



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

ALINE PISSINATI

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO:  
PRODUÇÃO DE MASSA SECA E NUTRIENTES E SEU USO  
COMO SUBSTRATO DE MUDAS DE HORTALIÇAS**

---

Londrina  
2015

ALINE PISSINATI

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO:  
PRODUÇÃO DE MASSA SECA E NUTRIENTES E SEU USO  
COMO SUBSTRATO DE MUDAS DE HORTALIÇAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutora em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Adônis Moreira

Londrina  
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

P678p Pissinati, Aline.

Plantas de cobertura de verão : produção de massa seca e nutrientes e seu uso como substrato de mudas de hortaliças / Aline Pissinati. – Londrina, 2015.  
101 f. : il.

Orientador: Adônis Moreira.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015.  
Inclui bibliografia.

1. Adubação verde – Teses. 2. Cultivos de cobertura – Teses. 3. Plantas – Nutrientes – Teses. 4. Hortaliças – Tese. 5. Agricultura orgânica – Teses. I. Moreira, Adônis. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 631.874

ALINE PISSINATI

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO:  
PRODUÇÃO DE MASSA SECA E NUTRIENTES E SEU USO COMO  
SUBSTRATO DE MUDAS DE HORTALIÇAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Adônis Moreira  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. Sérgio Luiz Gonçalves  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -  
EMBRAPA

---

Prof. Dr. Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. André Rodrigues dos Reis  
Universidade Estadual Paulista - UNESP

---

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dra. Larissa Alexandra Cardoso Moraes  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -  
EMBRAPA

Londrina, 22 de Setembro de 2015.

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus familiares e a todos os guerreiros  
que enfrentam uma pós-graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente a Deus, não só pela oportunidade em fazer esse Doutorado, mas principalmente pela força, saúde e fé que me proporcionou a cada dificuldade encontrada nesse período. E graças a 'Ele', estou conseguindo conquistar mais essa vitória.

Quero agradecer, especialmente, a Cidinha, que fez alguns "milagres" nesse período, tornando possível o aumento no tempo dedicado a escrita dessa tese. Nunca me esquecerei disso.

Agradeço a Universidade Estadual de Londrina e todo o corpo docente da Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar mais essa etapa da minha vida. Também ao CNPq pela bolsa concedida no início do curso.

Agradeço também ao meu orientador, Dr. Adônis, que desde o início, sabendo de minha situação, não me abandonou e sempre me motivou a continuar. Por ele, eu não desisti...

A Dra e amiga Pati, agradeço infinitamente por me acolher junto a sua equipe, por me aconselhar tantas e tantas vezes em momentos delicados, por compartilhar momentos de lazer extremamente divertidos, enfim, pela pessoa amiga, paciente e especial que foi durante esse tempo.

Gostaria de agradecer a meus pais, Fátima e Antonio, por toda dedicação que tiveram não só nesse período, mas ao longo de minha vida acadêmica e profissional. Sem eles, eu não conseguiria...

Também agradeço a todos os familiares e amigos pelos momentos de desabafo e também de distração e divertimento. Em especial ao Di, que me ajudou a facilitar algumas etapas desse trabalho.

Muito obrigada a todos!

Quanto mais obstáculos colocarem em meu caminho, mais Força eu terei para enfrentá-los e mais saborosa será minha vitória.

PISSINATI, Aline. **Plantas de cobertura de verão**: produção de massa seca e nutrientes e seu uso como substrato de mudas de hortaliças. 2015. 101f. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

## RESUMO

Os objetivos desse estudo foram identificar a época de corte de plantas de cobertura de verão com maior produtividade de massa seca e acúmulo nutricional, para uso em sistema plantio direto, e posteriormente avaliar a mistura dessas plantas compostadas como substrato para mudas de hortaliças orgânicas. As espécies utilizadas em ambos os experimentos foram as leguminosas *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* e *Mucuna aterrima*, semeadas em 19/11/2010, e a gramínea *Sorghum bicolor*, semeada em 28/12/2010. No primeiro experimento foram determinadas a massa fresca (MF) e seca (MS), e a composição química do tecido vegetal da parte aérea de cada uma em cinco épocas de manejo. No segundo, o experimento foi dividido em três etapas: produção das plantas; compostagem da mistura de cada leguminosa com a gramínea; e uso desses compostos na produção de mudas de hortaliças. Foram avaliadas a relação C:N e a composição química do tecido vegetal nas duas primeiras etapas além das características fitotécnicas, MF e MS da parte aérea e das raízes na terceira etapa. O substrato comercial isolado (COM) e adicionado a adubo de liberação lenta (ComALL) também foram avaliados. No primeiro experimento, a produtividade de MF aumentou com o tempo na maioria das espécies e os maiores valores obtidos até os 98 dias após a semeadura (DAS) foram com *C. juncea* e *S. bicolor*, que também produziram mais MS no mesmo período. Os teores nutricionais diminuíram com o tempo e os acúmulos aumentaram, destacando-se *C. cajan*. O acúmulo de N foi maior nas leguminosas e *C. juncea* foi a que mais acumulou Zn e Mn. Na primeira fase do segundo experimento, *M. aterrima* apresentou maior teor nutricional e a relação C:N, a produção de MF e MS foram superiores em *S. bicolor*. Na segunda etapa, o composto formado por *M. aterrima* + *S. bicolor* (MucSor) apresentou os maiores teores de alguns nutrientes e os substratos COM e ComALL os menores. Porém, ambos proporcionaram valores de pH mais próximos de 6,5, além dos menores valores de condutividade elétrica, respectivamente 0,5 e 1,2 dS m<sup>-1</sup>, e o COM a maior capacidade de retenção de água, 98%. Somente a densidade de GuaSor (*C. cajan* + *S. bicolor*) foi inferior a 0,5 g cm<sup>-3</sup> e sua granulometria apresentou maior quantidade de partículas superiores a 2 mm. Na terceira etapa, a maioria das características da alface foi superior nos compostos de leguminosa e gramínea do que no COM, assim como no brócolis. Para couve e repolho, os compostos foram intermediários entre o ComALL (valores superiores), e o COM, sendo que para a couve, MucSor proporcionou algumas características similares a ComALL. Por isso, as mudas de couve poderiam ser produzidas no composto MucSor, as de alface e brócolis em qualquer um deles e as de repolho não se adaptam muito bem a esses substratos. Também, *S. bicolor* proporciona maior cobertura do solo por maior período, enquanto *C. cajan* é a que mais cicla nutrientes.

**Palavras-chave:** Adubo verde. Fitomassa. Acúmulo de nutrientes. Substrato orgânico. Agricultura orgânica. Agroecologia.

PISSINATI, Aline. **Summer cover crops: dry weight and nutrient yield and its use for substrate of vegetables seedlings.** 2015. 101p. Thesis (Doctor's Degree in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2015.

## ABSTRACT

The aims of this study were to identify the cutting time of summer cover crops with highest dry weight yield and nutrient accumulation, to use in no-tillage systems, and then assess the mixture of these composted plants as substrate for organic vegetables seedlings. In both experiments we tested the legumes *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* and *Mucuna aterrima*, sowed in 11/19/2010 and the grass *Sorghum bicolor* sowed in 12/28/2010. In the first experiment the fresh (FW) and dry weight (DW) yield, and the chemical composition of the shoot tissue of each plant in five cutting times were determined. In the second, the experiment was divided in three stages: production of plants; composting of the mixture of each legume and the grass; and use of these compounds in the vegetable seedlings yield. We evaluated the C:N ratio and the chemical composition of plant tissue in the first two stages, besides some phytotechnical features, FW and DW of shoots and roots in the third stage. A commercial substrate alone (COM) and added to slow release fertilizer (ComSRF) were also assessed. In the first experiment, FW yield increased with time in most species and *C. juncea* and *S. bicolor* had the highest values until 98 days after sowing (DAS), which also produced more DW in the same period. The nutritional content decreased with time and the accumulation increased, highlighting *C. cajan*. The N accumulation was higher in legumes and *C. juncea* accumulated more Zn and Mn. In the first stage of the second experiment, *M. aterrima* had higher nutritional content, and C:N ratio, the FW and DW yield were higher in *S. bicolor*. In the second stage, the compound formed by *M. aterrima* + *S. bicolor* (MucSor) had the highest level of some nutrients and the substrates COM and ComSRF the lowers. However, both provided pH values closer to 6,5, and the lowest electrical conductivity, respectively 0.5 and 1.2 ds m<sup>-1</sup>, and the COM greater water retention capacity, 98%. Only GuaSor (*C. cajan* + *S. bicolor*) density was lower than 0.5 g cm<sup>-3</sup> and its particle size were larger than 2 mm. In the third stage, most traits of the lettuce was greater in the compounds of legumes and grass than the COM, as well as broccoli. For kale and cabbage, the compounds were intermediate between ComSRF (higher values), and COM, and for kale, MucSor provided some similar features to ComSRF. Therefore, kale seedlings could be produced in MucSor compound, the lettuce and broccoli in any one substrate and the cabbage do not grow very well in these substrates. Also, *S. bicolor* provides greater ground cover for a longer period, while *C. cajan* cycle more nutrients.

**Key-words:** Green manure. Phytomass. Nutrient accumulation. Organic substrate. Organic agriculture. Agroecology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 3.1** Dados diários de temperaturas máxima (T. MAX) e mínima (T. MIN) do ar; precipitação pluviométrica (PREC.) no período de Novembro/2010 a Abril/2011 em Londrina, Paraná; épocas de avaliação de crotalária, guandu e mucuna e semeadura e épocas de avaliação de sorgo.....46
- Figura 4.1** Distribuição do tamanho de partículas dos substratos derivados da compostagem de plantas de cobertura (CroSor: Crotalaria juncea + Sorghum bicolor; GuaSor: Cajanus cajan + S. bicolor; MucSor: Mucuna aterrima + S. bicolor) e do substrato comercial Mecplant® (COM). Londrina, 2011. ....79

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b>	Ciclo, florescimento, área cultivada, espaçamento entrelinhas, densidade de sementes, data de semeadura e épocas de avaliações das espécies utilizadas. Londrina, 2010/11.....	46
<b>Tabela 3.2</b>	Produtividade de massa fresca e seca (t ha <sup>-1</sup> ) de plantas de cobertura em diferentes épocas de avaliação. Londrina, 2010/11 .....	49
<b>Tabela 3.3</b>	Relação C/N e composição química (N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn) da parte aérea de plantas de cobertura em diferentes épocas de avaliação. Londrina, 2010/11 .....	52
<b>Tabela 3.4</b>	Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura em diferentes épocas de avaliação. Londrina, 2010/11.....	57
<b>Tabela 4.1</b>	Relação C:N, composição química (N, P, K, Ca, Mg - g kg <sup>-1</sup> - Cu, Zn, B e Mn - mg kg <sup>-1</sup> ) e produtividade de massa fresca (MF) e seca (MS) (t ha <sup>-1</sup> ) das plantas de cobertura na época de corte para a montagem das pilhas de compostagem. Londrina, 2011. ....	73
<b>Tabela 4.2</b>	Relação C:N e composição química (N, P, K, Ca, Mg - g kg <sup>-1</sup> - Cu, Zn, B e Mn - mg kg <sup>-1</sup> ) dos substratos derivados da compostagem de plantas de cobertura. Londrina, 2011. ....	73
<b>Tabela 4.3</b>	pH em água, condutividade elétrica (CE) (dS m <sup>-1</sup> ) e capacidade de retenção de água (CRA) (%) dos substratos derivados da compostagem de plantas de cobertura e do substrato comercial sem e com adubo de liberação lenta. Londrina, 2011. ....	77
<b>Tabela 4.4</b>	Efeito de diferentes substratos na emergência de plântulas (EP) (%), número de folhas (NF), altura da parte aérea (APA) (cm), comprimento de raiz (CR) (cm), massa fresca da parte aérea (MFPA) (g), massa fresca da raiz (MFR) (g), massa seca da parte aérea (MSPA) (g) e massa seca da raiz (MSR) (g) de alface, brócolis, couve e repolho. Londrina, 2012. ....	81

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1	AGRICULTURA ORGÂNICA .....	14
2.2	PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS NO ESTADO DO PARANÁ .....	17
2.3	PRODUÇÃO DE MUDAS DE HORTALIÇAS .....	18
2.4	SUBSTRATOS .....	20
2.5	COMPOSTAGEM .....	21
2.6	ADUBAÇÃO VERDE .....	24
2.7	SISTEMA SEMEADURA DIRETA.....	27
2.8	ESPÉCIES DE ADUBOS VERDES E FORRAGEIRAS.....	28
2.8.1	Leguminosas .....	29
2.8.1.1	Guandu ( <i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp) .....	29
2.8.1.2	Crotalária ( <i>Crotalaria juncea</i> L.) .....	30
2.8.1.3	Mucuna Preta ( <i>Mucuna aterrima</i> Piper & Tracy) .....	31
2.8.2	Graminea.....	32
2.8.2.1	Sorgo forrageiro ( <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) .....	33
2.9	HORTALIÇAS.....	34
2.9.1	Alface crespa ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	34
2.9.2	Brassicáceas .....	35
2.9.2.1	Brócolis ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck).....	36
2.9.2.2	Couve ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i> D. C.).....	37
2.9.2.3	Repolho ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.).....	38
<b>3</b>	<b>ARTIGO A: FITOMASSA, CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ACÚMULO NUTRICIONAL DE PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO PARA SISTEMA PLANTIO DIRETO</b> .....	<b>41</b>
3.1	RESUMO E ABSTRACT.....	41
3.2	INTRODUÇÃO .....	42
3.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	45
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
3.4.1	Produtividade de Massa Fresca e Seca das Plantas de Cobertura.....	48

3.4.2	Caracterização Química das Plantas de Cobertura.....	51
3.4.3	Acúmulo de Nutrientes .....	55
3.5	CONCLUSÕES .....	61
<b>4</b>	<b>ARTIGO B: PRODUÇÃO DE MUDAS DE HORTALIÇAS UTILIZANDO SUBSTRATOS DA COMPOSTAGEM DE PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO .....</b>	<b>64</b>
4.1	RESUMO E ABSTRACT.....	64
4.2	INTRODUÇÃO .....	66
4.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	68
4.3.1	1ª Etapa: Produção de Plantas de Cobertura de Verão .....	69
4.3.2	2ª Etapa: Compostagem das Misturas de Leguminosa e Gramínea .....	70
4.3.3	3ª Etapa: Podução de Mudanças de Hortaliças nos Diferentes Substratos .....	71
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	72
4.4.1	1ª Etapa: Produção de Plantas de Cobertura de Verão .....	72
4.4.2	2ª Etapa: Compostagem das Misturas de Leguminosa e Gramínea .....	75
4.4.3	3ª Etapa: Podução de Mudanças de Hortaliças nos Diferentes Substratos .....	80
4.5	CONCLUSÕES .....	85
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O uso equivocado das técnicas de produção agrícola utilizadas na “Revolução Verde”, ocorrida entre os anos de 1960-1970, causaram vários problemas, aos solos, as florestas, a biodiversidade, provocando a contaminação de águas, solos, campos, animais, alimentos e do próprio homem.

