas uma a uma, ao acaso, da câmara de incubação e adicionadas de turfa pasteurizada até a obtenção de uma camada de 4 cm de espessura, sendo então irrigadas manualmente com 0,8 L de água por caixa. As caixas foram cobertas com plástico de polietileno transparente e reincubadas por 12 dias, em câmara Dalsem, no escuro, temperatura do composto de  $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de 90%.

Durante este período de incubação, após a colonização da camada de cobertura, cobriu-se a turfa com 1,5 cm de casca de arroz, sem tratamento prévio. O objetivo desta segunda cobertura era minimizar o ressecamento da turfa e facilitar a colonização da camada de cobertura, conforme técnica utilizada por Kopytowski Filho (2001).

### **5.2.5 Indução da frutificação**

Após 12 dias de incubação da camada de cobertura, retirou-se as caixas da câmara Dalsem e efetuou-se a disposição das mesmas, ao acaso, em prateleiras com estrutura vazada de ferro, no interior de estufa com ambiente controlado.

Para indução da frutificação, adicionou-se água tratada (1 L/caixa), manualmente, com regador e iniciou-se aeração forçada contínua de  $100\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$  de ar (sem recirculação), mantendo-se a temperatura do ar em  $26\pm 2^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar em 70-90%. A aeração forçada foi mantida por motor 1,5 CV, distribuída na estufa por meio de tubulação de plástico PVC 200 mm, com orifícios de  $4\text{ cm}^2$ , distribuídos em linha dos dois

lados da tubulação, a cada 50cm. Posicionou-se a tubulação na parte superior e central da estufa (2,3 m do piso). O tempo de circulação de ar, controlou-se por um *timer*, com intervalos de 15 x 15 minutos e, inicialmente ajustado para 100% de aeração.

Após quinze dias, através de um sistema de refrigeração, promoveu-se diminuição da temperatura do ar para 20-22 °C, mantendo-se por 3 dias, seguido da elevação de temperatura novamente. Durante este período, diminuiu-se também o período de aeração para 75% do tempo de aeração contínua, isto é, com períodos de 15 minutos sem ventilação e 45 minutos com ventilação e manteve-se a umidade relativa do ar em 70-75%. Durante todo período de colheita, as condições de indução seguiram estas mesmas condições; sendo que, para evitar o ressecamento da camada de cobertura, realizou-se monitoramento visual e regas manuais sempre que necessário.

As condições para as induções de frutificações seguintes mantiveram-se nestas mesmas características.

### **5.2.6 Colheita**

As colheitas foram manuais, no estágio próximo ao rompimento do véu, isto é, quando o véu apresentava-se com início de “rachaduras”, segundo recomendações de Van Loon et al. (2000).

Colheu-se os cogumelos com leve torção da base do estípite, realizou-se uma pré-limpeza por meio de raspagem para retirada de frações de turfa e micélio aderidas ao estípite, utilizando-se uma faca de colheita com lâmina de corte na parte côncava (modelo Dalsem). A seguir, os cogumelos foram colocados em sacos plásticos (PEAD), previamente identificados com a numeração da caixa para determinação da massa fresca, sendo então

pesados em balança eletrônica de 0,1g de precisão, lavados em água corrente, cortados ao meio e secos em desidratador de bandejas com aquecimento de 12-15 horas a 45°C.

Após a secagem, pesou-se os cogumelos novamente e embalou-se em sacos plásticos (PEAD) identificados, para posterior análise química.

### **5.3 Experimento 2**

O Experimento 2 foi realizado para se avaliar os efeitos da relação C/N inicial do composto e proporções das fontes nitrogenadas sobre o processo de compostagem e produtividade de *A. blazei*. Para tanto, o experimento foi desenvolvido com nove formulações de composto, obedecendo o delineamento fatorial 3 x 3, ou seja, três C/N iniciais médias (43/1, 37/1 e 33/1), três proporções das fontes nitrogenadas (4/1, 1,5/1 e 1/1,5), com doze repetições. Cada repetição experimental equivaleu a 10 kg de peso fresco do composto, com características próprias de cada tratamento, inoculado com *A. blazei*.

#### **5.3.1 Composto**

As relações C/N iniciais médias do composto foram: 43/1 (tratamentos 1, 2 e 3), 37/1 (tratamentos 4, 5 e 6) e 33 (tratamentos 7, 8 e 9), em função da adição conjunta de farelo de soja e uréia, em três proporções distintas, considerando-se os teores de nitrogênio já existentes no bagaço de cana-de-açúcar e na palha de capim braquiária. As proporções de nitrogênio proveniente das fontes primárias nitrogenadas na composição dos substratos foram: 4/1, 1,5/1, e 1/1,5 (farelo de soja/uréia), para os tratamentos 1, 4 e 7; 2, 5, e 8; 3, 6 e 9, respectivamente.

A composição dos substratos está apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 – Composição dos substratos, por tratamento, no Experimento 2 .

Componentes	Tratamentos <sup>(3)</sup>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Bagaço de cana-de-açúcar, kg</b>	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
<b>Palha de capim braquiária, kg</b>	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
<b>Farelo de soja, kg</b>	10,00	7,50	5,00	12,86	9,64	6,43	15,71	11,79	7,86
<b>Uréia, kg</b>	0,39	0,78	1,17	0,50	1,00	1,50	0,61	1,22	1,83
<b>Gesso, kg</b>	2,20	2,16	2,12	2,26	2,21	2,15	2,32	2,26	2,19
<b>Calcário calcítico, kg</b>	2,25	2,20	2,16	2,31	2,25	2,20	2,37	2,30	2,23
<b>Matéria seca total, kg <sup>(3)</sup></b>	114,84	112,64	110,45	117,93	115,10	112,28	121,01	117,57	114,11
<b>N inicial no substrato <sup>(1)</sup>, g kg<sup>-1</sup></b>	11,59	11,82	12,05	13,49	13,82	14,25	15,21	15,66	16,13
<b>Relação C/N inicial do substrato</b>	44	43	42	38	37	36	34	33	32
<b>Proporção N<sub>fs</sub>/N<sub>u</sub> <sup>(2)</sup></b>	4/1	1,5/1	1/1,5	4/1	1,5/1	1/1,5	4/1	1,5/1	1/1,5

<sup>(1)</sup> Para o cálculo da porcentagem do nitrogênio inicial dos tratamentos, desprezou-se o peso das massas de gesso e calcário calcítico, segundo metodologia de cálculo de Eira & Minhoni (1997).

<sup>(2)</sup> Proporção N<sub>fs</sub>/N<sub>u</sub>, onde N<sub>fs</sub> é a quantidade de nitrogênio proveniente do farelo de soja e N<sub>u</sub>, a quantidade de nitrogênio proveniente da uréia.

<sup>(3)</sup> Materiais secos a 105°C

### 5.3.2 Compostagem

Preparou-se a leira base de compostagem conforme os procedimentos citados para o Experimento 1 (item 5.2.2), com as modificações descritas a seguir:

#### Fase I

Aos dois dias de compostagem, a leira base foi dividida em três leiras e procedeu-se a adição parcelada das fontes nitrogenadas. Desta forma, à leira destinada aos tratamentos com relação C/N inicial média do composto de 43/1 de composto (tratamentos 1, 2 e 3), adicionou-se 15,00 kg de farelo de soja + 1,17 kg de uréia. Na leira destinada aos

tratamentos com relação C/N inicial média do composto de 37/1, adicionou-se 19,29 kg de farelo de soja + 1,50 kg de uréia. Na leira destinada aos tratamentos com relação C/N inicial média do composto de 33/1, adicionou-se 23,58 kg de farelo de soja + 1,83 kg de uréia.

Após 3 dias, reviraram-se as leiras e dividiu-se cada uma em três leiras, formando-se assim os nove tratamentos. A seguir, adicionou-se o restante do farelo de soja e uréia para se atingir as concentrações previamente estabelecidas em cada tratamento. Homogeneizou-se manualmente e corrigiu-se a umidade para 70%.

Assim preparadas, as leiras foram mantidas sob compostagem por mais 10 dias e submetidas aos mesmos procedimentos já citados para o Experimento 1. Na última revirada adicionou-se gesso, na base de 20 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto.

## **Fase II**

Imediatamente após a adição de gesso e homogeneização, o composto de cada tratamento foi disposto em doze caixas de polipropileno treliçadas, dimensão de 56,5 cm de comprimento x 46,5 cm de largura x 28,5 cm de altura, com peso previamente determinado (tara das caixas), correspondente às doze repetições de cada tratamento. A seguir, pesou-se novamente as caixas para determinação do peso fresco de composto por repetição, o qual situou-se, em média, em 18 kg. A seguir, as caixas foram dispostas ao acaso no interior de câmara Dalsem, para pasteurização e condicionamento, em processo compartimentado). A pasteurização procedeu-se por 6 horas a 62±1°C e o condicionamento em média com 46±1°C por 12 dias.

Para controle da temperatura do processo, colocou-se sensores no centro das caixas com os compostos, dos tratamentos 3, 6 e 9, devido às maiores concentrações de uréia nas formulações e, possivelmente, maiores temperaturas devido à termogênese (Figura 3).

### 5.3.3 Inoculação

Os procedimentos foram semelhantes aos do Experimento 1 (item 5.2.3). Após a inoculação, as caixas foram dispostas, ao acaso, no interior de câmara Dalsem e cobertas com plástico transparente, para se manter o composto úmido e permitir boa corrida do micélio. Foram quinze dias de incubação, ausência de luz, temperatura de  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de 90%.

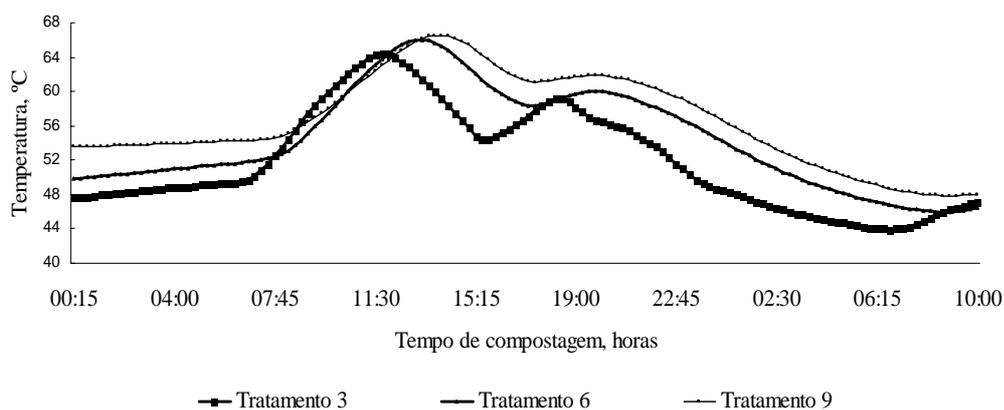


Figura 3. Tempo de pasteurização (horas).

\*Tratamentos 3,6 e 9, com C/N inicial de 43/1, 37/1 e 33/1, respectivamente.

#### **5.3.4 Camada de cobertura**

Após quinze dias de corrida do micélio, procedeu-se a cobertura do composto com turfa pasteurizada, obedecendo os procedimentos já citados para o Experimento 1 (item 5.2.4). A seguir, as caixas foram novamente cobertas com plástico de polietileno transparente e reincubadas por 15 dias, em câmara Dalsem, no escuro, temperatura de  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar de 90%. Neste experimento, não se utilizou casca de arroz como segunda cobertura.

#### **5.3.5 Indução da frutificação**

Passados quinze dias de incubação, as caixas foram transferidas para duas estufas de ambiente semi-controlado.

As caixas foram dispostas em prateleiras de ferro sobrepostas com níveis de altura do piso de 0,15 e 0,85 m. A distribuição foi ao acaso, em 12 blocos também ao acaso dentro das estufas, totalizando 108 repetições.

As estruturas das estufas de cultivo foram confeccionadas em armação de ferro, dimensões de 6 m de comprimento x 1,8 m de largura x 2,1m de altura, revestidas com lona plástica (tipo caminhoneiro – azul) e na parte superior, com um plástico adicional dupla face AUV leitoso (Anti - Ultravioleta), 150 micra. O controle de temperatura e aeração foi obtido por meio de termostato, com sensor localizado a 1,8 m de altura. Para manter-se a umidade relativa do ar a 70%, utilizou-se microaspersores, vazão de  $7 \text{ L h}^{-1}$ , localizados na parte central superior, distanciamento de 1 m, na linha mestre de aspersão. A temperatura do

ar e umidade relativa do ar variaram de 20 a 28 °C e 70 a 90%, respectivamente. A aeração forçada, foi controlada com termostato sempre que a temperatura ultrapassava 27 °C.

Desta forma, ocorreu diminuição da umidade da superfície da camada de cobertura, decréscimo na temperatura ambiente e conseqüente estímulo para frutificação.

Os dados de temperatura do ar e do composto coletados por meio de sensores (tipo termopar Cobre-Constantan), foram armazenados em Datalogger PC 208 W3.01. Para tanto, 2 sensores ficaram localizados a 0,6 m e 1,5 m de altura, no centro da estufa para coleta de dados da temperatura do ar.

### **5.3.6 Colheita**

Os procedimentos básicos foram semelhantes aos do Experimento 1 (item 5.2.6), realizando-se a pré-limpeza para determinação do peso fresco e, após os cogumelos foram lavados com água tratada, seccionados ao meio, longitudinalmente e colocados em desidratador para determinação do peso seco dos cogumelos.

## **5.4 Variáveis analisadas**

Determinou-se as variáveis relativas ao processo de compostagem e produção de *A. blazei*, em função dos tratamentos, ou seja, da formulação dos compostos.

### **5.4.1 Variáveis relativas ao processo de compostagem**

Em cada período de análise, coletaram-se amostras (composta de 10 sub-amostras) de cada leira ou tratamento.

### **Umidade do composto**

Inicialmente, a amostra de composto de cada leira ou tratamento foi submetido à determinação do peso fresco em balança analítica. A seguir, a amostra foi seca em estufa a 105°C por 12 horas. Determinou-se o peso seco em balança analítica. A umidade foi então calculada pela equação:

$$U \% = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso fresco}} 100$$

A umidade do composto foi determinada ao final das Fases I, II e ao final da colheita para os Experimentos 1 e 2. Para o Experimento 2, este parâmetro foi avaliado também após cada revirada do composto na Fase I.

### **Carbono, Nitrogênio e Relação C/N do composto**

Coletou-se uma amostra de composto, sendo então seca em estufa a 65°C por 12 horas, triturada em moinho de facas com peneira 30 mesh. Homogeneizou-se e armazenou-se 50g em sacos plásticos de polipropileno (PP).

Os teores de carbono, nitrogênio e relação C/N foram determinados ao final das Fases I e II e ao final da colheita, para os Experimentos 1 e 2. No Experimento 2, tais variáveis foram avaliadas também no início da compostagem e após cada revirada do composto na Fase I.