Na tentativa de contornar esses problemas, a agricultura orgânica vem sendo utilizada, principalmente no intuito de reduzir o uso de agrotóxicos e de adubos quimicamente processados, produtos indispensáveis e altamente utilizados pela atual agricultura convencional.

A agricultura orgânica é mais bem desenvolvida e rentável em pequenas propriedades, como as do Estado do Paraná, em que mais de 90% delas possuem menos de 50 hectares. Além disso, nestas áreas, a olericultura também é uma boa opção ao cultivo tradicional de grãos, que muitas vezes não é economicamente viável, por não permitir a produção em larga escala.

Entre os principais produtos provindos de sistemas agrícolas orgânicos estão as hortaliças. Isso se deve principalmente a sua característica de ciclo rápido e obtenção de renda o ano todo. No entanto, algumas limitações comprometem seu processo produtivo, como a falta de substratos adequados, que não contenham adubos solúveis, proibidos na agricultura orgânica. Para a produção de mudas de hortaliças de qualidade, é necessário que o substrato seja apropriado e apresente quantidade adequada de água e nutrientes.

Os compostos orgânicos de origem animal e vegetal são bons fornecedores de nutrientes para as plantas e, por isso, podem ser utilizados como substratos em sistemas orgânicos. Porém, é necessário conhecer sua origem para garantir a rastreabilidade de todo o processo. Sendo assim, a aquisição de material provindo de sistemas convencionais, sem o conhecimento de sua origem pode prejudicar essa garantia, caso apresente resíduos de agrotóxicos ou de outras substâncias proibidas na agricultura orgânica.

Uma maneira de garantir essa rastreabilidade seria a produção do material a ser utilizado no processo de compostagem pelo próprio agricultor. Ele poderia utilizar espécies de plantas de cobertura na obtenção de material para a compostagem, já que elas possuem grande potencial na produção de biomassa, ampla adaptabilidade edafoclimática e poder de ciclagem dos nutrientes.

Essas características das plantas de cobertura fazem com que elas sejam utilizadas também no Sistema Plantio Direto (SPD), prática conservacionista de manejo do solo que possibilita a semeadura de uma cultura em solo coberto por restos vegetais da espécie implantada anteriormente. Os objetivos dessa prática são proteger o solo de intempéries climáticas e melhorar suas propriedades químicas, físicas e biológicas.

Por isso, o manejo dessas espécies no momento adequado e de acordo com as necessidades da área de produção e do agricultor tornam o SPD mais eficiente e conseqüentemente, o rendimento da cultura econômica principal será aumentado. Além disso, o desenvolvimento de substratos para produção de mudas de hortaliças, utilizando-se essas plantas de cobertura, possibilitam ao agricultor produzir estes insumos com garantia de rastreabilidade e redução da dependência de recursos externos a sua propriedade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AGRICULTURA ORGÂNICA

A inovação dos fertilizantes químicos em 1840, alcançada através dos estudos realizados por Justus von Liebig, com a teoria da nutrição mineral das plantas, aliada ao conhecimento científico e tecnológico proporcionou diversas inovações que levaram a um aumento da capacidade do homem de controlar as variáveis da natureza de acordo com o interesse produtivo. Com o passar do tempo, ocorreu uma especialização cada vez maior, surgindo os monocultivos e, com eles, os agroquímicos, devido as necessidades advindas de tal sistema (MAZZOLENI; NOGUEIRA, 2006).

O conjunto de práticas tecnológicas, como os fertilizantes químicos, agrotóxicos, variedades geneticamente melhoradas, irrigação e motomecanização, chamado de pacote tecnológico, viabilizou os sistemas monoculturais em larga escala por volta dos anos de 1960 a 1970, o que é conhecido como 'Revolução Verde'. Essa concepção foi seguida pelos governos dos países subdesenvolvidos e por instituições internacionais como sendo a solução para os problemas da fome e da miséria (EHLERS, 1994).

Na Revolução Verde a agricultura é simplificada e qualquer ambiente é adequado para receber um manejo padronizado por pacotes tecnológicos. Porém, devido a forma incorreta com que foi utilizada, provocou danos e degradação de vários serviços do ecossistema: erosão e perda da fertilidade dos solos, destruição florestal, dilapidação do patrimônio genético e da biodiversidade, contaminação dos solos, da água, dos animais silvestres, do homem, do campo e dos alimentos (EHLERS, 1994).

Aliado a isso, o efeito estufa, um dos principais condicionantes da temperatura e, conseqüentemente, do clima na Terra, tem provocado o aquecimento global e certamente causará alterações na distribuição das chuvas e na duração das estações, além de aumento do nível do mar e das tempestades (BRADY; WEIL, 2013, p. 426)

Isso tudo pareceu ser suficiente para que novos modelos de

desenvolvimento rural fossem pensados, articulados e colocados em prática. Neste sentido, a agroecologia como uma ciência transdisciplinar é capaz de implementar e promover a transição de modelos de agricultura mais tecnificados, para a construção de modelos de base ecológica, mais justos, solidários e ambientalmente sustentáveis (MELÃO, 2011).

Nesse sentido, a agricultura orgânica se propõe a evitar o uso de herbicidas, pesticidas e fertilizantes químicos, que têm o potencial de poluir a terra, o ar e a água, e promove uma abordagem mais ecológica para a agricultura, manejando adequadamente os nutrientes, pragas e plantas daninhas (ADL; IRON; KOLOKOLNIKOV, 2011). Este modelo tem em sua fundamentação teórica, a partir de Sir Albert Howard (HOWARD, 2007), a concepção de que o solo é o elemento fundamental para o crescimento das plantas e que, portanto, a conservação da fertilidade assume importância para o desenvolvimento de uma agricultura permanente (MELÃO, 2010).

Essa prática utiliza e mantém os serviços do ecossistema e, portanto, é mais sustentável do que a agricultura convencional, contribuindo de forma significativa para o fornecimento de alimentos. Além disso, este tipo de conhecimento ecológico pode ser facilmente transferido para pequenas áreas em países menos desenvolvidos, devido à não disponibilidade de recursos (SANDHU; WRATTEN; CULLEN, 2010).

A agricultura orgânica tem como objetivos reduzir a pobreza, promovendo o sustento através do aumento da renda; aumentar os fluxos de serviços do ecossistema das áreas rurais ocupadas por pequenos agricultores e/ou agricultura familiar e proporcionar a melhoria da segurança alimentar (TWAROG, 2006; KILCHER, 2007; UNCTAD-UNEP, 2008). Por isso, a adoção desse sistema nos países em desenvolvimento tem sido considerada com o propósito de trazer benefícios econômicos, sociais e culturais (TWAROG, 2006).

Porém, os potenciais benefícios que a agricultura orgânica pode oferecer aos pequenos produtores são discutíveis, visto que a adoção de um sistema com níveis de rendimento, muitas vezes, inferiores (GOKLANY, 2002), reduzidas taxas de germinação e de crescimento das plantas, maior perda da produção por doença (ADL; IRON; KOLOKOLNIKOV, 2011) e altos custos de certificação (BARRETT et al., 2002) podem prejudicá-los, tornando a agricultura orgânica não tão rentável. Também a redução de custos a partir da suspensão do

uso de agrotóxicos e fertilizantes depende se os agricultores são capazes de produzir o seu próprio composto ou se eles praticam a substituição de insumos (UNCTAD-UNEP, 2008). Da mesma forma ocorre com a capacitação da mão de obra, se os proprietários fazem todas as tarefas ou são obrigados a contratar trabalhadores (OELOFSE et al., 2010).

Embora existam esses problemas na agricultura orgânica, na convencional a erosão do solo, o esgotamento da matéria orgânica, a reduzida retenção de água e nutrientes, e a bioacumulação de poluentes agrícolas tóxicos, em seus níveis atuais podem torná-la insustentável. Tanto que, de acordo com ANVISA (2014), das 1.397 amostras de culturas (abobrinha, alface, feijão, fubá de milho, tomate e uva) coletadas no país e analisadas nos Laboratórios Centrais de Saúde Pública (Lacens), 25% dos resultados foram considerados insatisfatórios por apresentarem resíduos de produtos não autorizados (PNA), ou autorizados, mas em concentrações acima do Limite Máximo de Resíduo (LMR). Na alface, das 249 amostras analisadas, 39% apresentavam resíduos de PNA, 0,8% com resíduos de agrotóxicos acima dos limites máximos autorizados e 5% com as duas irregularidades. No Estado do Paraná, das 58 amostras avaliadas, 15 foram consideradas insatisfatórias, sendo que três das nove amostras de alface apresentaram resultados insatisfatórios.

Por esta razão e, principalmente, pela consciência da importância na saúde humana, os consumidores tem sido atraídos pelos produtos orgânicos, pois são mais saudáveis e seguros já que não contem resíduos de produtos químicos potencialmente nocivos. Isso também os torna menos prejudiciais a todo o ambiente (ADL; IRON; KOLOKOLNIKOV, 2011).

Com essa procura, o setor da agricultura orgânica vem apresentando crescimento ao longo dos últimos anos, tanto em área como em produção. No âmbito mundial, o mercado de alimentos orgânicos movimentou cerca de US\$ 63 bilhões de dólares em 2011, com mais de 37 milhões de hectares cultivados sob manejo orgânico em aproximadamente 160 países (WILLER; LERNOUD; KILCHER, 2013).

No Brasil, em 2011, 1,8 milhões de hectares foram cultivados em sistema orgânico certificado, sendo que na região Norte 50% da área total foi manejada de forma orgânica e 35,5% das unidades de produção sob esse sistema. A região Sul também se destacou, com 20% das unidades de produção sob manejo

orgânico, porém somente 1,2% da área total sob tal sistema de cultivo (WILLER; LERNOUD; KILCHER, 2013). Isso ocorre devido ao tamanho das propriedades, que são pequenas e de origem familiar, nas regiões Sul e Sudeste (SALVADOR, 2011).

## 2.2 PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS NO ESTADO DO PARANÁ

De acordo com o levantamento da SEAB/DERAL e EMATER, na safra de 2008/2009, o Estado do Paraná produziu, aproximadamente, 138 mil toneladas de produtos orgânicos, 11% a mais que o período anterior (SALVADOR, 2011). Entre esses produtos, destacam-se a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e o grupo das hortaliças, cuja produção concentra-se em torno das grandes cidades. Com relação ao tamanho das propriedades rurais no estado, 90,5% têm área inferior a 50 hectares (MELÃO, 2010), por isso, é importante incentivar atividades que permitam obter maior rentabilidade por área. Neste aspecto, a olericultura, a fruticultura e a agricultura orgânica são melhores opções que o cultivo tradicional de grãos, que exige larga escala de produção (SALVADOR, 2011).

Cerca de 1.300 produtores orgânicos paranaenses tem como principal atividade o cultivo de hortaliças, que ocupa a segunda posição tanto em relação à área cultivada (1.284 hectares) quanto a produção (26.504 toneladas), entre os produtos orgânicos cultivados (MELÃO, 2010).

A produção de hortaliças em cultivo orgânico apresenta grande potencial para ser desenvolvida, principalmente em pequenas propriedades, onde predomina a mão de obra familiar (SALVADOR, 2011), já que a maioria são culturas que demandam cuidados permanentes e diários. Isso contribui para evitar, em parte, o êxodo rural, fazendo com que os produtores e seus familiares permaneçam no campo (SALVADOR, 2013). Os produtos são comercializados em feiras, por meio da venda direta ao consumidor, mercados e também em escolas, que dão prioridade aos produtos orgânicos oriundos da agricultura familiar (MELÃO, 2010, 2011).

As principais dificuldades encontradas pelos produtores que cultivam produtos orgânicos estão relacionadas à comercialização, gestão da propriedade no que diz respeito ao planejamento e à organização, transporte (logística), assistência

técnica, obtenção de certificações e de linhas de créditos especiais, escassez de pesquisas e de divulgação sobre o assunto, falta de sementes e mudas orgânicas (AUGUSTO; SACHUK, 2007).

A atual legislação brasileira de certificação de produtos orgânicos entrou em vigor em outubro de 2011 e estabelece que a produção de sementes e mudas, que até então podiam ser oriundas de uma produção não-orgânica, devem ser de origem orgânica (MELÃO, 2010). De acordo com o § 3º do Art. 100 da Instrução Normativa Nº 46, fica proibida a utilização de sementes e mudas não obtidas em sistemas orgânicos de produção a partir de 19 de dezembro de 2013 (MAPA, 2011).

Assim, a fim de se obter mudas de alta qualidade, uniformes e que atendam às suas necessidades, os produtores estão adotando técnicas e metodologias mais modernas para a produção de mudas em larga escala. No cultivo de hortaliças, a produção e o transplante dessas mudas são práticas muito utilizadas, principalmente com sementes muito pequenas. Esse procedimento permite o melhor controle de espaçamento, garantindo a população de plantas desejada, uniformidade e facilidade no controle de ervas daninhas (FONTES, 2005).

### 2.3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE HORTALIÇAS

A produção de mudas de hortaliças constitui-se em uma das etapas mais importantes do sistema produtivo, influenciando diretamente o desempenho final das plantas. Uma muda má formada debilita e compromete todo o desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e levando a perdas na produção. Por isso, esta prática é considerada uma alternativa para determinadas espécies ou variedades que apresentam problemas e necessitam de um maior cuidado na fase de germinação e emergência da plântula (ECHER et al., 2007). Com o desenvolvimento tecnológico e das pesquisas nas cadeias produtivas de hortaliças surgiram novas técnicas e metodologias para o cultivo de mudas, passando de canteiros no solo para produção em recipientes, como as bandejas de poliestireno expandido (RODRIGUES et al., 2010). No cultivo, tem se utilizado alta tecnologia, como ambiente protegido, boas sementes, irrigação criteriosa, substrato, recipientes,

entre outros, os quais podem influenciar na duração do período de cultivo e reduzir os custos de produção das mudas (BEZERRA, 2003).

A grande vantagem do sistema de produção de mudas é o estabelecimento da cultura com espaçamento e população de plantas pré-determinados, mudas de tamanho uniforme, redução dos problemas fitossanitários, e menor competição inicial com as plantas invasoras (MINAMI, 1995). Para isso, as mudas devem apresentar-se bem formadas, livres de pragas, doenças e danos físicos ou mecânicos (TESSARIOLI NETO, 1994; MINAMI, 1995).

Na produção de mudas de alta qualidade deve-se considerar o recipiente e o substrato a ser utilizado, pois estes fatores afetam diretamente o desenvolvimento e a arquitetura do sistema radicular (LATIMER, 1991). Dentre as funções do recipiente está a de proteger as raízes dos danos mecânicos e da dessecação, dar conformação adequada às raízes e maximizar a sobrevivência no campo, pois o sistema radicular não é danificado e permanece em contato íntimo com o substrato (TAVEIRA, 1996). Com isso, a incidência de doenças torna-se reduzida, pois há menor interferência no sistema radicular, já que as raízes permanecem inteiras, sem rompimentos, na ocasião do transplante. As mudas terão maior porcentagem de pegamento, uniformidade e facilidade no manuseio (SILVA JUNIOR; VISCONTI, 1991).

Dos materiais utilizados como recipientes destacam-se as bandejas de poliestireno expandido, na qual as células apresentam formato piramidal invertido, com abertura na parte inferior que propiciam o direcionamento das raízes e impedem seu enovelamento. Assim, as mudas transplantadas no campo irão se desenvolver com maior rapidez, diminuindo o ciclo da cultura (FILGUEIRA, 2000).

Para facilitar os tratos culturais, estes recipientes são mantidos suspensos em suportes. Este procedimento também permite a interrupção do desenvolvimento das raízes quando elas atingem o fundo da célula, ocasionando a “poda pelo ar”. A desidratação das extremidades radiculares, ao atingirem os drenos das células das bandejas, determina a perda da dominância apical e provocam um estímulo para a emissão de um denso e ativo sistema radicular secundário (SANTOS, 1997).

Todos esses materiais, necessários para a boa formação das mudas, devem permanecer em local apropriado, como a casa de vegetação, onde as condições climáticas podem ser ajustadas e monitoradas. Isso vai minimizar os

efeitos negativos do ambiente, que podem influenciar a formação das mudas, além de ampliar a época de produção e possibilitar maior eficiência no controle de pragas e doenças (TESSARIOLI NETO, 1995; OLIVEIRA, 1999).

#### 2.4 SUBSTRATOS

A utilização de recipientes com substratos em substituição ao uso de solo na formação de mudas tem proporcionado melhorias substanciais na qualidade destas (SMIDERLE et al., 2001). O uso do substrato é delimitado pelo custo e qualidade, sendo que existem diversas formulações e composições de substratos minerais e orgânicos para a produção de mudas (RODRIGUES et al., 2010).

O termo substrato aplica-se a todo material sólido, distinto de solo, natural, residual, mineral ou orgânico que colocado num recipiente, em forma pura ou em mistura, permite a fixação do sistema radicular, desempenhando o papel de suporte para a planta (ABAD; NOGUEIRA, 1998).

O substrato é o componente mais sensível e complexo, pois qualquer variação na sua composição pode alterar o processo de produção causando a nulidade ou irregularidade de germinação, a má formação das plantas e o surgimento de sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes (MINAMI, 1995). O mesmo deve apresentar características físicas, químicas e biológicas que proporcionem condições adequadas à germinação e ao desenvolvimento do sistema radicular da planta em formação (SETUBAL; AFONSO NETO, 2000).

Dentre as características, o volume do substrato não deve variar muito quando estiver seco ou molhado; não deve ter um nível excessivo de salinidade; deve reter suficiente umidade para que não se precise regar com muita frequência; ser atóxico às plantas; estar livre de sementes e/ou plantas daninhas, nematóides e outros fitopatógenos (MEDEIROS et al., 2008); drenar o excesso de água; fornecer teores adequados de oxigênio e nutrientes (FERMINO, 2002); apresentar baixa densidade; elevada capacidade de troca de cátions (CTC); boa coesão entre as partículas e adequada aderência junto às raízes (TOLEDO, 1992). Entretanto, a escolha do material a ser utilizado não depende somente dessas características, mas também da disponibilidade e do custo de aquisição (KÄMPF, 1992).

Os principais efeitos dos substratos manifestam-se sobre as raízes,

influenciando no crescimento da parte aérea (HARTMANN; KESTER; DAVIES JUNIOR, 1990). Um bom enraizamento e o reinício do desenvolvimento da planta, após o processo de transplante nos canteiros, são favorecidos por tecidos ricos em matéria seca (FILGUEIRA, 2003). Mudanças que apresentam alguma restrição no desenvolvimento do sistema radicular, ao serem transplantadas para o campo, têm dificuldade de compensar a evapotranspiração, mesmo se bem irrigadas após o transplante (WIEN, 1997).

Existem no mercado diversas marcas comerciais de substratos que são considerados de melhor qualidade, por serem capazes de proporcionar desenvolvimento mais satisfatório das mudas (ARAÚJO NETO et al., 2009). Entretanto, esses substratos contêm adubos solúveis e proibidos na agricultura orgânica (MAPA, 2011). Além disso, os produtores orgânicos devem buscar alternativas para reduzir a dependência dos insumos externos à propriedade, com o intuito de alcançar a autossuficiência, desenvolvendo seu próprio substrato com menor custo e utilizando material mais próximo da propriedade (ARAÚJO NETO et al., 2009). Uma das maneiras de conseguir isso é por meio da ciclagem de energia e nutrientes (PASCHOAL, 1994). Neste aspecto, os compostos orgânicos podem ser uma das opções mais indicadas para atender a esta demanda.

Atualmente, existe uma busca por insumos menos agressivos ao ambiente e que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura com menor dependência de produtos industrializados, que possibilite ao agricultor produzir este material com o que há disponível na propriedade, a fim de gerar economia e melhorias na sanidade ambiental. Neste sentido, vários trabalhos são desenvolvidos com o objetivo de estabelecer substratos ideais à base de compostos orgânicos para espécies olerícolas (FONTANÉTTI et al., 2006; LEAL et al., 2007, 2011; MEDEIROS et al., 2008).

## 2.5 COMPOSTAGEM

Os compostos de boa qualidade devem fornecer os nutrientes necessários para o crescimento de uma grande variedade de culturas. Geralmente possuem capacidade de troca de cátions (CTC) mais elevada que a turfa, além de possuir um efeito corretivo da acidez do solo. Podem apresentar valores de densidade muito próximos aos observados em substratos comerciais à base de turfa

(WALLACE; BROWN; McEWEN, 2004).

De acordo com a Instrução Normativa 46 de 2011, no sistema de produção orgânica, a compostagem é o processo físico, químico, físico-químico e bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo o material ser enriquecido com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas, e isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos (MAPA, 2011).

Segundo a mesma Instrução Normativa, que dispõe sobre as normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais, é permitida a utilização de compostos orgânicos desde que definida a quantidade a ser utilizada em função do manejo e da fertilidade do solo, tendo como referências os parâmetros técnicos das recomendações regionais, de forma a evitar possíveis impactos ambientais. Compostos orgânicos, vermi-compostos e outros resíduos orgânicos de origem animal e vegetal, obtidos em sistemas não orgânicos de produção, somente poderão ser utilizados com autorização do OAC (Organismo de Avaliação da Conformidade Orgânica) ou da OCS (Organização de Controle Social). Além disso, os limites máximos de contaminantes não devem ultrapassar os estabelecidos na Legislação Brasileira (MAPA, 2011).

Para que sejam utilizados como fertilizantes orgânicos ou como substratos, os compostos orgânicos não podem provocar a imobilização dos nutrientes, apresentar processos de decomposição que causem a redução de oxigênio ( $O_2$ ) na zona radicular ou liberar compostos fitotóxicos. O processo de compostagem aumenta a estabilidade do material, que está relacionada com a matéria prima utilizada, a velocidade de decomposição e o tempo de duração da compostagem (LEAL, 2006).

A compostagem também é utilizada para a redução de organismos indesejáveis, sejam eles patogênicos aos homens, animais (JONES; MARTIN, 2003) ou fitopatogênicos. Isso ocorre devido à elevação da temperatura durante o processo, provocada pela atividade microbiana (NOBLE; ROBERTS, 2003). Devido à presença dos microrganismos degradadores, como bactérias, actinobactérias e fungos, os resíduos tóxicos podem ser transformados em substâncias inócuas como água ( $H_2O$ ) e gás carbônico ( $CO_2$ ), ou ainda, podem transformar os poluentes em substâncias menos tóxicas ou imobilizá-las na matéria orgânica (SEMPLE; REID; FERMOR, 2001).

As bactérias são mais adaptadas para utilizarem materiais de fácil decomposição como açúcares solúveis, amido e proteínas, enquanto os fungos são capazes de utilizar substâncias mais resistentes à decomposição, como celulose e lignina (SÁNCHEZ-MONEDERO et al., 1999). Durante o processo de decomposição, os fungos mesófilos e termófilos substituem as bactérias como população dominante ao se esgotarem os substratos de fácil decomposição. Quando a atividade microbiana se reduz drasticamente, inicia-se a fase de cura, na qual ocorre a humificação do composto, podendo levar de poucos meses a dois anos (LEAL, 2006).

Os compostos orgânicos são bons fornecedores de nutrientes para as plantas. Durante a compostagem, grande parte da matéria orgânica (MO) é degradada, liberando a maioria dos nutrientes que estavam imobilizados. Para que a compostagem seja considerada eficiente, deve produzir um composto com características desejadas, com custo e tempo de produção reduzidos (LEAL, 2006). Para isso, devem-se satisfazer certos requisitos, principalmente os relacionados à atividade microbiana, como a disponibilidade de nitrogênio (N), que é essencial para a síntese de proteínas, crescimento microbiano e conversão biometabólica (RODRIGUES et al., 1995).

A relação C:N mais recomendada para a compostagem é entre 25:1 a 35:1 para que seja rápida e eficiente. Se esta relação for muito baixa, o excesso de N será perdido rapidamente na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ). Se o conteúdo de carbono (C) for elevado, a compostagem será lenta e haverá prodimínio de imobilização do N (KIEHL, 1985; SCHAUB; LEONARD, 1996).

Os teores de celulose e lignina também têm grande influência na velocidade de compostagem e nas características físicas e químicas do produto obtido. A celulose se decompõe mais rapidamente, já a lignina, devido a sua estrutura molecular mais complexa, tem a decomposição mais lenta e resulta em compostos mais humificados (SÁNCHEZ-MONEDERO et al., 1999; MADEJÓN et al., 2001).

No início da compostagem, o pH dos resíduos orgânicos é, em geral, levemente ácido, com valores entre cinco e seis. A produção de ácidos orgânicos nos estádios iniciais da decomposição pode provocar uma redução rápida no pH. Em poucos dias ocorre uma recuperação, atingindo valores entre sete e oito, permanecendo assim até o final do processo, com possibilidade de pequena queda

(PEIXOTO, 1988). Este valor é considerado ótimo para a atividade dos microrganismos degradadores de proteínas (NAKASAKI et al., 1993).

Outro fator importante durante a compostagem é a umidade, fundamental para a sobrevivência dos microrganismos, na manutenção da temperatura e na aeração do composto (KIEHL, 2001). O teor ideal de água deve estar entre 40 a 60%, sendo que abaixo de 40% o processo de decomposição será estagnado e acima de 60%, a temperatura da pilha será reduzida, haverá dificuldade na troca de gases e na disponibilidade de oxigênio, transformando-se numa decomposição anaeróbia, que é mais lenta e exala odores desagradáveis, podendo atrair mosca e outros organismos indesejáveis (PEIXOTO, 1988).

Além destes fatores, a aeração em todas as camadas do composto é fundamental para que a compostagem seja eficiente, a fim de se evitar a decomposição anaeróbia e impedir a elevação da temperatura acima do valor ideal (LEAL, 2006). Para que isso não ocorra, recomenda-se a montagem das pilhas sobre pedaços de madeira, troncos e galhos; o uso de tubos respiratórios ou canais feitos com bambu e o revolvimento contínuo ou periódico da pilha de uma a quatro vezes por mês (PEIXOTO, 1988).

Quando se adquire um composto ou matérias primas para sua produção, como resíduos agroindustriais ou lixo urbano que não foram submetidos a controle de qualidade pelas certificadoras, o agricultor corre o risco de adquirir produtos contaminados por agrotóxicos e/ou outras substâncias proibidas na agricultura orgânica. Para garantir a rastreabilidade de seus produtos é aconselhável que ele utilize no processo de compostagem material orgânico, preferencialmente, de produção própria. Assim, a produção de adubos verdes e forrageiras torna-se alternativa na obtenção dos componentes para a compostagem, devido ao grande potencial na produção de biomassa e também pela alta ciclagem dos nutrientes no solo (KIEHL, 1985).

## 2.6 ADUBAÇÃO VERDE

O fornecimento de nutrientes ao solo pode ser feito através da adubação verde, que promove a fertilidade das áreas agrícolas. Com o uso desse adubo, a dependência dos pequenos proprietários a insumos externos é reduzida e isso ajuda a manter a renda nas áreas rurais, principalmente para os agricultores

mais pobres (CAISAN, 2012, p. 21).

Além dos benefícios econômicos, os resíduos orgânicos provindos desses adubos e disponíveis nas propriedades podem ser aproveitados para produção de mudas por constituírem-se fonte rica em nutrientes (ARAÚJO NETO et al., 2009). Também os resíduos orgânicos de origens urbana, industrial e agrícola podem ser usados na agricultura, como os esterco de origem animal, resíduos agroindustriais e urbanos e outros compostos orgânicos (MORAL et al., 2005).