### **Poder calorífico (P.C.) do composto**

O poder calorífico do composto foi determinado para o Experimento 2 em todas as reviradas na Fase I, final da Fase II e ao final da colheita (composto exaurido). Utilizou-se o método da bomba calorimétrica adiabática (Castellan, 1975; Crockford & Knight, 1977, Demirbas et al., 1997).

Para tanto, em cada período de análise deste Experimento, coletou-se duas amostras de 500g cada, de cada leira ou tratamento. Cada amostra, foi homogeneizada e acondicionada em sacos plásticos tipo PEAD. Após, as amostras foram secas em estufa a 65°C, trituradas em moinho de facas com peneira 30 mesh. Homogeneizou-se as amostras que então foram acondicionadas em sacos plásticos de polipropileno (PP). O Poder calorífico foi determinado no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química, IB/UNESP-Botucatu.

A determinação do P.C. foi efetuada pela combustão da amostra de composto seco por meio de Bomba de Oxigênio Calorimétrica (B.O.C), modelo Parr 1341. Inicialmente, coletou-se aproximadamente 1g da amostra previamente homogeneizada na própria embalagem, prensou-se, formando-se um tablete circular e compactado de 1,5 cm<sup>2</sup> de área superficial x 1 cm de altura. Após, colocou-se o tablete em cadinho de aço inox previamente tarado, determinou-se o peso da amostra, colocou-se em tubo de inox, fechou-se e inseriu-se oxigênio com 30 kg de pressão. Colocou-se o tubo de inox em tanque contendo 2000 cm<sup>3</sup> de água destilada e por meio de ignição, submeteu-se à queima. A diferença entre as temperaturas antes e após a combustão foram determinadas e o P.C. calculado pela fórmula a seguir:

$$P.C = \frac{W. (T_i - T_f)}{M}$$

onde: P.C.= poder calorífico, cal g<sup>-1</sup> de peso seco do material;

W = energia equivalente do calorímetro para massa de água (2kg), 2426 cal °C<sup>-1</sup>;

T<sub>i</sub>= temperatura inicial da água, °C;

T<sub>f</sub>= temperatura final da água, °C;

m = peso da amostra, g.

#### **5.4.2 Variáveis relativas à produção de cogumelo *A. blazei***

Para as análises de produção de cogumelos, padronizou-se o período de colheita iniciando-se a partir da cobertura do composto com turfa, totalizando 156 e 112 dias de coleta de dados para os Experimentos 1 e 2, respectivamente.

#### **Número de cogumelos**

O número de cogumelos foi determinado diariamente durante a fase de colheita.

#### **Peso médio de cogumelo fresco**

O peso médio dos cogumelos frescos foi obtido pela relação entre o peso fresco de cogumelos e número de cogumelos colhidos, considerando cada tratamento ou fluxo do Experimento 2, determinada pela seguinte equação:

$$Mm = \frac{mf}{nc}$$

Onde:

Mm = Peso médio de cogumelos frescos, g;

mf = Peso fresco de cogumelos, g;

nc = número de cogumelos.

### **Produtividade (base úmida)**

A produtividade do cogumelo, foi determinada pela relação entre o peso fresco de cogumelos e peso fresco de composto, segundo a equação:

$$P = \frac{mf}{mc} .100$$

Onde:

P = produtividade, %;

mf = peso de cogumelos fresco, kg;

mc = peso de composto fresco, kg.

### **Eficiência biológica**

A eficiência biológica, é uma medida de produtividade (base seca), sendo a relação entre o peso de cogumelos frescos e do peso da matéria seca do composto, multiplicados por 100 (dados em porcentagem). Ao final do período de colheita, foi determinada a eficiência biológica para todos os tratamentos, conforme a seguinte equação:

$$EB = \frac{mf}{ms} . 100$$

msc

Onde:

EB = Eficiência biológica, %;

mf = peso de cogumelos frescos, kg;

msc = peso da matéria seca de composto, kg.

### **5.5 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância para experimentos com delineamento fatorial e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%) (Snedecor & Cochran, 1972). Para tanto, utilizou-se o programa STAT, versão 2.03, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP-Jaboticabal.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Experimento 1**

#### **6.1.1 Teores de carbono, nitrogênio e relação C/N**

O Quadro 5 apresenta os teores de carbono, nitrogênio e relação C/N ao final do período de compostagem das Fases I e II. A relação C/N de todos os tratamentos, medida ao final da Fase I, tendeu a ser maior que as relações C/N iniciais propostas de 35/1 para os tratamentos 1 e 2, 31/1 para os tratamentos 3 e 4 e 27/1 para os tratamentos 5 e 6.

Esta tendência de aumentos nas relações C/N ao final da Fase I pode ser devida a vários fatores, dentre eles, o fato de que a uréia foi dissolvida em água e adicionada às leiras por meio de um regador manual, em uma única vez. Pode-se inferir a conseqüente perda de nitrogênio por escorrimento de material. Ademais, com a aplicação da uréia e farelo de soja, parte deste nitrogênio prontamente disponível, pode ter excedido a capacidade de utilização dos microrganismos, perdendo-se na forma de amônia, em função da

alcalinidade do sistema. Durante as reviradas das leiras, percebeu-se a formação de odor característico de amônia.

Concordando com esta hipótese, Guliver et al. (1991) afirmam que as perdas de nutrientes por escorrimento das leiras nesta Fase de “Pátio” ou “Fase não controlada” em comparação com o Método de Compostagem com Ambiente Controlado (ECC), são as maiores. É uma fase sujeita à produção de odores, devido à formação de amônia e/ou compostos reduzidos de enxofre (Op den Camp et al., 1995), o que é um indicativo da presença de ambientes anaeróbios nas leiras.

Quadro 5 – Relação C/N inicial e teores de carbono, nitrogênio e relação C/N ao final das Fases I e II da compostagem.

Tratamentos	Compostagem <sup>(2)</sup>						
	C/N inicial	-----Fase I-----			----- Fase II-----		
	% C	%N	C/N	% C	% N	C/N	
1	35	46,35	1,27	36	44,81	1,47	30
2	35	46,35	1,27	36	43,35	1,61	27
3	31	46,45	1,41	33	40,52	1,47	28
4	31	46,45	1,41	33	43,91	1,86	24
5	27	45,31	1,49	30	42,78	1,68	25
6	27	45,31	1,49	30	42,81	1,94	22

<sup>(1)</sup> Tratamentos: 1 e 2 (15,1 g de nitrogênio inicial kg<sup>-1</sup> de matéria seca do composto), 3 e 4 (18,3 g de nitrogênio inicial kg<sup>-1</sup> de matéria seca do composto), 5 e 6 (19,7 g de nitrogênio inicial kg<sup>-1</sup> de matéria seca do composto).

<sup>(2)</sup> compostagem Fase I: 12 dias para todos os tratamentos; condicionamento: 15 e 23 dias na Fase II para os tratamentos 1, 3 e 5; e, 2, 4 e 6, respectivamente.

Kiehl (1985) mencionou que podem ocorrer perdas de nitrogênio quando este não está imobilizado pelos microrganismos nos resíduos a serem decompostos ou quando uma nova porção da matéria orgânica for incorporada à leira de compostagem e esta apresentar-se com uma concentração na faixa de 15 a 17 g de nitrogênio kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto. No presente Experimento, sua concentração situou-se na faixa de 15,1 a 19,7 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca do composto, muito próxima da concentração apresentada pelo autor.

Glória et al. (1991) verificaram o efeito da adição de gesso e de superfosfato simples nas perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em resíduos agropecuários. Na ausência destes produtos, as perdas de nitrogênio a partir de cama de frango e do esterco de galinha foram de 14 e 33%, respectivamente. Por outro lado, com a adição de gesso ou de superfosfato simples, estas perdas por volatilização foram reduzidas em até 93%. As doses de gesso e de superfosfato simples utilizadas por estes autores foram maiores às utilizadas neste Experimento 1. Enquanto estes autores utilizaram doses de gesso e superfosfato simples equivalentes a 50 a 175 e 62,5 a 175 kg por tonelada de massa fresca de composto, no presente Experimento 1 foram aplicadas doses equivalentes a 25 e 25 kg por tonelada de massa fresca de composto, respectivamente.

Outro fator que pode ter contribuído para o aumento da relação C/N ao final da Fase I, foi o modo de preparo das amostras coletadas para análise. Previamente às análises, as amostras foram secas a 65°C e, neste processo, podem ter ocorrido perdas de nitrogênio por volatilização, devido ao aquecimento. Segundo Van Griesven (1988), o nitrogênio na forma de amônio das amostras é perdido em grande quantidade secagem e, desta forma, os resultados obtidos nas análises das amostras não passam a coincidir com os dados das formulações iniciais propostas, sendo então recomendada metodologia para análise de composto fresco.

O nível de nitrogênio ao final da Fase II, aumentou em média 11% em relação ao final da Fase I para os tratamentos com 15 dias de condicionamento (tratamentos 1, 2 e 3) e 30% para os tratamentos com 23 dias de condicionamento (tratamentos 2, 4 e 6) respectivamente.

Segundo Kiehl (1985, 1998) o teor de nitrogênio ao final do processo de compostagem é sempre maior do que o encontrado em um substrato fresco a ser compostado. Esse aumento relativo deve-se ao fato de que outros componentes do substrato são perdidos por volatilização, dióxido de carbono e água, enquanto o nitrogênio mantém-se na massa do composto e na biomassa microbiana

Semelhante ao observado durante a decomposição de materiais orgânicos adicionados aos solos, a comunidade microbiana presente no sistema, utiliza os compostos para seu metabolismo e crescimento celular. Neste processo de oxidação, parte do carbono é incorporado na biomassa microbiana e parte é perdido na forma de dióxido de carbono. Conseqüentemente, a quantidade relativa de carbono diminui e a de nitrogênio aumenta (Alexander, 1967; Dias Correia, 1980).

A relação C/N dos tratamentos ao final da Fase II diminuiu em relação ao final da Fase I. Tais decréscimos foram, em média de 16% e 26% para os tratamentos com 15 e 23 dias de condicionamento, respectivamente. Este estreitamento da relação C/N ao final do período de condicionamento (15 e 23 dias) é também devido ao metabolismo microbiano. O decréscimo na relação C/N observado nos tratamentos submetidos a 23 dias de condicionamento foi maior em relação aos tratamentos submetidos a 15 dias de condicionamento.

### **6.1.2 Produtividade**

A Figura 4 apresenta os dados de produtividade de cogumelos em função das relações C/N iniciais (35/1, 33/1 e 27/1) e dos períodos de condicionamento, 15 e 23 dias.

O período de condicionamento influenciou a produtividade de cogumelos, muito embora quase todos os efeitos não tenham sido significativos. As

produtividades médias alcançadas foram as seguintes: 2,69 % e 3,93 %; 6,04 % e 7,92 %, 6,54 e 7,81% para os tratamentos 1 e 2, 3 e 4, 5 e 6, respectivamente.

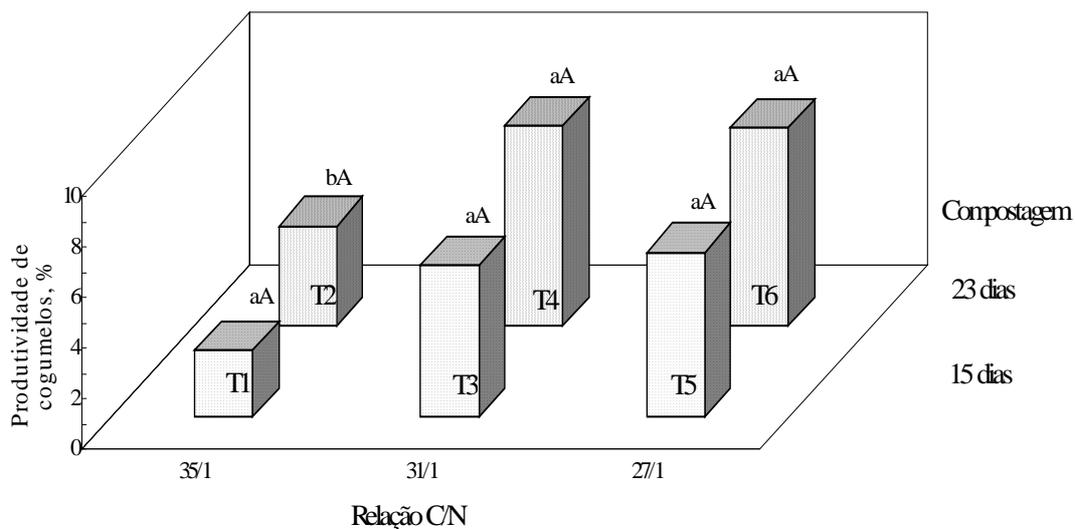
Para os tratamentos com período de condicionamento de 15 dias, a produtividade de cogumelos tendeu a ser crescente na medida em que a relação C/N inicial dos tratamentos foi mais estreita, ou seja, o tratamento T1 (relação C/N inicial de 35/1) resultou em 2,69% de produtividade; o tratamento T3 (relação C/N inicial de 31/1) em 6,04% de produtividade e o tratamento T5 (relação C/N inicial de 27/1) em 6,54 % de produtividade.

O tratamento T3 de relação C/N inicial de 31/1, produtividade 124 % maior em relação ao tratamento T1 de relação C/N inicial de 35/1; enquanto que o tratamento T5 (27/1); aumentou 8% a produtividade em relação ao tratamento T3, de relação C/N inicial de 31/1.

Segundo Perrin & Macauley (1995), a presença de fungos contaminantes em compostos ao final da Fase II, chamados de “weed moulds”, principalmente o gênero *Trichoderma*, ocorrem com maior frequência em compostos com relações C/N estreitas, em torno de 25/1 podendo ocasionar redução na produtividade.

Para o Experimento 1, ainda que se tenha observado incidência de fungos do gênero *Trichoderma* no composto do tratamento 5 (relação C/N de 27/1), esta foi incipiente e, possivelmente, não comprometeu a produtividade.

Fungos do gênero *Trichoderma* e os fungos *Chaetomium olivaceum* ou do gênero *Coprinus* sp, são comumente relacionados a compostos com alto teor de nitrogênio e umidade.



Estes fungos são citados por outros autores também, como prejudiciais ao cultivo de cogumelos e, a presença destes, é um indicativo de problemas no processo de compostagem ou formulação inadequada de composto (Bononi, 1995; Eira & Braga, 1997, Vedder, 1996, Coutinho, 2000).

Para o período de condicionamento de 23 dias, a produtividade aumentou e depois tendeu a diminuir com o estreitamento da relação C/N inicial. Houve um aumento de produtividade de 101 % do tratamento T2 (C/N inicial de 35/1) para o tratamento T4 (C/N inicial de 31/1). Por outro lado, não houve diferença significativa entre o tratamento T6 (C/N inicial 27/1) em relação ao tratamento T4 (relação inicial 31/1).

Pode-se destacar então que, com um período de 23 dias de condicionamento, a obtenção dos melhores resultados de produtividade deu-se no tratamento

T4 (relação C/N inicial 31/1) com produtividade de 7,92% e no tratamento T6 (relação C/N inicial 27/1) com produtividade de 7,84 %.

Quando se compara os períodos de condicionamento, 15 e 23 dias, para todos os tratamentos com mesma relação C/N inicial, constata-se um acréscimo de produtividade no período de compostagem maior, embora as diferenças não tenham sido significativas. Esta tendência foi inversamente proporcional ao aumento das concentrações de nitrogênio inicial do composto. Os aumentos foram de 46%, 31% e 19% nos compostos com relações C/N de 35/1, 31/1 e 27/1, respectivamente. Constata-se também que, ao relacionar todos os tratamentos nos dois períodos de condicionamento, o tratamento T4, com média concentração de nitrogênio inicial de 18,3 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto (relação C/N inicial 31/1 e período de compostagem de 23 dias), tendeu a alcançar produtividade maior, seguidos dos tratamentos T6, T5, T3, T2 e T1, respectivamente.

Constatou-se que, durante a colonização dos compostos com *A. blazei*, o tratamentos T5 (condicionamento de 15 dias e relação C/N inicial de 27/1), semelhante ao observado para o tratamento T6 (condicionamento de 23 dias e relação C/N inicial de 27/1), também apresentou em algumas das repetições (caixas de polipropileno) a presença de fungos do gênero *Trichoderma* sp. A presença deste último, diminuiu à medida que o micélio de *A. blazei* desenvolvia-se no composto durante a colonização. Ademais, como já verificado para o tratamento T6, a produtividade do tratamento T5 não foi afetada por este fator.

Kopytowski Filho et al. (2001) estudando o efeito de densidades de composto (relação C/N inicial do composto de 26/1) sobre a produtividade de *A. blazei*, obtiveram produtividades de cogumelos de 5,4; 7,15 e 10,27 %, para as densidades de 30, 46 e 55 kg de peso fresco de composto m<sup>-2</sup>, respectivamente.

Braga (1999) pesquisando a produtividade de *A. blazei* em função de dois ambientes de cultivo (estufa plástica e cobertura de bambu) e três espessuras da camada de cobertura (3, 5 e 8 cm), obteve produtividades médias de 6,33 % e 15,76 %, para os tratamentos com camadas de cobertura com 3 cm e 8 cm de espessura, respectivamente, em estufa plástica. A relação C/N inicial do composto foi de 25/1, com 10 kg de composto por repetição.

As produtividades obtidas no presente Experimento 1 foram consideradas baixas em comparação a outros ensaios já concluídos, com produtividades superando 20% (base úmida)<sup>4</sup>. Ademais, apesar do aumento na produtividade em função do aumento do período de condicionamento, deve-se fazer uma análise econômica que evidencie a viabilidade deste procedimento pois, o aumento no período de compostagem acarreta aumentos em mais de 69% no período de uso de câmaras. O processo pode tornar-se eficiente, porém pode ser inviável economicamente, em função do tempo de uso das câmaras ou túneis de pasteurização.

Diversos autores citam produtividades altas em países mais desenvolvidos na produção de *A. bisporus*, principalmente na Europa, os quais variam de 20 a 30 % (kg de cogumelos frescos/100 kg de massa fresca de composto) (Bononi et al., 1995; Eira & Braga, 1997, Vedder, 1999; Eira, 2000). No Brasil, estima-se de 5 a 7 % (kg de cogumelos frescos/100 kg massa fresca de composto) na região de Mogi das Cruzes, considerada como a região de maior produção (Eira, 2000).

---

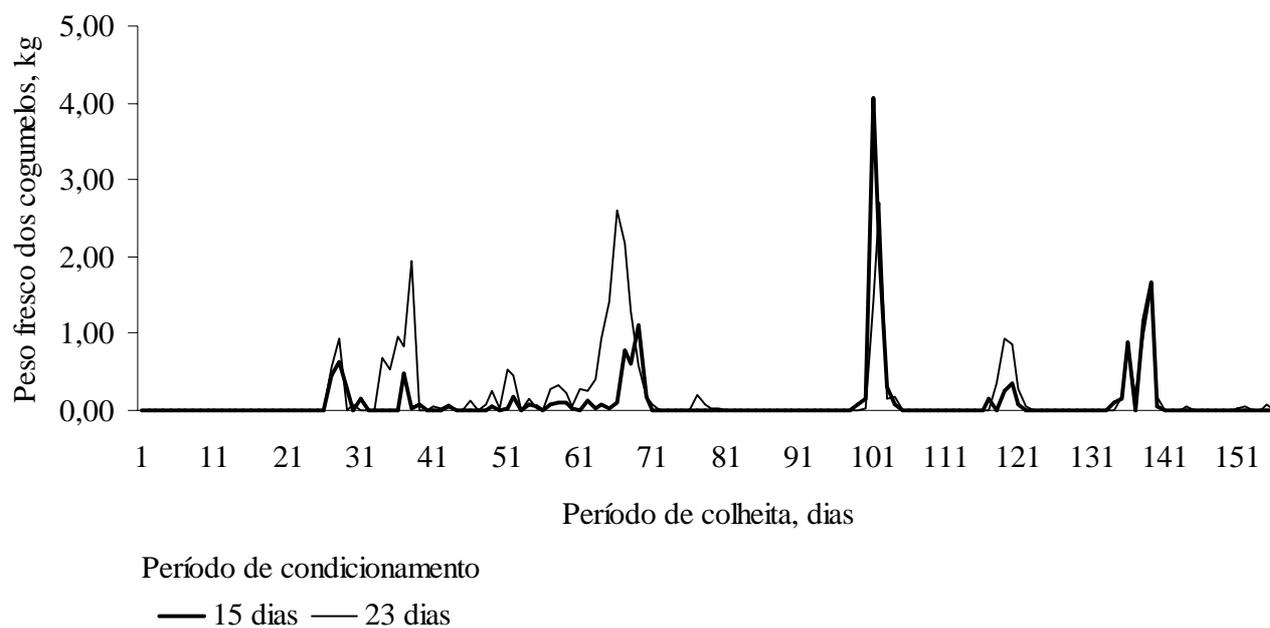
<sup>4</sup> Relatório II do Projeto Temático FAPESP/Processo 98/07726-5 (Tecnologia de cultivo, caracterização bioquímica e efeitos protetores dos cogumelos *A. blazei* (Cogumelo-do-Sol) e *L. edodes* (Berk) Pegler) Eira et.

Noble & Gaze (1996), trabalhando com compostagem em ambiente controlado, atingiram produtividade de 20,2 % (base úmida) com *A. bisporus*, quando a pasteurização foi efetuada a 58-61 °C por 6 horas e concentração de oxigênio no composto situou-se entre 7 e 9%, além de baixos odores de amônia. Os autores concluíram que o aumento do período de pasteurização em mais de 6 horas não incrementa a produtividade em cogumelos. Por outro lado, concentração baixa de oxigênio (<1%) durante a pasteurização resultou em compostos com umidade e densidade altas no momento da inoculação, com conseqüente redução da produtividade por área de cultivo ( $\text{kg m}^{-2}$ ), tendo então alcançado produtividade média de cogumelos de 13,8 % (base úmida). Neste trabalho, adotou-se a pasteurização a 62°C durante 6 horas, fato este que poderia levar a maiores produtividades, considerando os relatos destes autores.

A Figura 5 apresenta a produção de massa fresca de cogumelos, em função do período de colheita de 156 dias e período de compostagem de 15 e 23 dias.

O início de frutificação deu-se aos 26 dias após a colocação da camada de cobertura, sendo mais precoce em relação ao obtido por Braga (1999) que testando choques térmicos, constatou a completa colonização da camada de cobertura para *A. blazei* somente no 41<sup>o</sup> dia. No presente Experimento 1, o início da frutificação poderia ter sido mais precoce ainda. Este fato não aconteceu provavelmente em função da adição da casca de arroz como uma segunda camada de cobertura, que foi colonizada pelo micélio. A frutificação foi impedida devido à resistência que esta camada adquiriu, ocasionando também prováveis alterações na aeração e na quantidade de água incorporada ao composto. Resultados obtidos no Módulo de Cogumelos (FCA/UNESP) sugerem que as frutificações podem ser mais

precoces. Neste sentido, Kopytowski Filho (2001) obteve antecipação na colheita em 5 a 7 dias em relação ao obtido neste Experimento 1.



Para o *A. bisporus*, relatos da literatura citam que o início de frutificação, após a colocação da camada de cobertura, varia entre o 16º e o 35º dia (Bononi et al. 1995). Kalberer (1991) quando alterou os níveis de umidade da camada de cobertura, verificou que o início de frutificação situava-se entre o 20º e 25º dia. O autor encontrou frutificações mais precoces e fluxos mais produtivos quando os tratamentos foram submetidos

a um potencial de água maior na camada de cobertura (0,04 e 0,54 Mpa), porém, observou maior matéria seca dos cogumelos (11,47%), quando o potencial de água da camada de cobertura foi menor (1,11 Mpa).

De acordo com a Figura 5, nota-se um período inicial de produção reduzida e irregular para ambos os períodos de compostagem (15 e 23 dias) estendendo-se até o 60º dia.

Estas produções baixas durante o período do 25º ao 59º dia, podem estar relacionadas com a incidência de moscas dentro da estufa de cultivo. Embora esta estivesse protegida com telas contra a entrada de insetos, verificou-se a presença de dípteros da família *Phoridae* e *Sciaridae*<sup>5</sup> durante este período de frutificação.

Moscas adultas são atraídas pelos odores do composto e aí fazem a postura dos ovos, principalmente quando na presença de micélio em crescimento, seja na fase de colonização tanto do composto como na camada de cobertura, sendo esta atração variável dependendo do estágio de crescimento do micélio (Hussey, 1969; Richardson & Hesling citado por White, 1985). Dípteros da família *Phoridae* são mais atraídos pelo micélio no período de 7 a 12 dias após a inoculação do composto. Também, durante a colonização da camada de cobertura do composto, a atratividade aumenta novamente devido ao crescimento do micélio (Hussey, 1969).

Durante o período de colonização da camada de cobertura, a partir do 19º dia, constatou-se a presença de moscas adultas na estufa de incubação, fato este relacionado com o desaparecimento do micélio de *A. blazei* nas partes mais superficiais da

---

<sup>5</sup> Identificação realizada no Laboratório de Entomologia Agrícola do Departamento de Produção Vegetal-Defesa Fitossanitária- FCA/UNESP

camada de cobertura (1 a 2 cm de profundidade). Os danos observados durante a colonização da camada de cobertura estão de acordo com Hussey (1969), que afirmou serem os maiores danos no micélio causados por larvas de *Megaselia halterata* em profundidades de 0,7 a 1 cm. Segundo o autor, um dos fatores importantes para se evitar perdas na produção de cogumelos por ataque de moscas, é o controle ou ausência destas pragas até a completa colonização da camada de cobertura, a qual torna-se menos atrativa para os adultos fazerem a postura.

As principais características de insetos adultos da família *Sciaridae* são o corpo de coloração acinzentada ou preta, medindo de 5 a 7 mm, de cabeça globosa, com antenas lonas de 16 artículos. As larvas podem ter de 3 a 12 mm de comprimento, cor branco leitosa e cabeça preta brilhante (Hussey et al. 1969; Figueiredo, 1985; White, 1985, Bononi et al., 1995). Na família *Phoridae*, os adultos possuem abdômen marrom amarelado, 2 a 4 cm de comprimento, corpo recurvado e antena mais curta que a família *Sciaridae* (Hussey, 1969; Bononi et al., 1995; Geels et al., 1988).

Conforme observa se na Figura 5, do 26º ao 60º dia após a cobertura do composto com turfa, constata-se produções e picos de cultivo reduzidos e irregulares. Ademais, durante este período, houve presença de cogumelos com tamanho pequeno, perfurados e com a presença de larvas, conferindo aspecto “isoporizado” ao cogumelo, melado e com cheiro característico de putrefação. Pode-se inferir estes danos como causados por moscas, seguido de dano secundário devido à presença de bactérias.

No 55º dia após a cobertura com turfa, efetuou-se controle químico com Deltametrine (dose: 3 ml de produto comercial L<sup>-1</sup> de água) repetindo-se outras 5 aplicações, uma a cada 5 dias. Verificando-se então, por meio de armadilhas luminosas, o

---

decréscimo da população, fato este relacionado com picos maiores durante os períodos de 60 a 70, e, 101 e 106 dias.

As produtividades reduzidas e o atraso das frutificações podem ter sido influenciados também pelas perfurações nas caixas de polipropileno (nas quais estavam acondicionados os compostos). O micélio fúngico ocasionou um fechamento dos furos, ocorrendo um estancamento da água de irrigação adicionada para manutenção da umidade da camada de cobertura. Conseqüentemente infere-se que, na parte inferior do composto, as condições podem ter sido desfavoráveis ao desenvolvimento de *A. blazei*. Os maiores danos foram observados nos tratamentos submetidos ao período de 15 dias de condicionamento (tratamentos 1, 4 e 5) e no tratamento T2 com relação inicial maior (35/1) submetido ao período 23 dias de condicionamento.

## **6.2 Experimento 2**

### **6.2.1 Umidade do composto**

A umidade foi determinada ao final das Fases I e II e pode ser observada no Quadro 6.

Ao final da Fase I, a umidade foi mais elevada para a maioria dos tratamentos em relação ao Final da Fase II, com exceção do tratamento 2, onde não se observou alterações, provavelmente por este tratamento já estar com umidade do composto relativamente baixa ao final da Fase I.

Quadro 6 – Umidade média dos tratamentos ao final das Fases I e II de compostagem.

Tratamento <sup>(1)</sup>	C/N inicial	-----Umidade (%)-----		
		Fase I	Fase II	Perda de umidade (%)
1	44/1	78	65	17
2	43/1	69	69	0
3	42/1	72	68	6
4	38/1	68	65	4
5	37/1	85	68	20
6	36/1	76	71	7
7	34/1	79	72	9
8	33/1	82	75	9
9	32/1	77	75	3

<sup>(1)</sup>Tratamentos: (1, 2 e 3), (4, 5 e 6) e (7, 8 e 9), com proporção das fontes nitrogenadas farelo de soja/uréia de 4/1, 1,5/1 e 1/1,5, respectivamente).