A utilização desses resíduos é uma opção atrativa em razão da ciclagem de nutrientes como o C. E isso é importante não só para o solo mas também na manutenção dos níveis de CO<sub>2</sub> atmosféricos, que geralmente aumentam devido a queima de combustíveis fósseis. Porém, boa parte desse aumento provém das perdas de MO dos solos do mundo (BRADY; WEIL, 2013, p. 427).

Uma simples mudança no manejo do solo com o intuito de aumentar lentamente sua MO para níveis próximos aos existentes antes do uso com cultivo, poderia contribuir significativamente para conter o aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico. Concomitantemente, a qualidade do solo seria melhorada e a produtividade das culturas aumentada (BRADY; WEIL, 2013, p. 427). O aumento da biomassa da superfície do solo aliado a redução de emissões de CO<sub>2</sub> ou de outros gases do efeito estufa pelas propriedades agrícolas podem auxiliar na atenuação das mudanças climáticas (CAISAN, 2012, p. 24).

No solo, a adubação orgânica proporciona benefícios como a melhoria das propriedades químicas, por meio do fornecimento de nutrientes [fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), entre outros], aumento da CTC, formação de complexos e aumento do poder tampão. Também das propriedades físicas, destacando-se o aumento na estabilidade de agregados e melhoria na estrutura do solo que se traduz em melhor aeração, permeabilidade, retenção de água e resistência à erosão, além de aumentar a atividade biológica do solo (COSTA, 1986; PASCHOAL, 1994; CERETTA; DURIGON; BASSO, 2003; ROCHA; GONÇALVES; MOURA, 2004).

A adição de materiais orgânicos ao solo é fundamental para melhoria de sua qualidade, devido à liberação gradativa de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, apesar de dependerem essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico

utilizado (ZECH et al., 1997). A liberação dos nutrientes dos adubos orgânicos é mais lenta que a dos adubos minerais solúveis, pois é dependente da mineralização da matéria orgânica (KIEHL, 1985).

Os adubos verdes são importantes para o processo de ciclagem de nutrientes, por produzirem grandes quantidades de fitomassa por área e por apresentarem concentrações elevadas de nutrientes na matéria seca da parte aérea. Isso se deve, principalmente, ao fato de seu sistema radicular ter a capacidade de recuperar os nutrientes lixiviados até as camadas mais profundas do solo (SARRANTONIO; SCOTT, 1988; TANAKA, 1981).

A utilização de plantas de cobertura em sistemas agrícolas aporta ao solo quantidades significativas de resíduos vegetais capazes de influenciar a biomassa microbiana, que atua como um reservatório de nutrientes, imobilizando-os temporariamente e reduzindo perdas por lixiviação, possibilitando seu uso posterior pelas plantas (ESPINDOLA et al., 2001).

Os adubos verdes podem ser utilizados de forma direta no solo, com ou sem incorporação da palhada, ou ainda como composto após a humificação. Sua aplicação ao solo é recomendada para controlar a toxidez causada às culturas por certos elementos encontrados em níveis acima de limites críticos, como alumínio (Al), ferro (Fe) e manganês (Mn), uma vez que o húmus tem a propriedade de fixar, complexar ou quelar esses elementos (KIEHL, 1985).

A MO do solo pode apresentar efeito semelhante à calagem, corrigindo a acidez e neutralizando níveis tóxicos de Al (HUNTER et al., 1995; WONG et al., 1995). O aumento do pH do solo devido à adição de resíduos orgânicos é atribuído à própria adsorção de hidrogênio e alumínio na superfície do material orgânico (HOYT; TURNER, 1975).

O grau de humificação nos materiais orgânicos pode variar de acordo com a natureza dos produtos compostados, com o tempo de compostagem e da adição de resíduos ao solo (WU; MA, 2002). Isso é determinante no papel dos resíduos no solo, que podem atuar como fontes de nutrientes e/ou como condicionadores. A humificação ocorre em razão da compostagem ou decomposição natural dos resíduos e consiste na síntese de ácidos húmicos, fúlvicos, humina e outros materiais húmicos a partir da degradação de compostos diversos presentes nos resíduos, através de reações de síntese e ressíntese mediadas pelos organismos decompositores (HSU; LO, 1999). A aplicação de resíduos orgânicos

com baixos graus de humificação pode acarretar a imobilização de nutrientes pela microbiota do solo, principalmente quando os resíduos são menos lábeis e com baixo teor de N (AITA et al., 2001).

## 2.7 SISTEMA SEMEADURA DIRETA

Além da adubação verde, outras práticas conservacionistas de manejo buscam a manutenção e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo cultivado afim de aumentar o rendimento das culturas (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010). Uma dessas práticas, o Sistema Plantio Direto (SPD), foi implantado no Estado do Paraná por volta dos anos 1970 e demonstra significativas vantagens ecológicas, econômicas, ambientais e sociais quando comparada ao SPC (BABUJIA et al., 2010). É uma opção que o produtor pode utilizar para aumentar os níveis de MO do solo e alterar o equilíbrio entre ganhos e perdas de C (BRADY; WEIL, 2013, p. 427).

Em virtude do pequeno revolvimento do solo no SPD, seus agregados permanecem preservados, assim como grande parte da sua cobertura (BERTOL et al., 2004). Associada à rotação de culturas, que é considerada importante forma de manejo da fertilidade do solo (BORKERT et al., 2003), é fundamental não apenas na redução dos custos de produção, mas também na manutenção da base dos recursos naturais, pela capacidade de reciclar nutrientes, como C orgânico e N (GIL et al., 2009) e de proteger o solo contra agentes erosivos (BAGATINI et al., 2011). Esse sistema comumente sequestra de 0,2 a 0,5 Mg de C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> durante as primeiras décadas de uso (BRADY; WEIL, 2013, p. 427).

Para que se obtenha sucesso no SPD, deve-se atentar para três preceitos básicos: o revolvimento mínimo do solo, a rotação de culturas e o alto aporte de biomassa na superfície do solo (TEIXEIRA et al., 2008). Este último proporciona um aumento no teor de MO e, conseqüentemente, na fertilidade, sendo de fundamental importância para solos considerados ácidos, pois possuem cargas dependentes de pH associadas à MO. Esses resíduos são degradados, absorvidos e imobilizados temporariamente pelos microrganismos, formando a biomassa microbiana (PAVAN; BINGHAM; PRATT 1985; SIDIRAS; PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998).

Além desses benefícios, os resíduos das culturas ou as plantas

vivas que permanecem sobre o solo atuam na dissipação da energia cinética das gotas de chuva sobre a superfície, evitando ou minimizando a desagregação inicial de suas partículas e a formação de selos e/ ou crostas superficiais. Isso facilita a infiltração da água no solo e reduz o escoamento superficial. Também atuam como barreira física na redução da velocidade destas e, concomitantemente, filtram e conduzem a deposição das partículas desagregadas do solo que estão sendo transportadas no local de ocorrência do fenômeno (COGO, 1981; COGO; MOLDENHAUER; FOSTER, 1984, 2003).

Na região sul do Brasil, o inverno chuvoso permite a implantação de cultivos exclusivamente para a produção de palha e/ou grãos, com alta quantidade de restos culturais. Para a escolha e arranjo das espécies vegetais nos anos agrícolas, devem-se observar, principalmente, os atributos químicos e físicos do solo, devido às diferenças na extração de nutrientes e na exploração do solo pelas raízes (TEIXEIRA et al., 2008). Segundo Oliveira; Carvalho; Moraes (2002), as espécies milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), da família das gramíneas, acumulam maior quantidade de micronutrientes do que as leguminosas mucuna preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy) e feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.). Porém, as leguminosas são capazes de realizar a fixação biológica do nitrogênio (FBN), adicionando esse nutriente ao sistema (TEIXEIRA et al., 2008).

## 2.8 ESPÉCIES DE ADUBOS VERDES E FORRAGEIRAS

Várias são as espécies vegetais que podem ser empregadas como adubos verdes, entre elas as leguminosas e as gramíneas. Porém, o emprego das leguminosas proporciona maior quantidade de N para a cultura comercial devido a realização da FBN (CARVALHO et al., 1999).

Além disso, devido a menor relação C:N, a decomposição da leguminosa libera os nutrientes mais rapidamente, acelerando a disponibilização para a cultura (GIACOMINI et al., 2003). Em relação aos micronutrientes, as dicotiledôneas absorvem maior quantidade de boro (B) que as monocotiledôneas (FAQUIN, 2001).

## 2.8.1 Leguminosas

### 2.8.1.1 Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp)

O guandu é uma leguminosa arbustiva que foi introduzida no Brasil e nas Guianas pela rota dos escravos procedentes da África e tornou-se largamente distribuída na região tropical (MORTON et al., 1982). Esta espécie tem se adaptado bem como cultura alternativa de verão em todo Paraná, podendo ser utilizada na adubação verde, em rotação e associação de cultivos, no consórcio com gramíneas anuais e intercalado a culturas perenes. Na alimentação animal pode ser empregado como planta verde, na produção de silagem e defeno. Seus grãos são também fontes de proteínas na alimentação humana e animal (CALEGARI, 1995).

Uma de suas maiores utilizações é na adubação verde, por possuir um sistema radicular profundo e ramificado, que o torna capaz de resistir ao estresse hídrico e o possibilita romper camadas adensadas e compactadas do solo (PEREIRA, 1985; ALCÂNTARA et al., 2000). Essa habilidade de enraizamento do guandu também mostra seu potencial na reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas (ARIHARA; AE; OKADA, 1991). As raízes podem penetrar até três metros, retirando parte dos nutrientes e água das camadas do solo que não são alcançadas pelas raízes de culturas anuais (NOVAES et al., 1988).

Nos exsudados de suas raízes podem ser encontrados compostos fenólicos, que quelam o Fe, deixando o fósforo (P) livre na solução do solo para ser absorvido pelas plantas. Esses exsudados também são capazes de dissolver o fosfato contido nas rochas, tornando o P disponível para uso pelas culturas (AE et al., 1990).

A semeadura do guandu pode ocorrer de setembro a dezembro, podendo ser estendida até janeiro nas regiões onde não ocorram geadas. Desenvolve-se melhor na faixa de temperatura de 20 a 30°C, sendo que algumas variedades apresentam certa resistência ao frio, apesar de não suportarem geadas fortes. É pouco exigente em fertilidade e resistente à seca, porém não tolera umidade excessiva nas raízes. Seu ciclo varia de 140 a 180 dias (CALEGARI, 1995).

A produção de massa seca pode variar de 3 a 22 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, de

acordo com Calegari (1995), sendo que em condições de elevada fertilidade a produção de biomassa é maior. Já Teixeira et al. (2008) relataram uma produção de  $0,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em Lavras, Estado de Minas Gerais, enquanto Borkert et al. (2003) obtiveram uma variação de menos de 2 a mais de  $10 \text{ Mg ha}^{-1}$ , em plantas cultivadas nos municípios de Londrina, Campo Mourão e Guarapuava, no Estado do Paraná. Essas diferenças ocorrem devido à variedade empregada, à fertilidade do solo, ao espaçamento, ao manejo imposto à cultura e às condições climáticas locais.

Com relação à composição química da massa seca do feijão guandu, os teores de N, P, K, Ca e Mg observados por Borkert et al. (2003) foram de 30,1; 2,9; 14,2; 8,2 e  $2,6 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente, e 26,4; 94,4 e  $26,5 \text{ mg kg}^{-1}$  respectivamente para o Zn, Mn e Cu. De acordo com Calegari (1995), a relação C:N desta espécie, é de 21,1:1.

O guandu também tem apresentado potencialidades alelopáticas no controle de plantas daninhas. Teixeira; Araújo; Carvalho (2004) observaram uma redução de 22,8% na germinação e índice de velocidade de germinação do picão-preto (*Bidens pilosa* L.) ao utilizarem o guandu como planta de cobertura.

#### 2.8.1.2 Crotalária (*Crotalaria juncea* L.)

Dentre as leguminosas utilizadas na adubação verde e para cobertura do solo destaca-se a *Crotalaria juncea* L., por ser uma planta pouco exigente em nutrientes, com grande potencial de FBN e por apresentar crescimento rápido (ARAÚJO; ALMEIDA, 1993). Tem sua origem na Índia e Ásia Tropical, onde é explorada como planta têxtil. Seu ciclo é anual, apresenta porte ereto e arbustivo com altura que varia de 2 a 3 metros (CALEGARI, 1995).

A crotalária pode ser semeada de setembro a dezembro, sendo que se realizada em janeiro e fevereiro seu ciclo é encurtado, ocasionando prejuízo na produção de biomassa (CALEGARI, 1995). O ciclo, da semeadura até a colheita das vagens, pode chegar a 180 dias, porém para fins de adubação verde recomenda-se o corte no florescimento, quando ela apresenta máxima produção, ao redor de 120 dias (SALGADO et al., 1987). Quanto às condições ambientais, tolera longos períodos de seca, tem baixa tolerância ao encharcamento do solo e média tolerância ao frio (SANTOS, 2005).

Várias são as vantagens da utilização desta leguminosa como adubo verde: grande potencial de produção de massa verde com alto teor de N, fácil incorporação ao solo e decomposição. Além disso, proporciona boa cobertura do solo, chegando a produzir 15 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca (SILVA et al., 2002) e apresenta crescimento rápido suficiente para vencer a competição com plantas daninhas, pelas suas características fisiológicas, mas não é invasora da cultura seguinte (ARANTES; CARVALHO; MORAIS, 1995).

Segundo Calegari (1995), a composição química da massa seca da *C. juncea* é de 25,0 g kg<sup>-1</sup> de N; 1,9 g kg<sup>-1</sup> de P; 12,0 g kg<sup>-1</sup> de K; 23,1 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 4,7 g kg<sup>-1</sup> de Mg; 14,0 mg kg<sup>-1</sup> de Cu; 44 mg kg<sup>-1</sup> de Zn; 179 mg kg<sup>-1</sup> de Mn e 18:1 de relação C:N.

#### 2.8.1.3 Mucuna Preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy)

A mucuna preta é uma leguminosa vigorosa, de ciclo anual e com ramos trepadores, veio originalmente do sul da China e leste da Índia, onde era amplamente cultivada como cultura de pousio, para melhorar a fertilidade do solo; como cultura sufocadora, para controlar plantas daninhas e como planta forrageira (BUCKLES; TRIOMPHE; SAIN, 1998).

A semeadura dessa espécie deve ser realizada a partir de setembro, podendo se estender até o início de janeiro. O cultivo pode ser em monocultivo ou em consórcio com culturas anuais ou perenes, sendo necessário o manejo de seus ramos quando intercalada com culturas perenes, para que estes não subam nas plantas e prejudiquem seu desenvolvimento (CALEGARI, 1995).

O ciclo da cultura varia de 210 a 260 dias, devendo ser manejada entre 140 e 170 dias após a emergência, na fase de florescimento e enchimento de vagens. É uma espécie de clima tropical e subtropical, resistente a temperaturas elevadas, à seca, ao sombreamento e ligeiramente resistente a um breve encharcamento do solo. Por ser rústica, se desenvolve bem em solos ácidos e de baixa fertilidade (CALEGARI, 1995).

Como a maioria das leguminosas, a mucuna preta tem potencial para FBN por meio de uma relação simbiótica com rizóbios nas raízes e o N é armazenado nas folhas, caules e sementes, tornando a planta uma fonte eficiente desse nutriente (BUCKLES; TRIOMPHE; SAIN, 1998). Além disso, ela é utilizada

como adubo verde por apresentar grande rendimento de massa por unidade de área, constituindo-se numa fonte importante de MO. Apresenta alta concentração de lignina durante o florescimento, o que torna a decomposição mais lenta dos resíduos. Também possui sistema radicular bastante ramificado e profundo, o que permite extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo (CALEGARI, 1995; CARVALHO et al., 2011).

De acordo com Calegari (1995), a produção de massa seca de mucuna preta pode variar de 4,0 a 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Já Borkert et al. (2003) relataram uma produção variando de menos de 2,5 a mais de 7,5 Mg ha<sup>-1</sup>, em plantas cultivadas nos municípios de Londrina, Campo Mourão e Guarapuava. A composição química da massa seca dessa planta é de 34,4 g kg<sup>-1</sup> de N; 3,4 g kg<sup>-1</sup> de P; 16,8 g kg<sup>-1</sup> de K; 11,8 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 2,9 g kg<sup>-1</sup> de Mg; 29,2 mg kg<sup>-1</sup> de Zn; 145,4 mg kg<sup>-1</sup> de Mn; 18,9 mg kg<sup>-1</sup> de Cu (BORKERT et al., 2003) e relação C:N de 21,1:1 (CALEGARI, 1995).

Ela é resistente a nematóides do gênero *Meloidogyne*, apresentando efeito alelopático sobre a tiririca (WUTKE, 1993). Resultados preliminares envolvendo herbicidas, como o trifloxysulfuronosodium, revelaram que a mucuna preta apresenta grande capacidade fitorremediadora (SANTOS et al., 2007). O mecanismo utilizado pela mucuna preta para auxiliar na fitorremediação do solo é a fitoextração, que consiste na extração e acúmulo dos contaminantes nos tecidos do vegetal, preferencialmente na parte aérea (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

A planta possui o composto tóxico de L-Dopa, triptaminas alucinógenas e fatores antinutricionais, como fenóis e taninos. Por causa das elevadas concentrações de L-Dopa (7%), a mucuna é a fonte de um produto comercial desta substância, utilizada no tratamento da doença de Parkinson. No entanto, esse composto também pode levar a um estado de confusão mental e distúrbios intestinais em humanos (BUCKLES; TRIOMPHE; SAIN, 1998).

## 2.8.2 Gramínea

### 2.8.2.1 Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

O sorgo é uma planta da família *Poacea*, cuja origem é a África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes, na África e na Índia. O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) atualmente cultivado é um produto da intervenção do homem, que domesticou a espécie e, ao longo de gerações, vem transformando-a para satisfazer suas necessidades (RIBAS, 2008).

É uma excelente alternativa como cultura de cobertura em SSD nas regiões onde o inverno é quente e seco. É resistente às condições de seca, pois explora de forma eficiente as camadas mais profundas do solo para procurar água e produz grandes quantidades de biomassa seca (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2008; QUEIROZ FILHO et al., 2000).

Existem variedades adaptadas as diferentes zonas climáticas, inclusive a baixas temperaturas, desde que nesses locais ocorra estação estival quente com condições capazes de permitir o desenvolvimento da cultura (LANDAU; GUIMARÃES, 2010). O *Sorghum bicolor* subespécie *bicolor* raça *Guinea*, conhecido como sorgo "Guiné Gigante", pode ser cultivado com sucesso em sistemas de rotação em regiões de inverno seco. Esta espécie produz elevada quantidade de matéria seca (MS), mesmo em condições climáticas desfavoráveis, quando comparada a outras culturas (MATEUS et al., 2011).

Por ser uma planta de origem tropical do tipo C<sub>4</sub>, a qual, além da vantagem fotossintética, se adapta a variadas condições de fertilidade do solo e ser mais tolerante que o milho (*Zea mays* L.) a alta temperatura e déficit hídrico, o sorgo é cultivado em uma ampla faixa de latitudes, mesmo onde outros cereais têm produção inviável economicamente, como regiões muito quentes, muito secas ou, ainda, onde ocorrem veranicos (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2008; RIBAS, 2008).

Sua estrutura radicular é composta por raízes que, por possuírem sílica na endoderme, apresentam grande quantidade de pelos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo, o que confere à cultura maior tolerância à seca (DINIZ, 2010). A altura da planta, que pode variar desde 0,4 até 4,0 m e o caule, do colo até o extremo da panícula, varia segundo o número e a distância dos entrenós e o pedúnculo e a panícula (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2008).

Embora esta espécie apresente desenvolvimento inicial lento, tem um crescimento vigoroso das raízes, mesmo em solos compactados, e é no estágio de florescimento que apresenta grande quantidade de MS (MAGALHÃES; DURÃES; SCHAFFERT, 2000). Sua composição química, de acordo com Mateus et al. (2011), pode variar de aproximadamente 9 a mais de 18 g kg<sup>-1</sup> de N; de 0,8 a cerca de 1 g kg<sup>-1</sup> de P; de aproximadamente 6 a 23 g kg<sup>-1</sup> de K; de aproximadamente 3,5 a mais de 6 g kg<sup>-1</sup> de Ca; de mais de 2 a cerca de 5 g kg<sup>-1</sup> de Mg; de aproximadamente 5 a 8 mg kg<sup>-1</sup> de Cu; de cerca de 15 a 24 mg kg<sup>-1</sup> de Zn; de aproximadamente 55 a 90 mg kg<sup>-1</sup> de Mn; de mais de 4 a cerca de 22 mg kg<sup>-1</sup> de B e a relação C:N de cerca de 20 a 55:1, dependendo da época de semeadura.

## 2.9 HORTALIÇAS

O consumo de hortaliças tem aumentado não só pelo crescente aumento da população, mas também pela tendência de mudança no hábito alimentar do consumidor, tornando-se inevitável o aumento da produção. Por outro lado, o consumidor tem se tornado mais exigente, havendo necessidade de produzi-la em quantidade e qualidade, bem como manter o seu fornecimento o ano todo (OHSE et al., 2001).

### 2.9.1 Alface Crespa (*Lactuca sativa* L.)

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta pertencente à família Asteracea e originou-se de espécies silvestres encontradas em regiões de clima temperado no sul da Europa e na Ásia Ocidental. É uma planta herbácea, delicada, com caule pequeno, onde se prendem as folhas, amplas, que crescem em roseta. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, localizando-se nos primeiros 25 cm de solo quando a cultura é transplantada. Já em semeadura direta, a raiz

pivotante pode alcançar 60 cm de profundidade (FILGUEIRA, 2003).

Devido, principalmente, à facilidade de aquisição e à produção durante o ano todo (OLIVEIRA et al., 2004) é considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação dos brasileiros, o que assegura à cultura expressiva importância econômica (FIGUEIREDO; MALHEIROS; BRAZ, 2004). Também é importante do ponto de vista social, já que é cultivada, tradicionalmente, por pequenos produtores (BOAS et al., 2004).

Existem vários tipos de alface, de acordo com a textura das folhas e a formação ou não de “cabeça”. O tipo “repolhuda manteiga” apresenta folhas lisas e forma uma cabeça compacta; a “repolhuda crespa”, que apresenta folhas crespas e também forma uma cabeça; a tipo “solta lisa” possui folhas macias, lisas e soltas, não havendo formação de cabeça; e a tipo “solta crespa” apresenta folhas bem consistentes, crespas e soltas (FILGUEIRA, 2003).

A sua larga adaptação às condições climáticas, sendo cultivada em todo o país, a possibilidade de cultivos sucessivos no mesmo ano, o baixo custo de produção, a pouca suscetibilidade a pragas e a doenças e a comercialização segura, fazem com que a alface seja a hortaliça preferida pelos pequenos produtores, sendo significativo fator de agregação do homem do campo (LIMA, 2005).

Apesar dessas vantagens, a cultura é altamente exigente em água, necessitando teor acima de 80% no solo durante todo o ciclo da cultura; a adubação orgânica é altamente benéfica, pois as plantas possuem raízes delicadas e são exigentes quanto ao aspecto físico do solo e respondem mais em produtividade às aplicações de N e P no solo, apesar do Ca também ter grande importância (FILGUEIRA, 2003).

A cultura pode ser iniciada com a semeadura em bandeja de isopor, dentro de casa de vegetação, e posterior transplante para o canteiro, quando as mudas apresentarem quatro folhas definitivas. As mudas com as raízes protegidas por torrão são facilmente transplantadas, sendo o “pegamento” mais rápido. Assim, após 65 a 80 dias no campo, atinge-se o máximo desenvolvimento das plantas, que podem ser colhidas. Em estufa, o ciclo é ainda mais curto, podendo ser coletadas entre 45 a 50 dias após o transplante (FILGUEIRA, 2003).

## 2.9.2 Brassicáceas

As brassicáceas constituem a família botânica que abrange o maior número de culturas, ocupando lugar proeminente na olericultura da região centro-sul brasileira. A couve silvestre (*Brassica oleracea* L. var. *sylvestris* L.), encontrada até recentemente no litoral atlântico da Europa Ocidental e nas costas do Mar Mediterrâneo, originou sete distintas culturas oleráceas, todas pertencentes à mesma espécie, porém classificadas como diferentes variedades botânicas, estando entre elas o brócolis, a couve e o repolho (FILGUEIRA, 2003).

### 2.9.2.1 Brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck)

O brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) produz uma inflorescência central compacta, o tipo cabeça, ou várias inflorescências laterais, o tipo ramoso, ambos de coloração verde escura, variando conforme a cultivar. São formadas por pequenos botões florais, ainda fechados durante a comercialização, e pedúnculos tenros (FILGUEIRA, 2003).

É cultivado em diversas regiões do mundo, sendo a maioria de sua produção realizada por pequenos produtores. No Brasil, seu cultivo é realizado, principalmente, nos cinturões verdes e a maior parte da produção, do tipo ramoso, é destinada ao mercado na forma *in natura*, nas feiras livres e supermercados (BETTONI et al., 2013).

De acordo com Filgueira (1982), as exigências climáticas do brócolis são as mesmas da couve flor, embora seja menos sensível que esta às temperaturas altas, podendo ser cultivado em locais onde a couve flor não produz satisfatoriamente. Requer clima ameno ou temperado, produzindo sob determinadas condições de climas mais quentes. Porém, temperaturas acima de 30 °C podem provocar deformação das cabeças em cultivares sensíveis a temperaturas altas, tornando a cultura de alto risco nessas condições (BJÖRKMAN; PEARSON, 1998).

No Brasil há cultivares de outono-inverno e de primavera-verão, selecionadas para temperaturas altas e de ampla adaptabilidade termoclimática (FILGUEIRA, 2003), as quais possibilitam a ampliação das regiões de cultivo, épocas de plantio e período de oferta no mercado. O desenvolvimento do brócolis é favorecido por clima predominantemente frio, sendo que no Estado do Paraná, os

plantios que ocorrem entre abril e junho permitem colheitas desde julho até início de outubro (TREVISAN et al., 2003).

Essa brássica vem ganhando cada vez mais importância entre os consumidores, pelo seu alto valor nutritivo e propriedades nutraceuticas, pois possui glucosinatos, substâncias com propriedades anticancerígenas (ROSA; RODRIGUES, 2001). Em função de sua característica familiar, é um cultivo com grande potencial para a produção orgânica, principalmente quando localizado próximo aos grandes centros consumidores (BETTONI et al., 2013). Além disso, como outras brássicas, está entre as culturas que mais respondem à adubação orgânica, podendo esta substituir os adubos minerais com resultados satisfatórios (KIMOTO, 1993). Por outro lado, não foi observado efeito residual dos adubos verdes, como a crotalária e o milho sobre o diâmetro, a produção de MS das inflorescências e do brócolis, com ou sem adição de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na forma de uréia (45% de N), em sucessão à cultura do milho. Constatou-se que a produção de brócolis e o teor e acúmulo de N, nas inflorescências foram maiores após vegetação espontânea com adição de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, do que após adubos verdes sem N-fertilizante (PERIN et al., 2004).

#### 2.9.2.2 Couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C.)

A couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C.) é a brássica que mais se assemelha à couve silvestre. Apresenta caule ereto, que dá suporte a planta e de onde novas folhas são continuamente emitidas em forma de roseta, sem formar “cabeça”. O limbo das folhas é bem desenvolvido, arredondado, com pecíolo longo e nervuras bem destacadas. Além delas, são emitidos rebentos laterais, que podem ser usados na propagação (FILGUEIRA, 2003).

É uma hortaliça arbustiva anual ou bienal, de tamanhos variados, sendo que a maioria das cultivares comercializadas no Brasil é de porte médio a alto, alcançando altura entre 40 e 80 cm. As cultivares consideradas altas possuem mais de 90 cm e as compactas apresentam altura inferior a 40 cm. Essas são híbridas multiplicadas por sementes e pouco cultivadas devido a características morfológicas não atrativas para o consumidor: folhas de coloração mais escura, nervuras proeminentes e de cor clara, que levam mais tempo para o cozimento (NIEUWHOF, 1969; NOVO et al., 2010).