No Quadro 6 nota-se que, apesar da redução na umidade do composto ao final da Fase II, esta tendeu a ser maior quanto menor relação C/N inicial média. Desta forma, nos tratamentos com relação C/N inicial média de 43/1 (tratamentos 1, 2 e 3), 37/1 (tratamentos 4, 5 e 6) e 33/1 (tratamentos 4, 5 e 6), as umidades médias foram de 67, 68 e 74 %, respectivamente. Houve uma tendência de elevação da umidade para os tratamentos com menor relação C/N inicial média do composto, de modo que os tratamentos com C/N inicial média de 33/1 (7, 8 e 9) obtiveram em média 10% de aumento de umidade em relação aos tratamentos com C/N inicial média de 43/1 (1, 2 e 3) e 37/1 (4, 5 e 6), provavelmente devido ao fato destes tratamentos possuírem maiores concentrações de nitrogênio, maior metabolismo, maior respiração, com conseqüente liberação e concentração de água mais elevadas no composto em relação aos tratamentos com menores concentrações de nitrogênio.

Dados reportados pela literatura mostram que a decomposição da matéria orgânica, teor de cinzas e proporção de palhas utilizadas nas formulações de compostos, relacionam-se com teores de umidade dos compostos ao final da Fase II (Van Griesven 1988, Gerrits & Amsing, 1991). Neste sentido, a umidade final para compostos com um mesmo nível de nitrogênio varia com a proporção de palha utilizada em relação às camas de animais, sendo que, para uma formulação de 1/3 de palha trigo e 2/3 de cama de animais (rica em nitrogênio), a

cada 10% de acréscimo na palha de trigo, ocorre um aumento médio de 0,3 % na umidade do composto ao final da Fase II (Van Griesven, 1988). Os dados deste Experimento 2 estão de acordo com a hipótese de que maior decomposição de matéria orgânica resulta em umidades de composto maiores ao final da Fase II.

Observa-se que para este Experimento 2, o período de condicionamento foi de 16 dias, sendo maior do que o usualmente utilizado para produção de *A. bisporus*, em torno de 7 a 10 dias (Fermor et al., 1987; Bononi et al. 1995; Eira, 2000).

Gerrits & Aisling (1991) alcançaram produtividades maiores quando utilizaram plásticos de proteção nas partes inferiores das prateleiras de cultivo para evitar perda de umidade dos compostos. Os resultados obtidos demonstraram incrementos de até 70% na produtividade em relação aos tratamentos sem proteção de plástico, quando a umidade dos compostos (com ou sem plástico de proteção) estava em média com 50% apenas. Por outro lado, estes incrementos reduziram à medida que a umidade foi maior, obtendo-se produtividades equivalentes quando as umidades dos compostos estiveram acima de 75%, supondo-se que compostos com esta umidade ao final da Fase II, não causam deficiência de água na indução da frutificação.

### **6.2.2 Teores de carbono, nitrogênio e relação C/N**

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam os teores de carbono, nitrogênio e a relação C/N durante o processo de compostagem. As amostragens 1, 2, 3, 4 e 5 referem-se às reviradas durante a fase I de compostagem e a amostragem 6, à Fase II de compostagem. Como era esperado, o teor de carbono diminui, enquanto que o teor de nitrogênio aumenta, estreitando a relação C/N com o processo de oxidação bioquímica dos compostos.

Observa-se através da Figura 6 que todas as relações C/N iniciais médias do composto (43/1, 37/1 e 33/1) na proporção farelo de soja/uréia de 1/1,5, não diferem significativamente entre si ao final da Fase II (amostragem 6). Deste modo, para alcançar o mesmo teor de nitrogênio ao final da Fase II, pode-se utilizar qualquer relação C/N inicial média do composto com esta proporção de farelo de soja/uréia (1/1,5).

Constata-se diferença estatística nos teores de nitrogênio com relação as proporções das fontes nitrogenadas, sendo menores ao final da Fase II a medida que utiliza-se mais uréia na proporção de fontes nitrogenadas das formulações iniciais dos compostos.

Ainda pode-se notar que para todos os tratamentos, o teor de nitrogênio dos compostos se eleva e ocorre aumento relativo de 24,5% a partir da 5<sup>a</sup> revirada (amostragem 5) em relação ao final da Fase II compostagem de (amostragem 6).

Para a mesma relação C/N inicial média, as relações C/N tendem a ser maiores quando utiliza-se a proporção 1/1,5; sem contudo, apresentar diferença estatística entre tratamentos.

Evidencia-se que o tratamento com relação C/N inicial média de 43/1 de composto e proporção farelo de soja/uréia de 1/1,5), a partir da 3<sup>a</sup> revirada, apresentou relação C/N maior, quando comparado aos demais tratamentos.

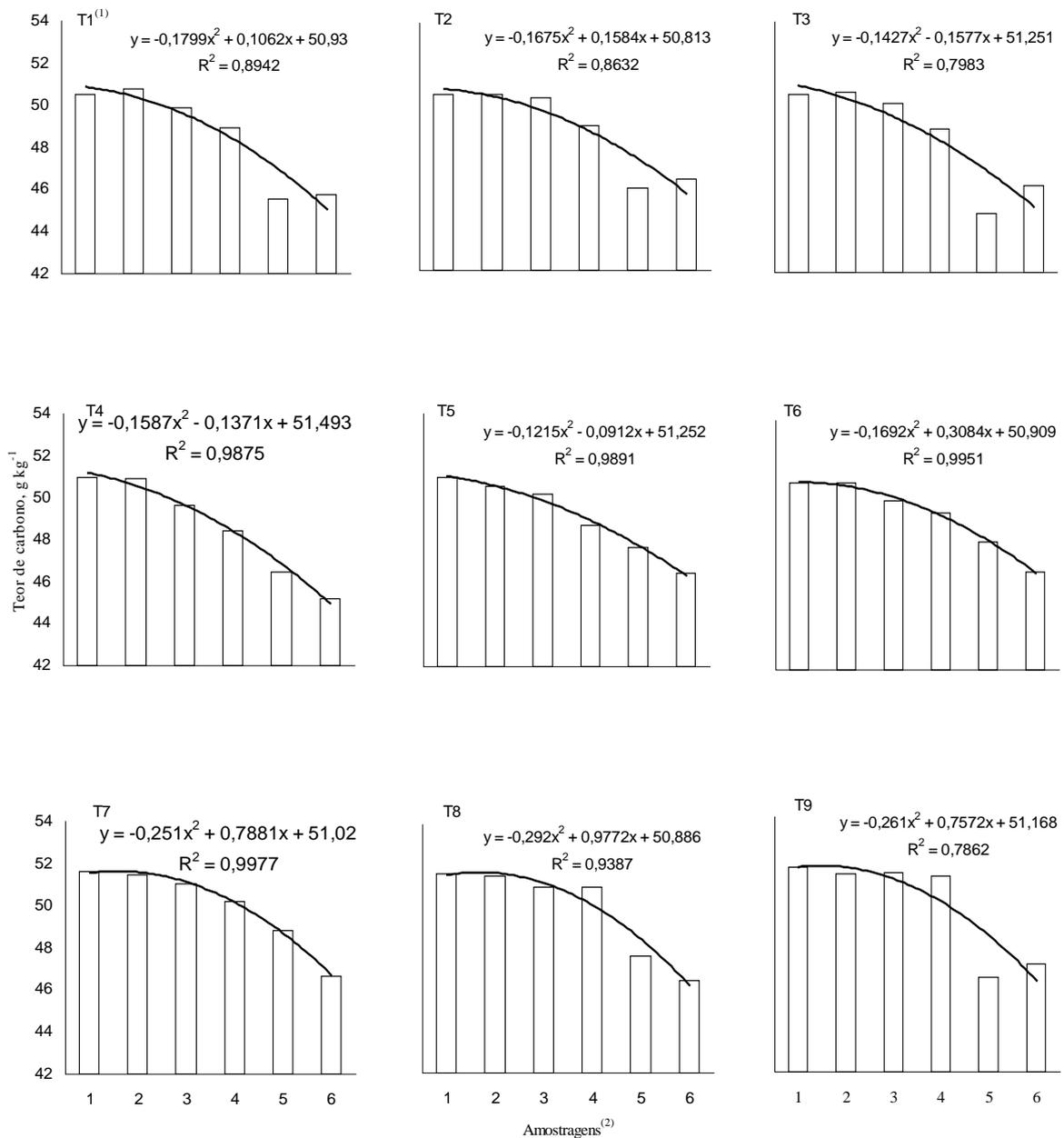


Figura 6 – Teor de carbono (g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto) dos tratamentos em função do período de amostragem nas diversas fases da compostagem.

<sup>(1)</sup> Tratamentos: (1, 2 e 3), (4, 5 e 6) e (7, 8 e 9) com relação C/N inicial média do composto de 43/1, 37/1 e 33/1, respectivamente (e proporção das fontes nitrogenadas farelo de soja/uréia de 4/1, 1,5/1 e 1/1,5, respectivamente).

<sup>(2)</sup> Amostragens: 1, 2, 3, 4 e 5 aos 2, 5, 8, 12 e 16 dias de compostagem Fase I, respectivamente; 6 ao final da Fase II.

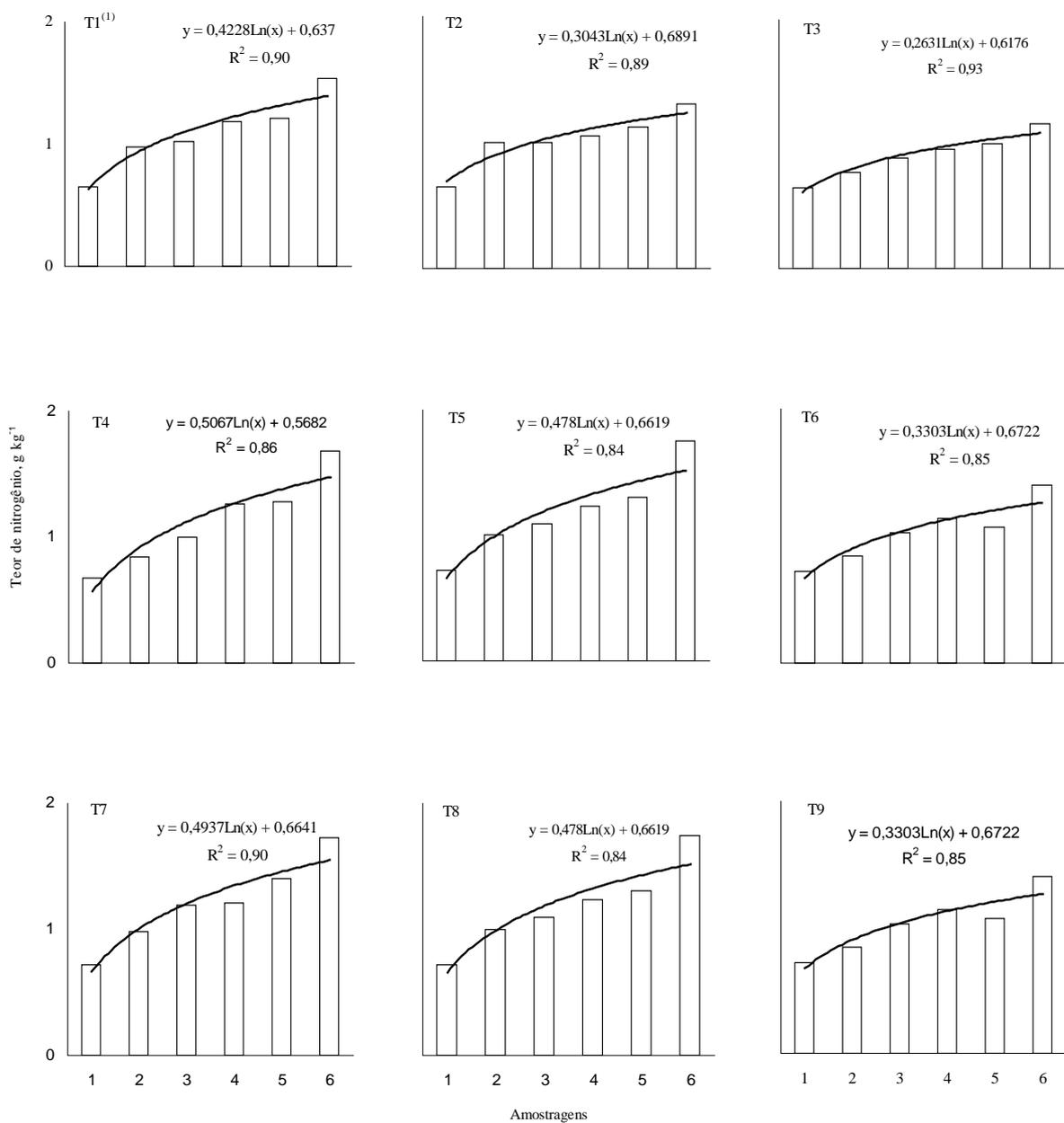


Figura 7 – Teor de nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$  de matéria seca de composto) dos tratamentos em função do período de amostragem nas diversas fases da compostagem.

<sup>(1)</sup> Tratamentos: (1, 2 e 3), (4, 5 e 6) e (7, 8 e 9) com relação C/N inicial média do composto de 43/1, 37/1 e 33/1, respectivamente (e proporção das fontes nitrogenadas farelo de soja/uréia de 4/1, 1,5/1 e 1/1,5, respectivamente).

<sup>(2)</sup> Amostragens: 1, 2, 3, 4 e 5 aos 2, 5, 8, 12 e 16 dias de compostagem Fase I, respectivamente; 6 ao final da Fase II.