Cultura típica de outono-inverno, a couve se desenvolve melhor em temperaturas mais amenas (16 a 22°C) e é resistente a geada. Apesar disso, em temperaturas inferiores a 5-10 °C, tende a florescer, fato que não é desejável, pois paralisa o desenvolvimento das folhas. Apresenta certa tolerância ao calor, podendo, em alguns locais, ser plantada ao longo de todo o ano (FILGUEIRA, 2003; NOVO et al., 2010).

Devido a sua rusticidade, pode ser cultivada com êxito em locais em que a maioria das brássicas não se desenvolve, produzindo razoavelmente bem em áreas com solos pobres, independente do pH. Porém, embora tolerante a esse tipo de solo, a couve cresce melhor em meios com maior fertilidade e com boa drenagem (BIGGS, 1980).

Apesar de a couve ter sido propagada vegetativamente pelo plantio de rebentos laterais que se desenvolvem no caule, nos atuais híbridos a propagação se dá via semente em bandejas de isopor contendo substrato. Dias antes do transplante das mudas, a realização de adubação orgânica incorporada ao sulco é altamente benéfica ao desenvolvimento da cultura. A irrigação por aspersão deve ser freqüente, pois a planta é altamente exigente em água, o que possibilita maior produção e melhor qualidade de folhas, e para controlar lagartas e pulgões (FILGUEIRA, 2003).

O consumo dessa hortaliça no Brasil tem aumentado gradativamente devido, provavelmente, às novas maneiras de utilização na culinária e às recentes descobertas da ciência quanto às suas propriedades nutraceuticas (NOVO et al., 2010). Suas folhas são ricas em glucosinolatos, substâncias com potencial anticarcinogênico, possuem elevado teor de flavonoides, vitaminas e nutrientes (MORENO et al., 2006), entre eles vitamina A, niacina e vitamina C, cálcio e ferro, além de fibras, proteínas e carboidratos (LORENZ; MAYNARD, 1988).

O cultivo de couve em sucessão ao milho, consorciado com as leguminosas anuais mucuna-anã e *Crotalaria spectabilis* Roth, sob adubação orgânica com esterco de frango, resulta em aumento de produtividade das culturas de couve e milho (SILVA et al., 2011b).

### 2.9.2.3 Repolho (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata* L.)

O repolho (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata* L.) é uma planta herbácea, de folhas arredondadas e cerosas, com superposição e imbricamento das folhas centrais, que formam uma cabeça compacta envolvendo a gema apical. É bienal, às vezes, perene, mas cultivada intensamente como anual. O sistema radicular pode atingir 1,5 m de profundidade, porém, a maioria das raízes concentram-se nos primeiros 20-30 cm do solo (FILGUEIRA, 2003; SILVA JUNIOR, 1989).

Como qualquer outra hortaliça, o cultivo do repolho demanda muita mão-de-obra, desde a semeadura até a comercialização. É cultivado em áreas pequenas, sendo na maior parte conduzida pela agricultura familiar (SILVA et al., 2012).

Originalmente, o repolho é uma hortaliça que independe de fotoperíodo, mas necessita temperaturas amenas ou frias, sendo resistente a geadas. Um dos fatores que limita seu desenvolvimento é exatamente a temperatura. Contudo, ao longo do tempo e por meio do melhoramento genético, foram obtidas cultivares adaptadas a temperaturas elevadas, conseguindo-se estender a época de plantio ao longo do ano e em diversas regiões produtoras (FILGUEIRA, 2003).

É considerada uma planta esgotante da fertilidade do solo, devido à elevada necessidade de nutrientes, principalmente N e K, e à alta capacidade do sistema radicular em absorvê-los (OLIVEIRA, 2001). Dos elementos que mais favorecem a formação da cabeça está o P, que também beneficia na produtividade, na precocidade da colheita e na obtenção do tipo comercial desejado. Além disso, a cultura é exigente em água, sendo que o solo deve ser mantido com 80% de água útil, junto às raízes. As mudas podem ser produzidas em substrato enriquecido com P e Ca e com menor teor de N, que deverá ser fornecido somente após o transplante, de forma parcelada. Essa fase até a colheita dura entre 80 a 100 dias, quando as cabeças apresentam-se bem formadas e compactas (FILGUEIRA, 2003).

O repolho também é muito consumido no Brasil, por grande parte da população, pois se constitui em alimento de excelente qualidade, apresentando teores apreciáveis de  $\beta$ -caroteno, cálcio, vitamina C (FERREIRA; RANAL; FILGUEIRA, 2003), sais minerais, P (CARVALHO, 1983; SILVA JUNIOR, 1989) e

proteína (FILGUEIRA, 2000). A preferência dos consumidores é por repolhos de coloração clara, formato globular-achatado e pequeno, pesando no máximo 2,0 kg. O de coloração roxa apresenta menor demanda, porém vem aumentando em alguns mercados (FILGUEIRA, 2003).

Oliveira et al. (2003) avaliaram os efeitos da adubação verde, na forma de pré-cultivo com crotalária, e da aplicação suplementar de esterco aviário, em várias doses (0, 12, 24 e 36 Mg ha<sup>-1</sup>) e em cobertura, no rendimento do repolho cultivado em sistema orgânico. Não houve interações entre os tratamentos (adubo verde × esterco aviário), mas a fitomassa cortada da leguminosa, mantida sobre o solo, acarretou benefícios quanto à produtividade do repolho e o uso de esterco aviário favoreceu significativamente o desenvolvimento das plantas.

Assim, as espécies de adubo verde podem ser alternativa não só para ciclagem de nutrientes e cobertura do solo no SPD, mas também como substrato, depois de passarem pelo processo de compostagem, na produção de mudas de hortaliças cultivadas em sistema orgânico.

### 3 ARTIGO A: FITOMASSA, CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ACÚMULO NUTRICIONAL DE PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO PARA SISTEMA PLANTIO DIRETO

#### 3.1 RESUMO

O objetivo do trabalho foi identificar a época de corte de plantas de cobertura de verão com maior produtividade de massa seca e acúmulo nutricional, para uso na adubação verde em sistema plantio direto (SPD). As espécies utilizadas foram *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima* e *Sorghum bicolor* coletadas em cinco épocas (90, 98, 110, 134 e 145 dias após a semeadura - DAS) para determinação da massa fresca (MF) e seca (MS), e a composição química do tecido vegetal da parte aérea. Cada espécie foi semeada em uma área de 800 m<sup>2</sup>, no município de Londrina-PR, em SPD. A repetição constituiu-se de plantas cortadas rente ao solo em um m<sup>2</sup> e pesadas para determinação da MF. Parte desse material foi recolhido e colocado em estufa até atingir peso constante para determinação da MS. Depois de seca, cada amostra foi triturada, peneirada e encaminhada para análise química do tecido vegetal. O acúmulo nutricional foi calculado multiplicando-se o valor da produtividade de MS pelo teor de cada nutriente. O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco repetições para cada variável avaliada. Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A produtividade de MF aumentou com o tempo na maioria das espécies, com destaque para *S. bicolor* nas cinco épocas de avaliação, assim como na produtividade de MS e relação C:N. Para a maioria das culturas, os teores dos nutrientes diminuíram com o passar do tempo, sendo que *S. bicolor* apresentou os menores valores e *M. aterrima* os maiores. Já os acúmulos aumentaram, destacando-se *C. cajan* para a maioria dos nutrientes. O acúmulo de N foi maior nas leguminosas quando comparadas a *S. bicolor*, cujo acúmulo de Cu e principalmente de B também foram baixos, menos de 3 g de B ha<sup>-1</sup>. *C. juncea* foi a que mais acumulou Zn e Mn. Assim, *S. bicolor* pode proporcionar maior cobertura do solo por maior período, enquanto *C. cajan* maior ciclagem de nutrientes.

## ABSTRACT

The aim of this study was to identify the cutting time for summer cover crops with highest dry weight yield and nutrient accumulation, to use in green manure in no-tillage systems (NTS). The species were *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Mucuna aterrima*, and *Sorghum bicolor*, harvest at five cutting times (90, 98, 110, 134 e 145 days after sower - DAS) to determine the fresh (FW) and dry weight (DW) and the chemical composition of the shoot tissue. Each species was sowed in 800 m<sup>2</sup>, in Londrina-PR, under NTS. Replication were plants harvest in one m<sup>2</sup> and weighed to determine the FW. A sample of this material was collected and put in stoven until constant weight to determine DW. After drying, each sample was crushed, sieved and sent to chemical analysis of the plant tissue. The nutrient accumulation was calculated multiplying the DW by content of each nutrient. Experimental design was completely randomized, with five replication for each variable evaluated. Data were analyzed by Analysis of Variance (ANOVA) and means compared by Tukey test ( $p < 0.05$ ). FW yield increased with time in most species, highlighting *S. bicolor* in the five evaluation times, as to DW yield and C:N ratio. The nutrient content of most crops decreased over time, with lower values to *S. bicolor* and largest to *M. aterrima*. Already the accumulation of nutrients increased over time, especially for *C. cajan*. Legumes had the highest N accumulation when compared to *S. bicolor*, that accumulation of Cu and mainly B also were low, less than 3 g B ha<sup>-1</sup>. *C. juncea* had the highest Zn and Mn accumulation. Thus, *S. bicolor* provided the best soil cover for more time, while *C. cajan* the greater nutrient cycling.

## 3.2 INTRODUÇÃO

O tipo de manejo realizado no solo, se não for planejado e conduzido adequadamente, poderá resultar em solos com menor capacidade produtiva e maior propensão à erosão (BAGATINI et al., 2011). Em áreas cultiváveis, o uso contínuo do sistema plantio convencional (SPC) degrada suas propriedades físicas, devido o rompimento de seus agregados causado pelo

revolvimento, compacta o solo abaixo da camada superficial e o deixa predisposto à erosão (BERTOL et al., 2004).

A estrutura do solo é considerada como uma das mais importantes propriedades, pois está relacionada a outras propriedades fundamentais nas relações solo-planta (SILVA et al., 2011a). A compactação causada pelo uso de equipamentos inadequados de preparo do solo impede o desenvolvimento radicular à procura de nutrientes e de água. Além disso, dificulta a infiltração de água, ocasionando o escoamento superficial que carrega a parte mais fértil do solo (INOUE, 2003; SILVA et al., 2011a), levando consigo os nutrientes (BHARDWAJ et al., 2011). Essa compactação, aliada ao monocultivo contínuo sem a rotação de culturas resulta em rápida degradação do solo (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010).

As práticas conservacionistas de manejo do solo buscam a manutenção e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo cultivado a fim de aumentar o rendimento das culturas (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010). Uma dessas práticas, o sistema plantio direto (SPD), em virtude do pequeno revolvimento do solo, preserva seus agregados e grande parte da sua cobertura (BERTOL et al., 2004). Para que se obtenha sucesso nesse sistema, deve-se atentar para três preceitos básicos: o revolvimento mínimo do solo, a rotação de culturas e o alto aporte de biomassa na superfície do solo (TEIXEIRA et al., 2008).

Para a escolha e arranjo das espécies vegetais nos anos agrícolas, deve-se observar, principalmente, os atributos químicos e físicos do solo, devido às diferenças na extração de nutrientes e na exploração do solo pelas raízes (TEIXEIRA et al., 2008). Por exemplo, as gramíneas milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) acumulam maior quantidade de micronutrientes do que as leguminosas mucuna preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy) e feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002). Enquanto as leguminosas são capazes de se beneficiar da fixação biológica de nitrogênio (FBN), adicionando tal nutriente ao sistema (TEIXEIRA et al., 2008).

Dentre as leguminosas, o guandu (*Cajanus cajan* L. Millsp.) possui sistema radicular profundo e ramificado, que o torna capaz de resistir ao estresse hídrico e o possibilita romper camadas adensadas e compactadas do solo

(PEREIRA, 1985; ALCÂNTARA et al., 2000). Apresenta compostos fenólicos nos exsudados das raízes que quelam o Fe, deixando o fósforo (P) livre na solução do solo para ser absorvido pelas plantas (AE et al., 1990) e tem potencialidades alelopáticas no controle de plantas daninhas, como o picão-preto (*Bidens pilosa* L.) (TEIXEIRA et al., 2004). Desenvolve-se melhor na faixa de temperatura de 20 a 30°C, é pouco exigente em fertilidade e não tolera umidade excessiva nas raízes, com ciclo variando de 140 a 180 dias (CALEGARI, 1995).

O sistema radicular de crotalária (*Crotalaria juncea* L.) é mais curto e denso no local mais fértil do solo, acima do horizonte de impedimento, e por isso a absorção de nutrientes é favorecida (ALVARENGA et al., 1995). Apesar dessa característica, é uma planta pouco exigente em nutrientes, com grande potencial de FBN e rápido crescimento (ARAÚJO; ALMEIDA, 1993). Quanto às condições ambientais, tolera longos períodos de seca, tem baixa tolerância ao encharcamento do solo e média tolerância ao frio (SANTOS, 2005). O ciclo pode chegar a 180 dias, porém para fins de adubação verde recomenda-se o corte no florescimento, aos 120 dias (SALGADO et al., 1987).

Assim como *C. cajan*, a mucuna preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy) possui sistema radicular bastante ramificado e profundo, permitindo extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo (CALEGARI, 1995; CARVALHO et al., 2011). É resistente a nematóides do gênero *Meloidogyne* (WUTKE, 1993), apresenta capacidade fitorremediadora (SANTOS et al., 2007) e possui o composto tóxico de L-Dopa, triptaminas alucinógenas, utilizado na fabricação de um produto para o tratamento da doença de Parkinson. Como a maioria das leguminosas, a mucuna preta tem potencial para FBN por meio de uma relação simbiótica com rizóbios nas raízes (BUCKLES; TRIOMPHE; SAIN, 1998). É resistente a temperaturas elevadas, à seca, ao sombreamento, ligeiramente resistente a um breve encharcamento do solo e desenvolve-se bem em locais ácidos e de baixa fertilidade. O ciclo varia de 210 a 260 dias, devendo ser manejada entre 140 e 170 dias após a emergência, na fase de florescimento e enchimento de vagens. (CALEGARI, 1995).

Essas leguminosas produzem elevada quantidade de biomassa, com adaptabilidade em diferentes regiões edafoclimáticas e alta capacidade de ciclagem de nutrientes e por isso podem ser utilizadas em SPD (CALEGARI, 1995).