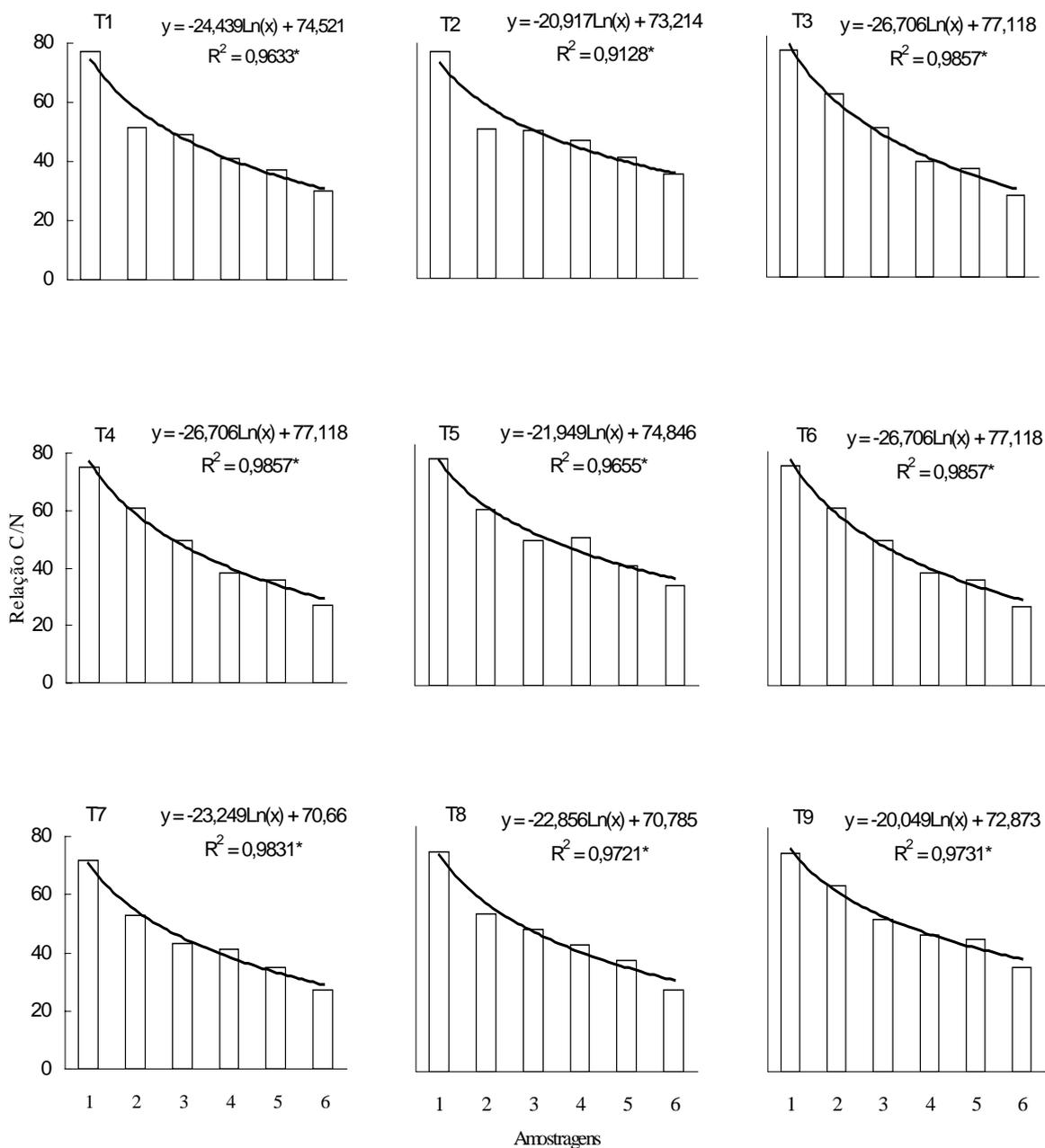


Figura 8 – Relação C/N dos tratamentos em relação ao período de amostragem nas diversas fases da compostagem.

(<sup>1</sup>) Tratamentos: (1, 2 e 3), (4, 5 e 6) e (7, 8 e 9) com relação C/N inicial média do composto de 43/1, 37/1 e 33/1, respectivamente (e proporção das fontes nitrogenadas farelo de soja/uréia de 4/1, 1,5/1 e 1/1,5, respectivamente).

(<sup>2</sup>) Amostragens: 1, 2, 3, 4 e 5 aos 2, 5, 8, 12 e 16 dias de compostagem Fase I, respectivamente; 6 ao final da Fase II

### 6.2.3 Produtividade

O Quadro 7 apresenta as produtividades relativas aos 9 tratamentos em função das proporções de fontes nitrogenadas e relação C/N inicial média dos compostos.

Quadro 7 – Produtividade (%), em função das relações C/N iniciais médias do composto e das distintas proporções de fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia), no período de 112 dias de colheita.

Proporção Farelo de soja/uréia	Relação C/N inicial média			F	CV %	Médias
	43/1	37/1	33/1			
4/1	8,98 <sup>a</sup>	9,73 <sup>a</sup>	5,16 <sup>b</sup>	8,26 **	37,12	7,96 <sup>A</sup>
1,5/1	8,13 <sup>b</sup>	10,01 <sup>a</sup>	7,29 <sup>b</sup>	3,48 *	30,45	8,48 <sup>A</sup>
1/1,5	6,49 <sup>ab</sup>	8,92 <sup>a</sup>	5,68 <sup>b</sup>	4,06 *	41,25	7,03 <sup>A</sup>
F	ns	ns	ns			
CV, %	46,47	32,13	26,2			
Médias	7,87 <sup>A</sup>	9,55 <sup>A</sup>	6,04 <sup>B</sup>			

\*\* significância a 1 %

\* significância a 5%

Letras minúsculas indicam significância no teste de Tukey em cada linha.

Letras maiúsculas indicam significância no teste de Tukey em cada linha ou coluna.

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey.

Para os compostos com proporção 4/1 de farelo de soja/uréia, nota-se diferença significativa, entre a relação C/N inicial média (33/1) em relação às relações C/N iniciais médias de 37/1 e 43/1.

Na proporção 1,5/1 de farelo de soja/uréia, por sua vez, o tratamento com relação C/N inicial média de 37/1 propiciou produtividade significativamente maior em relação aos demais níveis.

Ao analisar a proporção farelo de soja/uréia de 1/1,5, nota-se diferença significativa entre a relação C/N inicial média de 37/1 e 33/1. Não se observa diferença significativa entre estes e a relação C/N inicial média de 43/1.

Para a mesma relação C/N inicial média dos compostos, não se observam diferenças estatísticas entre os tratamentos, independente das proporções de farelo de soja/uréia utilizadas. Contudo, nota-se que, nos tratamentos com relação C/N inicial média de 37/1 e 33/1, há uma tendência de obtenção de melhores resultados quando utilizada a proporção média de farelo de soja/uréia (1,5/1).

De acordo com os resultados obtidos de produtividade em relação às proporções de fontes nitrogenadas, independentemente da relação C/N inicial média do composto, não se evidenciam diferenças significativas na variável em questão, porém, a proporção 1,5/1 de farelo de soja/uréia tendeu a resultar em maior produtividade de cogumelos em relação às proporções 4/1 e 1/1,5 de farelo de soja/uréia.

Quando compara-se os resultados das médias de relações C/N iniciais, observa-se que as relações C/N 43/1 e 37/1 não apresentam diferença significativa entre si, porém, diferem dos tratamentos com relação C/N inicial média de 33/1, que apresentaram as piores produtividades.

Com relação às médias das proporções de fontes nitrogenadas não há diferença significativa entre elas, porém, observa-se uma tendência de melhores resultados em relação aos tratamentos com proporção farelo de soja/uréia de 4/1 e 1/1,5, respectivamente.

A Figura 9 apresenta os dados de produtividade dos tratamentos em função da relação C/N inicial média e proporção das fontes nitrogenadas.

Outro fator que pode ter influenciado a produtividade, é a relação C/N ao final da Fase II de compostagem. Verificando as Figuras 8 e 9, os tratamentos com relação C/N inicial média de 43/1 (T4, T5 e T6) e 37/1 (T1 e T2), obtiveram os melhores resultados de produtividade, com relação C/N situando-se entre 27/1 e 36/1 ao final da Fase II. Para os tratamentos com relação C/N inicial média de 33/1, mesmo com relações C/N na faixa de 27/1

a 34/1 ao final da Fase II, as produtividades em média, tenderam a ser mais baixas. Observa-se no Quadro 7 e na Figura 9 que, independente da proporção das fontes nitrogenadas adotadas (4/1, 1,5/1 e 1/1,5 de farelo de soja/uréia) a condição de relação C/N inicial média de 33/1, tendeu na maioria das vezes a resultar em valores inferiores para a produtividade de cogumelos.

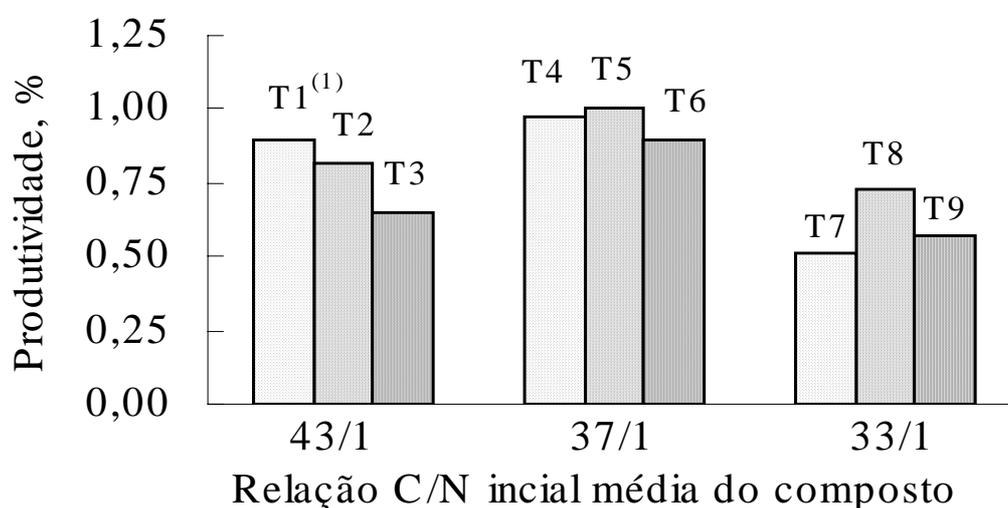


Figura 9 – Produtividade (%) em função da relação C/N inicial média do composto  
 Tratamentos: (1, 2 e 3), (4, 5 e 6) e (7, 8 e 9) com relação C/N inicial média do composto de 43/1, 37/1 e 33/1, respectivamente (e, proporção das fontes nitrogenadas farelo de soja/uréia de 4/1, 1,5/1 e 1/1,5, respectivamente)

Segundo Miller & Macaully (1989), não há relação direta entre a concentração inicial de nitrogênio do composto e produtividade; ademais, os autores citam uma correlação baixa entre o nitrogênio inicial e a concentração final de nitrogênio do composto, podendo variar com o tipo de substrato utilizado na formulação.

Entretanto, Noble & Gaze (1995) também encontraram efeito positivo na produtividade quando efetuaram a suplementação de nitrogênio no composto de A.

*bisporus* mas, no momento da inoculação, ocorrendo uma interação positiva entre a suplementação nitrogenada, o aumento da concentração de nitrogênio do composto e o aumento de produtividade. Contudo esta interação pode não acontecer, tanto que Noble & Gaze (1994) não encontraram efeito positivo da suplementação de nitrogênio à base farelo de soja sobre a concentração de nitrogênio do composto e a produtividade de cogumelos.

Bahl (1991) citou que a escolha de materiais para substituir os resíduos orgânicos como fontes primárias de nitrogênio devem ser avaliados em conjunto, verificando-se a produtividade alcançada, o espaço ocupado pelo composto e o tempo de compostagem.

Os resultados obtidos neste Experimento 2 podem estar relacionados com o tipo da fontes primárias nitrogenadas, neste caso a uréia, devido à sua transformação mais rápida para formas de nitrogênio prontamente disponíveis aos microrganismos. Estas transformações rápidas ocasionam perdas mais intensas por volatilização da amônia, além do escorrimento da uréia no momento de aplicação por irrigação. Ao se utilizar fontes de nitrogênio com degradação mais lenta, as perdas são geralmente menores e estas fontes podem ser melhor utilizadas pelos microrganismos durante as fases de compostagem, principalmente a Fase I.

Do mesmo modo, a adubação com uréia quando aplicada superficialmente à palhada de cana-de açúcar na forma líquida, tem sua eficiência reduzida devido às perdas de nitrogênio mais intensas por volatilização da amônia (Gava et al., 2001; Caldeira, 2002).

Os dados encontrados no Experimento 2, estão de acordo com Bahl (1991) que utilizou a uréia como substituto de fontes nitrogenadas provenientes de resíduos agroindustriais para produção de composto de *A.bisporus*. Na presença de uréia, o autor

obteve menor produtividade em comparação aos tratamentos testados com esterco bovino, esterco de galinha, torta de algodão e *Sesbania aegyptiaca*, além do maior tempo de compostagem em relação ao tratamento controle, devido ao excesso de amônia.

Ao analisar-se os tratamentos em relação aos níveis de nitrogênio inicial do composto, percebe-se uma tendência de decréscimo de produtividade quando utiliza-se a uréia em maior proporção na formulação como fonte primária nitrogenada.

Segundo dados de literatura, para o cultivo de *A. bisporus* é comum a utilização de relações C/N menores de composto ao final da Fase II do que os encontrados neste Experimento 2, ou seja, situando-se na faixa de 15/1 a 22/1 (Miller et al., 1990, Bononi et al., 1995).

Neves (2000) obteve produtividades consideradas baixas (em média 6,11%) quando utilizou compostos comerciais com relações C/N de 16/1 ao final da Fase II, além de constatar também contaminações de *Trichoderma harzianum* em diversas repetições durante a condução do experimento. Segundo o autor, as melhores produtividades de *A. blazei* foram alcançadas em experimento utilizando compostos com relação C/N de 45/1 ao final da Fase II.

A Figura 10 apresenta os resultados de produção de cogumelos (kg) obtidos nos tratamentos, durante 112 dias de colheita.

Observa-se que os tratamentos T1 e T2, com relação C/N inicial média de 43/1 e proporção farelo de soja/uréia de 4/1 e 1,5/1, apresentam maiores picos de produção de cogumelos. Estes concentraram-se entre o 25 ao 50º dia após a cobertura com turfa, paralisando a colheita por 10 dias e reiniciando com picos menores. O tratamento T3, com relação C/N inicial média de 43/1 e proporção 1/1,5 (farelo de soja/uréia), apresenta picos

menores durante todo o período de colheita, além de serem irregulares, isto é, pequenos picos de produção em curto período de tempo.

Dentre os tratamentos com relação C/N inicial média de 33/1, o tratamento T9 (proporção 1/1,5 de farelo de soja/uréia) apresentou início de produção aos 30 dias, com picos menores e mais irregulares que os tratamentos T7 e T8 (proporção 4/1 e 1,5/1 de farelo de soja/uréia) que obtiveram picos maiores entre o 25<sup>o</sup> ao 35<sup>o</sup> dia após cobertura com turfa. Para estes três tratamentos à partir do 35<sup>o</sup> dia o comportamento foi semelhante, isto é, pequenos picos até os 112 dias de colheita.

Ao analisar-se os tratamentos T1, T4 e T7 (proporção farelo de soja/uréia de 4/1), verifica-se os maiores picos de produção do 25<sup>o</sup> ao 30<sup>o</sup> dia, tendo a seguir, picos menores para os tratamentos T1 e T4, cessando a produção no 50<sup>o</sup> dia. Com relação ao tratamento T7, verifica-se picos menores à partir do 35<sup>o</sup> dia até o final do período de colheita.

Comparando-se os tratamentos T2, T5 e T8 (proporção farelo de soja/uréia de 1,5/1) e com relação C/N inicial média de 43/1, 37/1 e 33/1, respectivamente, verifica-se comportamento semelhante aos tratamentos com proporção 4/1 (T3, T6 e T9), porém com produções maiores.

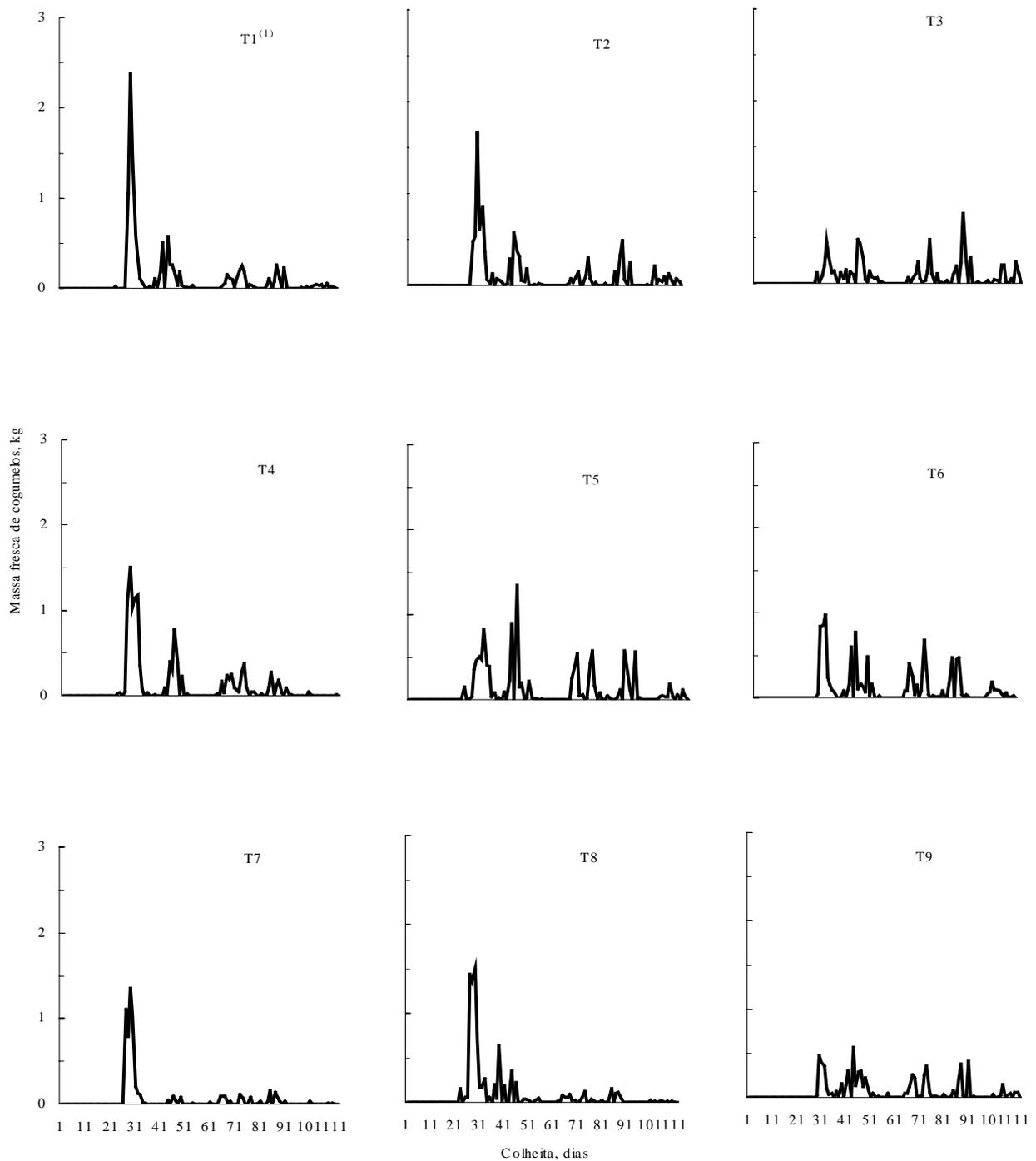


Figura 10 – Produção diária de cogumelos frescos (kg), durante 112 dias de colheita.  
<sup>(1)</sup> Tratamentos: (1, 2 e 3), (4, 5 e 6) e (7, 8 e 9) com relação C/N inicial média do composto de 43/1, 37/1 e 33/1, respectivamente ( e, proporção das fontes nitrogenadas farelo de soja/uréia de 4/1, 1,5/1 e 1/1,5, respectivamente).

**Para todos os tratamentos, entre o 50<sup>o</sup> e 60<sup>o</sup> dia após a cobertura com turfa, a produção foi quase nula. Uma incidência severa de moscas da família *Sciaridae* e *Foridae* ocasionou um período mais longo entre fluxos, depreciação e uma produção de peso médio de basidiomas menor. Após o controle sanitário com Deltametrine, na dose de 30 mL/100L de água, a produção foi reiniciada.**

Aliado ao fato da incidência de moscas durante as colheitas, pode-se inferir que as baixas produções obtidas e fluxos irregulares seguintes ao período de maior severidade das moscas pode estar relacionado com o composto tornar-se exaurido precocemente, devido ao grande número de primórdios abortados ou basidiomas em avançado estado de decomposição e não contabilizados aos tratamentos.

Fator interessante para a produção de cogumelos é a precocidade, o que determina a redução de custos com mão de obra e a probabilidade de perdas com ataque de moscas. Com o atraso do início da frutificação coincidindo com o período de pico da população de moscas na fase de larva, grandes perdas são observadas, caso não haja o controle rápido.

O Quadro 8 apresenta os dados de Eficiência biológica para as diferentes relações C/N iniciais médias em relação às diferentes proporções de fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia).

Ao optar-se por utilizar a proporção 4/1 de farelo de soja/uréia, pode-se notar diferença significativa entre as relações C/N iniciais médias de 37/1 e 33/1. Com a proporção 1,5/1 de farelo de soja/uréia não se observa diferença significativa entre as diferentes relações C/N iniciais médias dos tratamentos. Utilizando a proporção 1/1,5 a

diferença significativa ocorreu entre as relações C/N iniciais médias do composto de 43/1 e 37/1.

Pela análise das médias, observa-se que os tratamentos com relação C/N inicial média de 37/1 propiciou significativamente os melhores resultados de eficiência biológica, sendo que a proporção farelo de soja/uréia de 1,5/1 também obteve os melhores resultados, no entanto não ocorrendo diferença significativa entre as proporções 4/1 e 1/1,5.

Quadro 8 - Eficiência biológica de cogumelos (%), em função das relações C/N iniciais médias do composto e das distintas proporções de fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia), no período de 112 dias de colheita.

Proporção Farelo de soja/uréia	Relação C/N inicial média			F	CV %	Médias
	<b>43/1</b>	37/1	33/1			
4/1	24,65 <sup>abA</sup>	26,72 <sup>aA</sup>	17,46 <sup>bB</sup>	4,00*	36,68	22,94 <sup>C</sup>
1,5/1	25,46 <sup>aA</sup>	31,01 <sup>aA</sup>	28,11 <sup>aA</sup>	ns	30,29	28,19 <sup>C</sup>
1/1,5	19,90 <sup>bA</sup>	30,04 <sup>aA</sup>	21,93 <sup>abAB</sup>	3,67*	40,48	23,96 <sup>C</sup>
F	ns	Ns	4,68*			
CV, %	45,12	33,70	38,08			
Médias	23,94 <sup>D</sup>	29,25 <sup>C</sup>	22,50 <sup>D</sup>			

\*\* significância a 1 %

\* significância a 5%

Letras minúsculas indicam significância no teste de Tukey (5%) em cada linha.

Letras maiúsculas indicam significância no teste de Tukey em cada linha ou coluna.

médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey.

O Quadro 9 apresenta os dados de número de cogumelos colhidos em relação aos tratamentos com C/N iniciais médias e proporções das fontes nitrogenadas do composto.

Ao analisá-lo, destaca-se as relações C/N de 43/1 e 37/1, que, independente da proporção de fonte nitrogenada utilizada, tenderam em valores mais elevados para a variável em questão, obtendo a relação C/N inicial média de 37/1 diferença significativa com relação aos tratamentos de C/N inicial média de 33/1.

Quadro 9 - Número de cogumelos, (%), em função das relações C/N iniciais médias dos compostos e das distintas proporções de fontes nitrogenadas (farelo de soja/uréia), durante o período de 112 dias de produção.

Proporção Farelo de soja/uréia	Relação C/N inicial média			F	CV %	Médias
	<b>43/1</b>	37/1	33/1			
4/1	60,66 <sup>a</sup>	67,50 <sup>a</sup>	33,33 <sup>b</sup>	8,35 <sup>**</sup>	40,25	53,83 <sup>A</sup>
1,5/1	59,41 <sup>ab</sup>	73,50 <sup>a</sup>	39,00 <sup>b</sup>	7,29 <sup>**</sup>	38,83	57,30 <sup>A</sup>
1/1,5	61,08 <sup>ab</sup>	69,83 <sup>a</sup>	41,50 <sup>b</sup>	3,45 <sup>*</sup>	47,07	57,47 <sup>A</sup>
F	ns	ns	ns			
CV, %	42,07	41,71	37,98			
Médias	60,38 <sup>A</sup>	70,27 <sup>A</sup>	37,94 <sup>B</sup>			

\*\* significância a 1 %

\* significância a 5%

Letras minúsculas indicam significância no teste de Tukey (5%) em cada linha.

Letras maiúsculas indicam significância no teste de Tukey em cada linha ou coluna.

médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey.

Pelos resultados das médias, constata-se diferença significativa quando utiliza-se as relações C/N iniciais médias de 43/1 e 37/1 em relação aos tratamentos com relação C/N inicial média de 33/1. Não se observou diferença significativa entre as proporções de fontes nitrogenadas.

O número de cogumelos pode ser relacionado com seu peso fresco em determinado período do ciclo de colheita, contudo deve-se considerar qual a finalidade desejada para o produto final. Devido à carência de dados sobre qual tamanho ou estágio para prováveis efeitos nutracêuticos, nutracêuticos ou medicinais, o tamanho dos basidiomas é condicionado pelo mercado consumidor. Por outro lado, há indicações por parte de pesquisadores da área que os basidiomas em estágio mais avançado podem ter efeitos mais

promissores na área médica<sup>5</sup> Chang (2000)<sup>7</sup> também mencionou a hipótese de que os efeitos de *A. blazei*, na área médica, podem ser melhores quando utilizados basidiomas mais abertos.

Para efeito prático de cultivo, de limpeza, de secagem e de embalagem, peso fresco médio de cogumelos maior resulta em rendimento de trabalho maior, possibilitando maior eficiência de trabalho e economia nos custos de mão de obra. Do mesmo modo, Braga (1999) mencionou que a importância prática do peso médio dos cogumelos, é relacionada com a facilidade de colheita e limpeza destes.

Pode-se estabelecer comparação entre os resultados apresentados em relação ao número de cogumelos (Quadro 9) e aos de peso fresco (Quadro 7), notando-se coerência entre eles; para os maiores valores de peso fresco, obteve-se o maior número de cogumelos. De outro modo, os dados poderiam ter sido alterados caso uma alta incidência de moscas ocorresse em período mais precoce do início da frutificação.

A Figura 11 apresenta o número de cogumelos no decorrer do período de colheita de 112 dias.

Torna-se clara a tendência de obter-se picos mais elevados inicialmente nos primeiros fluxos, relacionados ao maior peso fresco de cogumelos. Nota-se que para todos os tratamentos após o 60º dia, o número de cogumelos continua relativamente elevado, porém com produção de peso fresco reduzido.

A Figura 12 apresenta os dados de número e peso de cogumelos frescos, durante período de colheita 1112 dias. A Figura 13, apresenta o peso médio dos cogumelos frescos durante período de colheita.

---

<sup>6</sup> Relatório II do Projeto Temático FAPESP/Nº 98/07726-5 (Tecnologia de cultivo, caracterização bioquímica e efeitos protetores dos cogumelos *A. blazei* (Cogumelo-do-Sol) e *L. edodes* (Berk) Pegler. Eira et al.(2001/2002).

<sup>7</sup> Comunicação pessoal.

Observa-se que no início da produção, a qualidade dos cogumelos é maior, ou seja, inicia-se com 35-40 gramas, tendo então média com 20 gramas de peso fresco até o 29º dia.

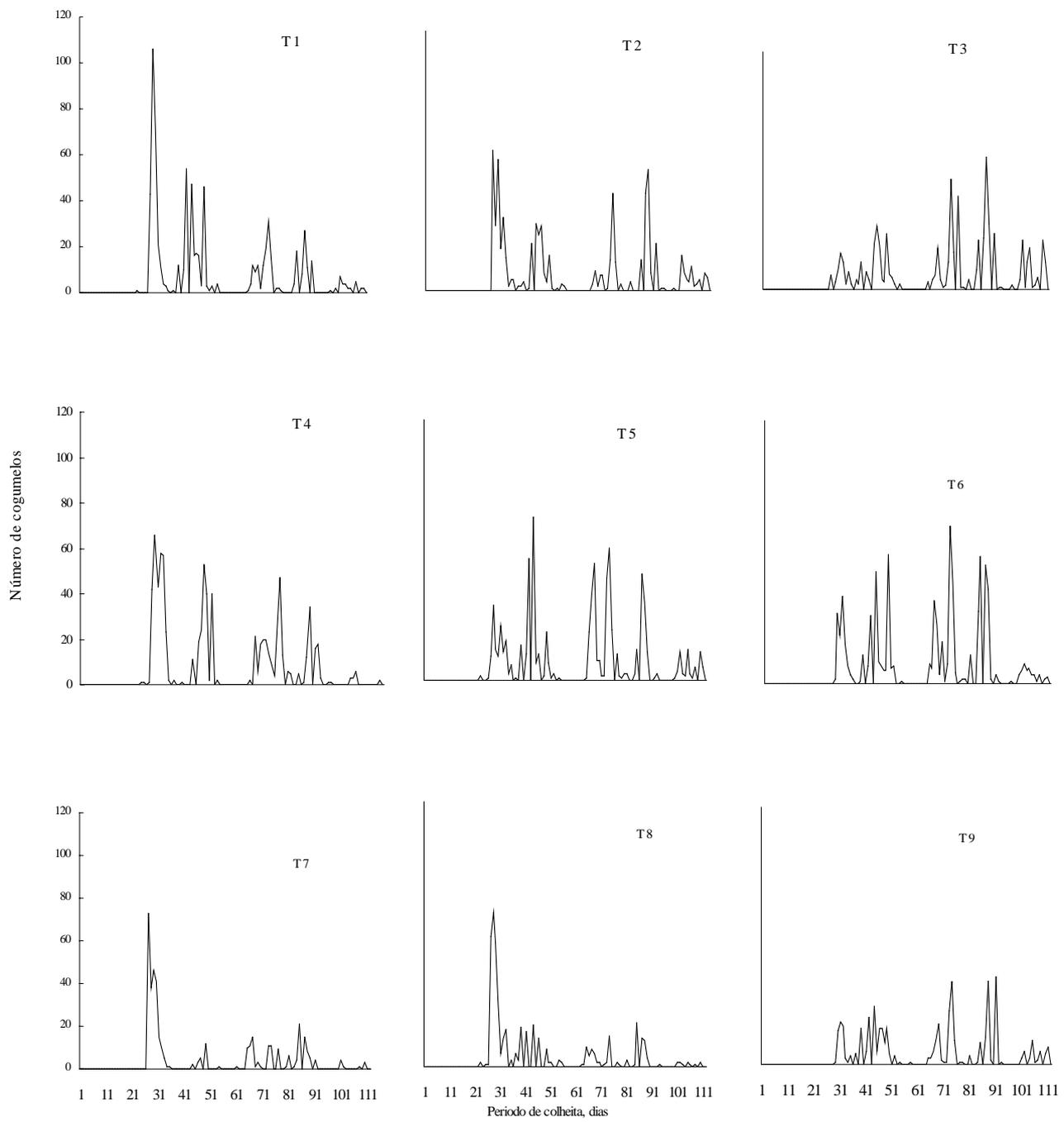
Vale salientar que no período de 30 a 45 dias de colheita, os cogumelos colhidos tinham peso fresco em média de 10 g, com tamanho máximo de 5 cm. À partir do 45º dia, estes foram colhidos com 12 g em média e com até 12 cm de comprimento. Esta perda de qualidade pode estar relacionada com o composto (mais exaurido) e ao ataque de larvas de moscas.