A estrutura radicular da gramínea sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*

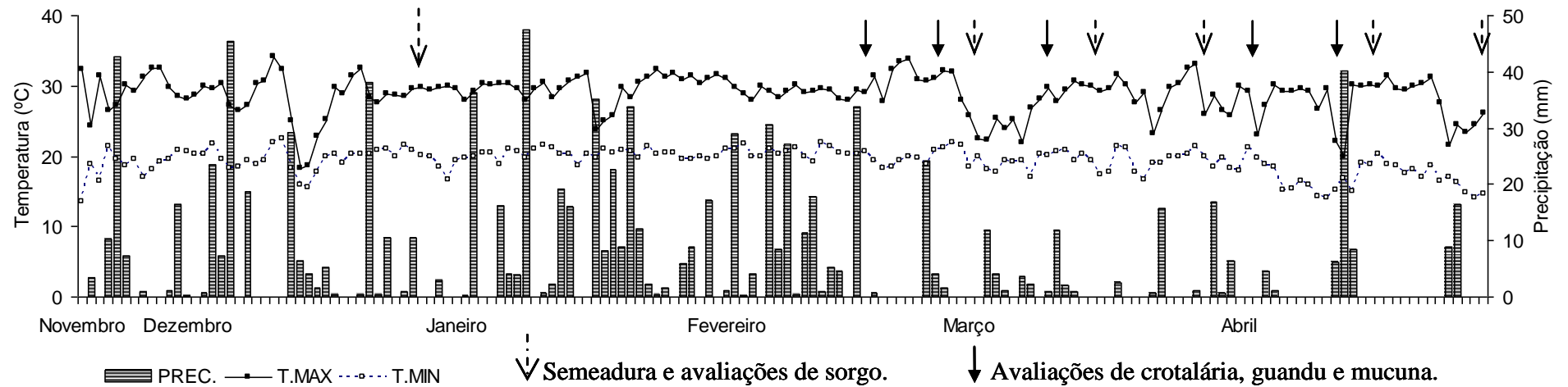
L. Moench) é composta por raízes que, por possuírem sílica na endoderme, apresentam grande quantidade de pelos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo, o que confere à cultura maior tolerância à seca (DINIZ, 2010). Também explora de forma eficiente as camadas mais profundas do solo a procura de água (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2008; QUEIROZ FILHO et al., 2000). Existem variedades adaptadas as diferentes zonas climáticas em uma ampla faixa de latitudes, se adapta a variadas condições de fertilidade do solo e é mais tolerante que o milho (*Zea mays* L.) a alta temperatura e déficit hídrico (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2008; RIBAS, 2008), Pode ser cultivada com sucesso em sistemas de rotação de culturas, pois produz quantidades consideráveis de matéria seca (MATEUS et al., 2011).

Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar a época de corte de plantas de cobertura de verão, com maior produtividade de massa seca e acúmulo de nutrientes, para serem utilizadas na adubação verde, em rotação de culturas no sistema plantio direto.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área experimental no município de Londrina, Paraná, Brasil (23°23'S e 51°11'W), entre os meses de novembro de 2010 e abril de 2011, em Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006). O clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido com verões quentes (KÖPPEN, 1948). Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica durante o período de estudo foram obtidos na estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (Figura 3.1), localizada a cerca de 500 m da área do experimento.

A área total do experimento foi de 0,4 hectares (ha), com características químicas e físicas do solo homogêneas em toda sua extensão e histórico de produção de grãos (soja, milho e trigo) em sucessão a plantas de cobertura de inverno (aveia, centeio, ervilhaca comum, nabo forrageiro e tremoço branco) sob SPD.



**Figura 3.1.** Dados diários de temperaturas máxima (T. MAX) e mínima (T. MIN) do ar; precipitação pluviométrica (PREC.) no período de Novembro/2010 a Abril/2011 em Londrina, Paraná; épocas de avaliação de crotalária, guandu e mucuna e sementeira e épocas de avaliação de sorgo.

**Tabela 3.1.** Ciclo, florescimento, área cultivada, espaçamento entrelinhas, densidade de sementes, data de sementeira e épocas de avaliações das espécies utilizadas. Londrina, 2010/11.

Espécies	Ciclo (dias)	Florescimento (dias)	Espaçamento entrelinhas (m)	Densidade (sementes/m linear)	Sementeira	Épocas de avaliações (dias após a sementeira)				
						1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
<i>Crotalaria juncea</i>	120–150	90 – 120	0,2	20	19/11/2010	90	98	110	134	145
<i>Cajanus cajan</i> (PPPI 832)	180–240	140	0,4	20	19/11/2010	90	98	110	134	145
<i>Mucuna aterrima</i>	240	150 -180	0,4	8	19/11/2010	90	98	110	134	145
<i>Sorghum bicolor</i> (Volumax)	135 - 145	63 - 73	0,9	18	28/12/2010	63	77	90	108	122

As espécies utilizadas, suas respectivas cultivares e características, os detalhes de semeadura e as épocas de avaliação estão descritos na Tabela 3.1. Cada espécie foi semeada em SPD, em uma área de 800 m<sup>2</sup> (20x40 m), em 19/11/2010 para todas as culturas, exceto para o sorgo, que teve a semeadura atrasada, 28/12/2010. Também as épocas de avaliação foram as mesmas para as leguminosas, aos 90, 98, 110, 134 e 145 dias após a semeadura (DAS), enquanto as do sorgo foram adiantadas, aos 63, 77, 90, 108 e 122 DAS, devido ao ciclo mais curto (com o intuito de coincidir a fase de florescimento em todas elas).

Não foram utilizados fertilizantes e nem agrotóxicos e o manejo realizado foi somente a capina, quando o grau de infestação de plantas daninhas pudesse prejudicar o desenvolvimento das culturas.

Foram avaliados a produtividade de massa fresca (MF) e seca (MS) e a composição química (N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn) da parte aérea das plantas de cobertura. Para a amostragem e obtenção da MF, utilizou-se um quadro de madeira (1,0 x 1,0 m), colocado aleatoriamente na área de cada espécie. As plantas contidas nesse quadro foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em sacos e pesadas em seguida para determinar a MF. Esse quadro foi colocado cinco vezes por área (5 repetições) em cada época de avaliação.

Para determinar a MS, de cada uma das repetições foi retirada uma amostra contendo plantas inteiras, com MF conhecida (aproximadamente 300 g), que foi colocada em saco de papel e seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir massa constante.

Após a determinação da MS, as amostras foram trituradas, passadas em peneira de 1,0 mm e encaminhadas para caracterização química através do método de análise química de tecido vegetal. Os teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e B foram determinandos de acordo com métodos descritos em Silva et al. (2009) e o acúmulo nutricional foi calculado multiplicando-se o valor da produtividade de MS pelo teor de cada nutriente na parte aérea das plantas de cobertura.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. A produtividade de MF e MS foi analisada em esquema fatorial 4 x 5 (espécies x épocas de avaliação), enquanto os teores e acúmulos de cada nutriente foi analisado individualmente nas diferentes épocas para cada espécie. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F e as médias comparadas

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4.1 Produtividade de Massa Fresca e Seca das Plantas de Cobertura

Na comparação de cada espécie e em épocas diferentes de avaliação, as produtividades de MF foram crescentes para a maioria das culturas, exceto para *C. juncea* em que não houve diferença entre as épocas, produzindo em média 45,4 Mg ha<sup>-1</sup>. *C. cajan* apresentou aumento de 92,6% na produtividade de MF dos 90 aos 145 DAS, enquanto *M. aterrima* de 54,3% dos 110 aos 145 DAS e *S. bicolor* de 25,9% dos 90 aos 134 DAS (Tabela 3.2).

Com relação às espécies em cada época de avaliação, *C. juncea* e *S. bicolor* foram as que mais produziram MF aos 90 e 98 DAS, com média de 53 Mg ha<sup>-1</sup> em cada época. Nas demais épocas, *S. bicolor* foi a que mais se destacou, produzindo cerca de 70 Mg ha<sup>-1</sup> de MF aos 110 DAS (Tabela 3.2).

As produtividades crescentes de MF na maioria das culturas (Tabela 3.2) se devem pois não ocorreu déficit hídrico durante todo o ciclo, principalmente no período vegetativo (Figura 3.1). Além disso, as temperaturas entre 20 e 30 °C na maior parte do tempo, são favoráveis ao bom desenvolvimento de *C. cajan*, de acordo com Calegari (1995). Segundo este autor, a espécie *M. aterrima* apresenta rápido crescimento em condições favoráveis de umidade, insolação e fertilidade do solo, proporcionando tais resultados. Já *S. bicolor* é considerado uma planta resistente a clima mais seco e quente (RIBAS, 2008), e em condições adequadas, com temperaturas superiores a 21°C, seu crescimento e desenvolvimento são favorecidos (MAGALHÃES; DURÃES, RODRIGUES, 2008). Apresenta alta produtividade de MF, mais de 70 t ha<sup>-1</sup>, destacando-se entre outras espécies (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002), da mesma forma que no presente estudo.

**Tabela 3.2.** Produtividade de massa fresca e seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de plantas de cobertura em diferentes épocas de avaliação. Londrina, 2010/11

Produtividade de massa fresca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )										
Cultura	90 DAS <sup>a</sup>		98 DAS		110 DAS		134 DAS		145 DAS	
<i>Crotalaria juncea</i>	52,6±4,6	aA <sup>b</sup>	47,9±3,4	abA	43,7±3,6	bA	40,4±0,8	bA	42,5±2,0	bA
<i>Cajanus cajan</i>	27,0±1,6	bB	38,5±2,0	bAB	44,6±2,9	bA	49,5±4,6	bA	52,2±3,2	bA
<i>Mucuna aterrima</i>	38,2±1,4	bAB	35,3±1,7	bAB	29,3±2,0	cB	44,8±1,3	bA	45,2±1,6	bA
<i>Sorghum bicolor</i> <sup>c</sup>	54,4±4,6	aB	58,4±5,9	aAB	69,9±5,9	aA	68,5±3,9	aA	65,4±5,6	aAB
CV %	16,6									
Produtividade de massa seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )										
<i>Crotalaria juncea</i>	12,6±1,2	aA	11,7±0,8	aA	12,3±1,0	bA	12,0±0,6	bA	14,0±0,7	cA
<i>Cajanus cajan</i>	6,1±0,3	bcD	9,6±0,5	aCD	13,2±0,9	abBC	15,4±1,6	bAB	18,0±1,1	bA
<i>Mucuna aterrima</i>	5,1±0,1	cA	5,7±0,3	bA	5,1±0,7	cA	6,7±0,2	cA	7,9±0,4	dA
<i>Sorghum bicolor</i> <sup>c</sup>	9,5±1,0	abC	11,8±1,5	aC	16,4±1,0	aB	22,4±1,3	aA	22,7±1,8	aA
CV %	18,0									

<sup>a</sup> DAS: dias após a semeadura.

<sup>b</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para cada data de avaliação em cada produtividade e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, para cada espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>c</sup> Datas de avaliação: 63, 77, 90, 108 e 122 DAS.

Já a produtividade de MS de cada espécie nas diferentes épocas de avaliação foi crescente em *C. cajan*, que triplicou dos 90 aos 145 DAS, atingindo 18 Mg ha<sup>-1</sup>, e em *S. bicolor*, que duplicou nesse mesmo período, chegando a 23 Mg ha<sup>-1</sup>. Não houve diferença entre as épocas de avaliação em *C. juncea*, com média de 12,5 Mg ha<sup>-1</sup>, e em *M. aterrima*, com 6,1 Mg ha<sup>-1</sup>.

Comparando as espécies em uma mesma época de avaliação, da mesma forma que para a produtividade de MF aos 90 DAS, a MS foi maior em *C. juncea* e *S. bicolor*, respectivamente 12,6 e 9,5 Mg ha<sup>-1</sup>. Já aos 98 DAS além dessas espécies, que produziram mais de 10 Mg ha<sup>-1</sup> cada, *C. cajan* também se destacou com 9,6 Mg ha<sup>-1</sup> de MS. Aos 110 DAS, novamente *S. bicolor* e *C. cajan* foram as que mais produziram, com média de 14,8 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto aos 134 e 145 DAS somente *S. bicolor* produziu mais de 22 Mg ha<sup>-1</sup> em cada uma das épocas, diferindo das demais.

Em algumas culturas, as produtividades de MS comportaram-se como as de MF. De modo geral, os valores encontram-se inseridos ou superam os limites citados por Calegari (1995) de 5 a 15 Mg ha<sup>-1</sup> em *C. juncea*, de 3 a 22 Mg ha<sup>-1</sup> em *C. cajan* e de 4 a 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> em *M. aterrima*, confirmando o alto potencial de produção de MS dessas espécies. Os resultados observados em *S. bicolor* após os 110 DAS também são superiores aos reportados por Oliveira; Carvalho; Moraes (2002) de 15,5 Mg ha<sup>-1</sup>, um dos maiores valores quando comparado às outras culturas, assim como neste trabalho. Esta espécie consiste em uma boa opção como planta de cobertura em SPD devido à alta produtividade de fitomassa (MATEUS et al., 2011) e ciclo mais curto do que as demais.

Apesar de crescentes, os valores de produtividade de MS diferiram entre as espécies de leguminosas. Isso pode ser atribuído, em parte, pelas condições locais, que favorecem determinadas plantas dessa família em detrimento de outras e também ao ciclo da planta, que quanto maior, tende a produzir maior quantidade de biomassa (ALVARENGA et al., 1995). De acordo com os autores, *C. cajan* apresenta maior produção de MS e absorção de nutrientes comparado as outras culturas. Isso pode ser verificado também neste trabalho aos 98 e 110 DAS, quando a produtividade de MS dessa cultura equiparou-se a de *S. bicolor* e a *C. juncea* (aos 98 DAS).

Com relação a *M. aterrima*, a ausência de diferença entre as épocas de avaliação nas produtividades de MF e MS, pode ser explicada pela

adaptabilidade da espécie as diversas condições climáticas. De acordo com Amabile; Fancelli; Carvalho (2000), quando semeada em três épocas distintas, 12 de novembro de 1991, 7 de janeiro e 4 de março de 1992, *M. aterrima* não demonstrou resposta significativa na produção de MF nem MS, da mesma forma como neste trabalho.