#### **6.2.4 Poder calorífico**

Observa-se na Figura 14 que, para uma amostra composta das três relações C/N iniciais médias (43/1, 37/1 e 33/1), o poder calorífico situou-se na faixa de 4,4 a 4,5 kcal g<sup>-1</sup> de massa seca de composto. Com o avanço do processo de compostagem, do início da Fase I (amostra 1) até o final da Fase II (amostragem 6), houve um decréscimo de 13 % no poder calorífico. Infere-se esta redução à degradação pelos microrganismos de materiais lignocelulósicos, alterando os teores de celulose e hemicelulose pela microbiota presente, com conseqüente redução de carbono dos compostos.

Estes resultados estão de acordo com Sharma (1991), que obteve também um decréscimo de 13% no poder calorífico durante a compostagem. Vale salientar que no trabalho apresentado por este autor, o poder calorífico no início da compostagem Fase I foi, em média, 3,7 kcal g<sup>-1</sup> de massa seca de composto, atingindo ao final da Fase II, 3,2 kcal g<sup>-1</sup> de massa seca de composto; as relações C/N situando-se em 40/1 e 17/1, respectivamente.

Este declínio no poder calorífico confirma a transformação de matéria orgânica durante a compostagem, tendendo a diminuir gradualmente à medida que esta avança da Fase I para a Fase II de compostagem.



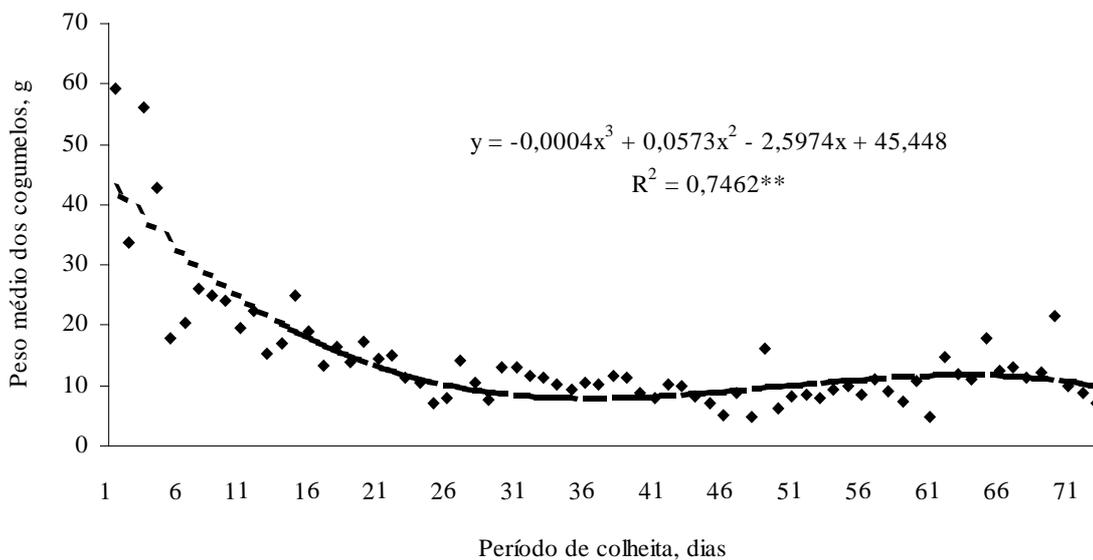
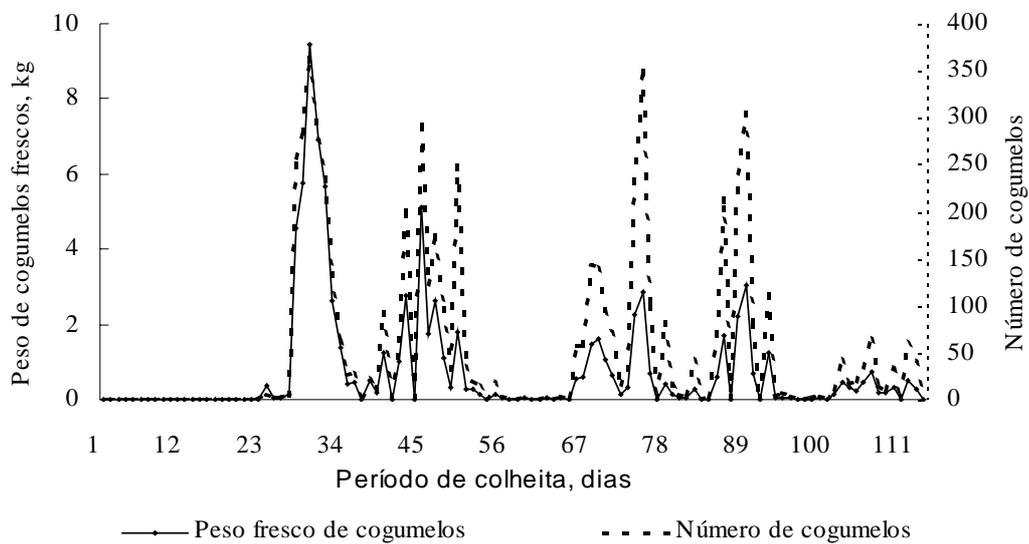


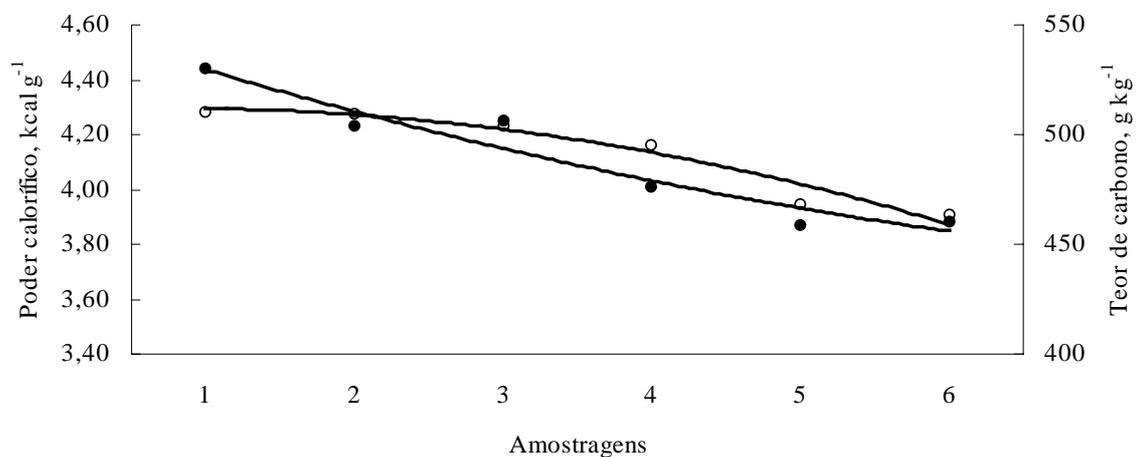
Figura 13 – Peso médio dos cogumelos frescos (g) em função do período de colheita.  
 \*\* Significância de 1%

Ainda Sharma (1991), observou um aumento relativo de lignina do início da Fase I para o final da Fase II, de 14 para 140 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto, enquanto que a celulose e a hemicelulose diminuíram de 35 para 25 g kg<sup>-1</sup> de 24 para 5 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto, respectivamente. Estes dados, segundo o autor, podem relacionar-se com poder calorífico do composto, sendo então, indicativos do grau de decomposição.

No Experimento 2, o decréscimo no poder calorífico pode também ser verificado na Figura 14. O teor médio de carbono do início da Fase I (amostragem 1) foi de 510 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto e ao final da Fase II (amostragem 6) foi de 460 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de composto; havendo decréscimo de 10%. Infere-se que a redução no teor de carbono durante a compostagem seja uma das causas do decréscimo no poder calorífico médio dos compostos que, neste mesmo período também foi de 10%.

Queiroz (2002) utilizou-se deste método para avaliação do poder calorífico de toros de eucalipto antes e após a produção de cogumelo *Lentinula edode*, e encontrou um ligeiro aumento no poder calorífico de toros de eucalipto, quando adicionado nitrogênio sob a forma de banhos de imersão. Para este aumento de poder calorífico, considerou-se a energia proveniente da incorporação de NH<sup>4+</sup> aos toros, ocasionando também o estreitamento da relação C/N. Outro fator relacionado ao aumento do poder calorífico, foi a hidrólise microbiana durante a decomposição.

Para este Experimento 2, o teor relativo de nitrogênio aumenta e o carbono diminui, conforme o aumento do tempo de compostagem, ocorrendo estreitamento da relação C/N, aumento do poder calorífico; discordando em parte com os resultados encontrados por Queiroz (2002).



● Poder calorífico  $y = -0,0086x^2 + 0,1781x + 4,6059$   $R^2 = 0,93^*$

○ Carbono  $y = -0,1937x^2 + 0,3011x + 51,08$   $R^2 = 0,95^*$

Uma hipótese para explicar tal efeito, é que mesmo com o aumento relativo e gradual do teor de nitrogênio durante a compostagem, o decréscimo do carbono foi em maior velocidade, ocasionando então pequena redução do poder calorífico do composto, estando de acordo com os resultados obtidos por Sharma (1991).

## 7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, nas condições de condução dos experimentos e nos objetivos propostos, conclui-se que:

- O período de condicionamento na Fase II influenciou a produtividade de *A. blazei*.
- A produtividade e eficiência biológica não diferiram significativamente em função de diferentes proporções de fontes nitrogenadas farelo de soja/uréia (4/1, 1,5/1 e 1/1,5), independente das relações C/N iniciais dos compostos; porém, observou-se uma tendência de melhores resultados quando se utilizou a proporção de 1,5/1.
- A relação C/N inicial influenciou a produtividade e eficiência biológica. Os compostos com relação C/N inicial de 27/1 e 31/1 (Experimento 1) e C/N inicial média de 37/1 (Experimento 2) obtiveram os melhores resultados.
- Houve uma tendência de períodos de colheita mais irregulares quando o composto foi formulado com proporções maiores de uréia.
- A qualidade dos cogumelos (peso médio) decresce em relação ao tempo de colheita.
- O poder calorífico dos compostos diminui quando a relação C/N é mais estreita.

-Há necessidade de metodologia adequada para determinação do teor de nitrogênio em compostos para produção de cogumelos.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

ACAROGLU, M., AKSOY, A. S., OGUT, H. The potential biomass and animal waste of turkey and the possibilities of these as fuel in thermal generating stations. *Energy Sources*, v. 21, p. 339-45, 1999.

ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 2.ed. New York: John Wiley, 1967. 467p.

BAHL, N. Supplementation of nitrogen in *Agaricus* compost by agro wastes. In: MAHER, M.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 1991. v.1, p. 201-3.

BONONI, V. L. R., CAPELARI, M., MAZIERO, R., TRUFEM, S. F. B. R. *Cultivo de cogumelos comestíveis*. São Paulo: Ícone, 1995. 206p.

---

\* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Normas para elaboração de dissertações e teses. Botucatu, 1997. 35p.

BRAGA, G.C. *Produtividade de Agaricus blazei Murrill em função do ambiente de cultivo, massa do substrato e camada de cobertura*. Botucatu. 1999. 73p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas,. Universidade Estadual Paulista.

BRAGA, G.C., EIRA, A.F., CELSO, P.G., COLAUTO, N.B. *Manual do cultivo de Agaricus blazei Murril., cogumelo-do-sol*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1998, 44p.

CALDEIRA, D. S. A. *Palhada residual de cana-de-açúcar (Saccharum spp) colhida mecanicamente (sem queima prévia): manejo, fertilização, influência no perfilhamento e produtividade da cultura*. Botucatu, 2002. 94p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CASTELLAN, G. W. *Físico química*. Rio de Janeiro: Livros Técnicas e Científicos, 1975. p. 109-214.

CELSO, P.G. *Interações entre Agaricus bisporus e microrganismos termófilos isolados do substrato de cultivo do cogumelo*. Araraquara, 1999. 84p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista.

CHANG, S. T. Global impact of Edible and medicinal mushrooms on human welfare in 21st century: nongreen revolution. *Int. J. Md. Mushrooms*. v.1, p. 1-7, 1999.

CHANG, S.T., MILES P. G. A new look at cultivated mushrooms. *BioScience*, v.34, p. 358-62, 1984.

CHANG, H., CHAO, G., CHEN, C., MAU, J. Non volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia. *Food chem.*, v.74, p. 203-7, 2001.

CORMICAN, T., STAUTON, L. Factors in mushroom (*Agaricus bisporus*) compost productivity. In: MAHER, M.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 1991. v.1, p.227-34.

COUTINHO, L. N. Doenças fúngicas e fungos competidores em cogumelos comestíveis do gênero *Agaricus*. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 3, 2000, Mogi das Cruzes. *Anais...* São Paulo: Instituto Biológico, 2000. p. 96-103.

CROCKFORD, H. D., KNIGHT, S. B. *Fundamentos de físico-química*,: Livros Técnicos e Científicos, 1977. 452p.

DEMIRBAS, A., GULLU, D., ÇAGLAR, A., AKDENIZ, F. Estimation of calorific values of fuels from lignocellulosics. *Energy Sources*, v. 19, p. 765-70, 1997.

DENADAI, R., ALVES DE LIMA, P.L., SALVADORI, D.M.F., EIRA, A.F., BAZO, A.P., RIBEIRO, L.R. The protective effect of mushroom (*Agaricus blazei*) teas on the genotoxicity induced by cyclophosphamide. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE MUTAGÊNESE, CARCINOGENÊNESE E TERATOGENÊNESE AMBIENTAL, 5, 1999, Curitiba. *Resumos... Genetics and Molecular Biology*, 1998. suplemento, v. 21, n. 3, p. 179.

DENADAI, R., ALVES DE LIMA, P.L., SUGUI, M.M., EIRA, A.F., SALVADORI, D.M.F. SPEIT, G., RIBEIRO, L.R. Antimutagenic effect of *Agaricus blazei* Murrill mushroom on the genotoxicity induced by cyclophosphamide. *Mutation Res.*, v.496, p.15-21, 2001.

DERIKX, P. J. L., OP DEN CHAMP, H. J. M., VAN DER DRIFT, C., VAN GRIESVEN, L. J. L. D., VOGELS, G. D. Odorous sulfur compounds emitted during production of compost used as a substrate in mushroom cultivation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1990., p.176-180.

DERIKX, P. J. L., OP DEN CAMP, H. J. M., VAN DER DRIFT, C., VAN GRIESVEN, L. J. L. D., VOGELS, G. D. Biomass and biological activity during the production of compost used as a substrate in mushroom cultivation. *Appl. Environ. Microbiol.*, p.3029-34, 1990.

DHAR, B.L. Mushroom composting for *Agaricus bisporus/bitorquis*. In: NAIR, M.C. (Ed.) *Advances in Mushroom Biotechnology*. Jodhpur: Scientific Publishers, 1994. p.84-90.

DIAS CORREIA, A. A. *Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens*. Fundação Kalouste Gulbenkian. Lisboa. 1980. 789p.

EIRA, A. F. Cultivo de cogumelos (compostagem, condução e ambiente). In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 3, 2000, Mogi das Cruzes. *Anais...* São Paulo: Instituto Biológico, 2000. p. 83-95.

EIRA, A. F., BRAGA, G. C. Técnicas de cultivo do champignon. In: EIRA, A.F., MINHONI, M.T.A (Coord.) *Manual teórico-prático de cultivo de cogumelos comestíveis*. 2.ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1997 p. 34-57.

EIRA, A.F., MINHONI, M.T.A. *Manual teórico-prático de cultivo de cogumelos comestíveis*. 2.ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais 1997. 115p.

ENSMINGER, M. E., OLDFIELD, J. E., HEINEMANN, W. W. *Feeds and nutrition*. 2°. ed. Clovis: Ensminger, 1990. p. 1263-512.

FERMOR, T.R., RANDLE, P.E., SMITH, J.F. Compost as a substrate and its preparation. In: FLEGG, P.B., SPENCER, D.M., WOOD, D.A. (Ed.) *The biology and technology of the cultivated mushroom*. Chichester: John Wiley, 1985. cap. 6, p. 81-109.

FIANI, A. L. *Uso do Agaricus blazei como alternativa de antibióticos na ração de frangos de corte como promotor de crescimento*. Jaboticabal, 2001, 70p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista

FIGUEIREDO, M. B., MUCCI, E. S. F. Doenças e pragas do cogumelo comestível (*Agaricus campestris* L.) *Biológico*. V. 51, n. 4. p. 93-111, 1985.

FUJIMIYA, Y., SUSUKI, Y., OSHIMAN, K. I., KOBORI, H., NAKASHIMA, H., MATUMOTO, Y., TAKAHARA, S., EBINA, T., KATAKURA, R. Selective tumoricidal effect of soluble proteoglycans extracted from the basidiomycete, *Agaricus blazei* Murill, mediated via natural killer cell activation and apoptosis. *Cancer Immunol. Immunother.*, v. 46, p.147-59, 1998.

GAVA, G. J.C, TRIVELIN, P. O. C., OLIVEIRA, M. W., VITTI, A. C., PENATTI, C. P. Perdas de amônia proveniente da mistura de vinhaça e uréia aplicada ao solo com e sem cobertura de palha de cana-de-açúcar. *STAB*, v.19, n.3, p.40-2, 2001.

GEELS, F.P. Pests and diseases. In: VAN GRIENSVEN, L.J.L.D.(Ed.) *The cultivation of mushrooms*. Horst: Mushroom Experimental Station, 1988. p.382-5.

GERRITS, J. P. G. Nutrition and compost. In: VAN GRIENSVEN, L.J.L.D.(Ed.) *The*

*cultivation of mushrooms*. Horst: Mushroom Experimental Station, 1988. p.29-72.

GERRITS, J. P. G. The significance of gypsum applied to mushroom compost. *The Neth. J. Agric. Sci.*, v.25, p.288-302, 1977.

GERRITS, J. P. G., Trends in composting. *Mushroom J.*, n.508, p.46-51, 1992.

GERRITS, J.P.G.; VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. New developments in Indoor composting. *Mushroom J.*, n.205, p.21-9, 1990.

GERRITS, P. G., AMSING, J. G. M. Water relations in indoor compost. In: MAHER, M.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 1991. v.1, p.181- 6

GLÓRIA, N. A., BARRETO, M. C. V., MORAES, C. J., MATIAZZO PREZOTO, C. D. Avaliação do gesso e de alguns fosfatos como inibidores da volatilização de amônia de esterco. *Ver. Bras. Cienc. Solo*, v.15, p. 297-301, 1991.

GULLIVER, A., MILLER, F. C., HARPER, E., MACAULEY, B.J. Environmentally controlled composting on a commercial scale in Australia. *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, v. 1, p.155- 64, 1991.

HUSSEY, N. W., READ, W. H., HESLING, J. J. Insect Pests of mushrooms. In: \_\_\_\_ *The*

*pests of protected cultivation*. London: Edward Arnold Publishers, 1969. p.305-37.

IWADE, I., MIZUNO, T. V. cultivation of kawariharatake (*Agaricus blazei* Murill). *Food Ver. Int.*, v.13, p.383-90, 1997.

KALBERER, P. P. Water relations of the mushroom culture *Agaricus bisporus*: study of a single break. *Sci. Hortic.*, (Wageningen), v.41, p. 277-83. 1990.

KALBERER, P. P. Water relations of the mushroom culture (*Agaricus bisporus*: influence on the crop yield and on the dry matter content of the fruit bodies. In: MAHER, M.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 1991. v.1, p.269-74.

KAWAGISHI, H., INAGAKI, R., KANAO, T., MIZUNO, T., SHIMURA, K., ITO, H., HAGIWARA, T., NAKAMURA, T. Fractionation and antitumor activity of the water-insoluble residue of *Agaricus blazei* fruiting bodies. *Carbohydr. Res.*, v.186, p.267-73, 1989.

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

KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba: E. J. KIEHL, 1998. 171p.

KOPYTOWSKI FILHO, J., MINHONI, M. T., EIRA, A. F., SILVEIRA, A. R. Efeito da densidade de substrato por área de cultivo na produtividade de *Agaricus blazei* Murrill. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 21, 2001, Foz do Iguaçu. *Resumos...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2001. p. 351.

LABORDE, J., LANZI, G., FRANCESCUTTI, B., GIORDANI, E. Indoor composting: general principles and large scale development in Italy. In: CHANG, S.T., BUSWELL, J.A., CHIU, S.W. (Ed.) *Mushroom biology and mushroom products*. Hong Kong: The Chinese University Press, 1993. p.93-113.

LABORDE, J., OLIVIER, J.M., HOUDEAU, G., DELPECH, P. Indoor static composting for mushroom cultivation. Symposium of Scientific and Technical Aspects of Cultivating Edible Fungi., 1, 1987, Pennsylvania. *Proceedings...* Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1987. p. 91-9.

LEVANON, D., DANAI, O., MASAPHY, S. Chemical and physical parameters in recycling organic wastes for mushroom production. *Biol Wastes*, v. 26, p.341-8, 1988.

LIMA, L. M. Q. Compostagem. In: \_\_\_\_\_.*Tratamento de lixo*. São Paulo: Hemus, 1990. p.71-116.

LIU, F., OOI, V. E. C., LIU, W. K., CHANG, S. T. Immunomodulation and antitumor activity of polysaccharide-protein complex from the culture filtrates of a local edible mushroom, *Tricholoma lobayense*. *Gen. Pharmacol.*, v. 27, p.621-24, 1996.

MENOLI, R.C.R., MANTOVANI, M.S., ALVES DE LIMA, P.L., RIBEIRO, L.R., SPEIT, G., JORDAO, B.Q. Antimutagenic effects of the mushroom *Agaricus blazei* Murrill extracts on V79 cells. *Mutat. Res.*, v.496, p.5-13, 2001.

MILLER, F. C., HARPER, E. R.; MACAULY, B. J.; GULLIVER, A. Composting based on moderately thermophilic and aerobic conditions for the production of commercial mushroom growing compost. *Austr. J. Exp. Agric.*, v.30, p.287-96, 1990.

MILLER, F. C., MACAULEY, B.J. Odours arising from mushroom composting: a review. *Aust. J. Exp. Agric.*, v.28, p.553-60, 1988.

MILLER, F.C., MACULEY, B.J. Substrate usage and odours in mushrooms composting. *Aust. J. Exp. Agric.*, v.29, p.119-24, 1989.

MIZUNO, M., MORIMOTO, M., MINATAC, K., TSUCHIDA, H. Polysaccharides from *Agaricus blazei* stimulate lymphocyte T-cell subsets in mice. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, v.62, p.434-7, 1998.

NAIR, N.G., PRICE, G. A composting process to minimise odour pollution. In: MAHER, M.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 1991. v.1, p. 205-6.

NEVES, M. A. *Caracterização ecológica, fisiológica e genética de Agaricus blazei Murrill, através de estirpes provenientes de diferentes empresas de produção de cogumelos*. Florianópolis, 2000. 69p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina.

NOBLE, R., GAZE, R. H. Controlled environment composting for mushroom cultivation: substrates based on wheat and barley straw and deep litter poultry manure. *Journal of Agric. Sci.* v.123, p.71-9. 1994.

NOBLE, R., GAZE, R. H. Preparation of mushroom (*Agaricus bisporus*) composts in controlled environments: factors influencing compost bulk density and productivity. *Int. Biodeterior. & Biodegradation*. p.93-100, 1996.

OP DEN CHAMP, H. J. M., POL, A., VAN DER DRIFT, C., VOGELS, G. D., GERRITS, J. P. G. V VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. Production of odorous sulphur compounds during indoor compost preparation and overview of possible air treatments. In: ELLIOTT, T.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 1995. v.1, p.181-7.

PEREIRA NETO, J. T. Conceitos modernos de compostagem. *Ver. Eng. Sanitária*, v.28, n.2, p.104-9, 1989.

PEREIRA NETO, J.T. *Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas*. In: VILELA, E.F., SANTOS, L.C. (Ed.). *Agricultura e meio ambiente*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, NEPEMA, 1994. p. 61-74

PERRIN, P. S., MACAULEY, B. J. Positive aeration of conventional (Phase I) mushroom compost stacks for odour abatement and process control. In: ELLIOTT, T.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 1995. v.1, p.223-34.

PETURA, R. C. *Thermodynamic data for waste incineration*. New York: American society of mechanical engineers, 1979. 240p.

QUEIROZ, E. C. *Efeito da suplementação mineral na conversão de energia e produtividade do shitake em toros de eucalipto*. Botucatu. 2002. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

RAJARATHNAM, S., SHASHIREKA, M. N., BANO, Z. Biopotentialities of the basidiomycetes. *Adv. Appl. Microbiol.*, v. 37, p.233-361, 1992.

RANDLE, P.E., SMITH, J.F. Formulations for short-duration mushroom composts.

*Sci.Horticulturae*, v.28, p.37-45, 1986.

ROSS, R.C., HARRIS, P.J. An investigation into the selective nature of mushroom compost.

*Sci. Horticulturae*, v.19, p.55-64, 1983.

SAVOIE, J. M., MINVIELLE, N., CHALAUX, N. Changes in N availability and effects of ammonia during composting. In: ELLIOTT, T.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*.

Rotterdam: Balkema, 1995. v.1, p.275-82.

SHARMA, H. S. S. Biochemical and thermal analyses of mushroom compost during preparation. In: MAHER, M.J. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam:

Balkema, 1991. v.1, p.169- 79.

SNEDCOR, G. W. E., COCHRAN, W. G. *Statiscal methods*. 6.ed. The Iwoa State University.

Press, 1972. 325p.

STRAATSMA, G. et al. Ecology of thermophilic fungi in mushroom compost, with emphasis on *Scytalidium thermophilum* and growth stimulation of *Agaricus bisporus* mycelium.

*Appl. Environ. Microbiol.*, v.60, p.454-8, 1994a.

STRAATSMA, G. OLIJNSMA, T. W., GERRITS, J. P. G., AMSING, J. G. M., OP DEN CAMP, H. J. M., VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. Inoculation of *Scytalidium thermophilum* in button mushroom compost and its effect on yield *Appl. Environ. Microbiol.*, v.60, p.3049-54, 1994b.

STRAATSMA, G., GERRITS, J. P. G., AUGUSTIJN, M. P. A. M., OP DEN CAMP, H. J. M., VOGELS G. D., VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. Population dynamics of *Scytalidium thermophilum* in mushroom compost and stimulatory effects on growth rate and yield of *Agaricus bisporus*. *J. Gen. Microbiol.*, v.135, p.751-9, 1989.

STRAATSMA, G., GERRITS, J. P. G., THISSEN, J. T. N. M., AMSING, J. G. M., LOEFFEN, H, VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. Adjustment of the composting process for mushroom cultivation based on initial substrate composition. *Biores. Techno.*, v.72, p. 67-74, 2000.

VAN AS, A. M. M., VAN DULLEMAN, E. Mechanization and equipment. In: VAN GRIENSVEN, L.J.L.D. (Ed.) *The cultivation of mushroom*. Sussex: Darlington Mushroom Laboratories, 1988. p.309-59.

VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. (Ed.) *The cultivation of mushrooms*. Horst: Mushroom Experimental Station, 1988. p.36-7.

VAN LOON, P. C. C., SWINKELS, H. A. T. I., VAN GRIESVEN, L. J. L. D. Dry matter content in mushrooms (*Agaricus bisporus*) as an indicator for mushroom quality. In: VAN GRIESVEN, L.J.L.D. (Ed.) *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Balkema, 2000. v.2, p. 507-13.

VEDDER, P. J. C. *Cultivo moderno del champignon*. Madrid: Mundi Prensa, 1978. 369p.

VIJAY, B., GUPTA, Y. Microflora of *Agaricus bisporus* compost. In: NAIR, M.C. (Ed.) *Advances in mushroom biotechnology*. Jodhpur: Scientific Publishers, 1994. p.91-9.

WHITE, P. F. Pests and pesticides. In: FLEGG, P. B., SPENCER, D. M., WOOD, D. A.. (Ed.) *The biology and technology of the cultivated mushroom*. New York: John Wiley, 1985. p.279-94.