### 3.4.2 Caracterização Química das Plantas de Cobertura

A relação C:N na *C. juncea* e no *S. bicolor* aumentou com o tempo de avaliação, sendo que na primeira os valores quase dobraram dos 98 aos 134 DAS, quando apresentou 50:1, e no *S. bicolor* a relação foi de 69:1 aos 63 DAS para 109:1 aos 108 DAS. Com relação a *C. cajan* e a *M. aterrima*, não houve diferença significativa entre as épocas de avaliação, com médias de 23,9 e 13,5:1, respectivamente. *S. bicolor* foi a espécie que apresentou os maiores valores de relação C:N, enquanto *M. aterrima* os menores (Tabela 3.3).

Os teores de N aumentaram 59% dos 90 aos 98 DAS na *C. juncea*, atingindo  $20,2 \text{ g kg}^{-1}$ , e depois diminuíram pela metade aos 134 DAS. No *S. bicolor* houve uma redução de  $7,1 \text{ g kg}^{-1}$  aos 63 DAS para  $4,6 \text{ g kg}^{-1}$  aos 108 DAS. Da mesma forma que na relação C:N, não houve diferença entre as épocas de avaliação em *C. cajan* e *M. aterrima*, cujos teores médios foram de  $20,7$  e  $36 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, valores estes que fizeram com que essas culturas se destacassem, principalmente quando comparadas a *S. bicolor*.

A baixa relação C:N, característica de leguminosas, contribui para a rápida mineralização dos resíduos, com maior liberação de N mineral para o solo (GIACOMINI et al., 2003; DONEDA et al., 2012). Já o alto teor de N observado, principalmente, em *M. aterrima*, pode ser explicado pela FBN que espécies dessa família realizam, sendo que boa parte desse nutriente é incorporado ao tecido vegetal via fixação simbiótica de  $\text{N}_2$  atmosférico (AITA et al., 2001).

**Tabela 3.3.** Relação C/N e composição química (N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn) da parte aérea de plantas de cobertura em diferentes épocas de avaliação. Londrina, 2010/11.

<i>Crotalaria juncea</i>																				
DAS <sup>a</sup>	C/N	g kg <sup>-1</sup>										mg kg <sup>-1</sup>								
		N		P		K		Ca		Mg		Cu		Zn		B		Mn		
90	39,0±2,0	ab <sup>b</sup>	12,7±0,5	b	1,5±0,1	b	18,6±0,6	b	4,4±0,2	b	1,8±0,1	b	8,0±2,1	a	15,5±0,9	b	12,3±0,54	b	51,9±10,9	b
98	23,9±1,2	b	20,2±0,9	a	2,5±0,1	a	21,2±0,6	a	6,6±0,6	a	2,7±0,2	a	8,7±0,3	a	20,6±0,7	ab	16,9±0,	a	34,7±3,3	b
110	43,9±4,7	a	11,9±1,3	b	1,8±0,2	b	18,2±0,6	b	4,3±0,4	b	1,6±0,1	bc	7,0±0,6	a	20,2±1,4	ab	12,4±1,1	b	33,0±3,0	b
134	50,3±7,0	a	10,7±1,3	b	1,6±0,1	b	16,2±0,5	b	3,7±0,4	b	1,2±0,1	c	7,4±1,0	a	19,2±1,5	ab	10,8±0,8	b	67,7±12,2	ab
145	38,3±3,2	ab	13,3±1,2	b	2,1±0,2	ab	17,8±0,7	b	4,6±0,2	b	1,7±0,1	bc	9,1±0,4	a	24,2±1,4	a	12,3±0,7	b	92,7±9,8	a
CV%	23,8		17,5		17,9		7,3		17,5		15,7		30,2		13,7		13,9		35,0	
<i>Cajanus cajan</i>																				
90	20,8±1,6	a	22,9±1,5	a	2,6±0,2	a	22,8±0,4	a	7,8±0,3	a	1,9±0,1	a	15,1±0,9	a	24,0±1,5	a	18,5±1,2	a	68,5±6,5	a
98	21,2±1,1	a	22,4±1,1	a	3,0±0,6	a	22,0±0,7	ab	5,6±0,1	b	1,8±0,04	ab	11,8±0,5	bc	20,8±1,3	ab	15,8±0,3	b	42,1±2,7	b
110	25,3±1,3	a	19,0±1,1	a	3,0±0,6	a	19,8±0,4	bc	5,3±0,3	b	1,6±0,1	b	12,8±0,3	b	18,6±0,7	b	15,2±0,2	b	50,7±0,9	b
134	26,2±1,3	a	19,1±0,9	a	2,4±0,1	a	18,2±0,7	c	4,8±0,2	b	1,5±0,1	bc	12,0±0,2	bc	17,6±0,5	c	13,5±0,3	bc	51,3±2,5	b
145	26,0±1,7	a	20,0±1,4	a	2,2±0,1	a	18,0±0,8	c	4,7±0,4	b	1,4±0,1	c	9,9±0,3	c	17,9±0,5	c	11,7±0,6	c	44,4±2,4	b
CV%	13,3		13,0		33,2		6,7		11,2		7,4		9,4		11,2		24,0		15,4	
<i>Mucuna aterrima</i>																				
90	13,9±0,9	a	34,6±2,0	a	3,9±0,2	a	27,2±0,7	a	7,0±1,1	a	1,8±0,1	a	17,2±0,3	a	28,8±0,9	a	25,5±0,8	a	87,3±14,4	a
98	14,2±1,4	a	35,0±2,8	a	3,5±0,2	ab	26,0±0,8	ab	5,1±0,6	a	1,7±0,1	a	16,3±0,5	ab	25,1±0,7	b	22,5±1,0	b	74,3±5,6	ab
110	12,2±0,4	a	39,0±1,1	a	3,8±0,1	a	25,4±0,8	ab	5,3±0,2	a	1,7±0,03	a	15,9±0,3	ab	25,9±0,7	b	22,9±0,8	ab	73,9±4,5	ab
134	12,6±0,4	a	37,9±1,1	a	3,9±0,1	a	26,6±0,7	a	4,8±0,2	a	1,6±0,03	a	15,6±0,2	b	25,8±0,7	b	18,4±0,2	c	54,1±3,1	b
145	14,4±0,3	a	33,4±0,8	a	3,2±0,1	b	23,2±0,4	b	5,5±0,2	a	1,6±0,03	a	13,8±0,2	c	23,2±0,3	b	17,9±0,2	c	79,8±3,8	ab
CV%	12,9		10,7		7,9		6,0		24,0		10,1		4,7		5,9		7,0		22,7	
<i>Sorghum bicolor</i>																				
63	69,3±2,2	b	7,1±0,3	a	1,6±0,1	b	23,0±1,4	a	2,6±0,1	a	2,2±0,1	a	4,2±0,2	a	13,0±0,4	a	0,3±0,1	a	27,1±1,4	a
77	70,2±5,8	b	7,1±0,7	a	1,3±0,1	b	20,0±1,5	ab	2,5±0,1	ab	2,2±0,1	a	4,2±0,2	a	12,3±0,4	ab	0,02±0,01	a	26,0±3,4	a
90	75,0±6,9	b	6,8±0,6	a	1,5±0,1	b	16,0±0,6	b	2,1±0,1	bc	1,9±0,1	ab	3,7±0,2	ab	12,3±0,4	ab	0,1±0,1	a	27,2±2,3	a
108	109,0±5,6	a	4,6±0,2	b	1,4±0,1	b	9,8±0,7	c	1,6±0,1	d	1,6±0,1	b	3,0±0,1	bc	11,2±0,4	b	0,00±0,00	a	22,4±2,0	a
122	88,3±5,4	ab	5,7±0,3	ab	2,1±0,2	a	10,4±0,4	c	1,8±0,03	cd	1,9±0,03	ab	2,8±0,2	c	13,1±0,4	a	0,01±0,01	a	24,5±0,7	a
CV%	14,6		15,9		16,8		14,4		9,8		11,8		11,2		7,2		192,6		18,8	

<sup>a</sup> DAS: Dias após a semeadura.

<sup>b</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada cultura, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao contrário, em gramíneas como o *S. bicolor* a relação C:N é maior e o teor de N é menor, como pode ser observado. Esse baixo teor de N ocorre devido a ausência de bactérias simbióticas que fixam  $N_2$  do ar. Quanto a relação C:N, quando resíduos com altos valores são incorporados ao solo, o N inorgânico pode ser imobilizado durante o período de decomposição. Isso acontece devido à população microbiana decompositora do resíduo, que aumenta sua biomassa em resposta a fonte de C e acaba por utilizar boa parte do N. Porém, esta imobilização é temporária, pois o processo de decomposição continua e a relação C:N vai diminuindo, assim como a biomassa microbiana, acarretando na liberação de N ao solo (FAGERIA, 2007).

Ainda, a alta relação C:N de *S. bicolor* possibilita que seus resíduos permaneçam mais tempo sobre o solo, protegendo-o da chuva, de altas temperaturas e evitando o desenvolvimento de plantas daninhas.

Por isso, é necessário escolher corretamente a espécie de cobertura a ser utilizada de acordo, principalmente, com o cultivo subsequente, para que a mineralização de N dos seus resíduos ocorra em sincronia com a demanda de N pela cultura sucessora (AITA et al., 2001).

Os teores de P na *C. juncea* aumentaram de  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  aos 90 DAS para  $2,5 \text{ g kg}^{-1}$  aos 98 DAS, porém diminuiu 36% desse último valor aos 134 DAS. Já na *M. aterrima* os teores diminuíram com o tempo, 18% dos 90 aos 145 DAS, quando chegou a  $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ , e apesar da redução, foi a que apresentou os maiores valores quando comparada às demais espécies. Ao contrário, os teores desse nutriente no *S. bicolor* aumentaram 31% dos 63 aos 122 DAS, alcançando nesta  $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ , e ainda assim foi a que apresentou os menores teores. Já em *C. cajan*, não houve diferença entre as épocas de avaliação, sendo que a média foi de  $2,6 \text{ g de P kg}^{-1}$ .

Para a maioria das culturas os teores de K diminuíram com as épocas de avaliação. Em *C. cajan* a redução foi de 21% dos 90 aos 145 DAS, quando o valor foi de  $18 \text{ g kg}^{-1}$ ; na *M. aterrima* foi de quase 15% nesse mesmo período, atingindo  $23,2 \text{ g kg}^{-1}$  aos 145 DAS e no *S. bicolor* essa redução foi ainda maior, pois aos 122 DAS o valor era menos da metade do inicial de  $23 \text{ g kg}^{-1}$ . Na *C. juncea*, os teores desse nutriente aumentaram 14% dos 90 aos 98 DAS, alcançando o maior valor,  $21,2 \text{ g kg}^{-1}$ , e depois reduziram em mais de 20% aos 134 DAS. Como com os outros nutrientes, *M. aterrima* apresentou os maiores teores de K, enquanto

*S. bicolor* os menores.

Semelhante aos teores de K, os de Ca reduziram em cerca de 40% dos 90 aos 145 DAS em *C. cajan*, chegando a  $4,7 \text{ g kg}^{-1}$ , e em 30% no mesmo período em *S. bicolor*, com  $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ . Na *C. juncea*, os teores de Ca também aumentaram, 50% dos 90 aos 98 DAS, atingindo  $6,6 \text{ g kg}^{-1}$ , e reduziram para  $3,7 \text{ g kg}^{-1}$  aos 134 DAS. Já em *M. aterrima* não houve diferença significativa entre as épocas de avaliação, com média de  $5,5 \text{ g kg}^{-1}$ . Novamente, *S. bicolor* foi o que menos se destacou, devido aos baixos teores de Ca.

Os teores de Mg nas quatro culturas apresentaram o mesmo comportamento dos de Ca, sendo que na *C. juncea*, o aumento também foi de 50% dos 90 aos 98 DAS, quando apresentou  $2,7 \text{ g kg}^{-1}$ , e a redução foi de 37% dos 98 aos 134 DAS. Em *C. cajan* a redução foi de mais de 25% dos 90 aos 145 DAS e em *S. bicolor* de 27,3% no mesmo período. Novamente, não houve diferença significativa entre as épocas de avaliação na *M. aterrima*, com média de  $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ .

Com relação aos micronutrientes, não houve diferença significativa entre as épocas de avaliação nos teores de Cu na *C. juncea*, com média de  $8 \text{ mg kg}^{-1}$ . Para as demais culturas, houve redução nos teores desse nutriente, de 15 para  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  dos 90 aos 145 DAS em *C. cajan*; de 17 para  $14 \text{ mg kg}^{-1}$  no mesmo período para *M. aterrima* e de 4,0 para  $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$  no *S. bicolor*. Essas duas últimas culturas apresentaram, respectivamente, os maiores e os menores teores de Cu quando comparadas as outras, assim como com os macronutrientes.

Os teores de Zn também diminuiram em *C. cajan*, mais de 25% dos 90 aos 145 DAS, chegando a  $18 \text{ mg kg}^{-1}$ , e na *M. aterrima*, 19,4% no mesmo período, com  $23,2 \text{ mg kg}^{-1}$  aos 145 DAS. Já em *S. bicolor*, os teores desse nutriente reduziram de 13 para  $11,2 \text{ mg kg}^{-1}$  dos 90 aos 134 DAS e aos 145 DAS, o valor foi igual ao inicial. Somente a *C. juncea* que apresentou um aumento de mais de 50% dos 90 aos 145 DAS, quando alcançou  $24,2 \text{ mg kg}^{-1}$ . Novamente, a *M. aterrima* se destacou dentre as outras espécies, principalmente do *S. bicolor*, devido aos maiores teores de Zn.

Do mesmo modo, os teores de B diminuiram em *C. cajan* e na *M. aterrima*, respectivamente, de 18,5 para  $11,7 \text{ mg kg}^{-1}$  dos 90 aos 145 DAS e de 25,5 para  $17,9 \text{ mg kg}^{-1}$ , no mesmo período. Ao contrário, na *C. juncea*, houve aumento de 37,4% dos 90 aos 98 DAS, com  $16,9 \text{ mg kg}^{-1}$  de B, porém, em seguida, uma redução de 36% desta aos 134 DAS. Não houve diferença significativa entre as épocas de

avaliação no *S. bicolor*, com média de  $0,086 \text{ mg kg}^{-1}$ , valor bem abaixo do verificado nas demais culturas.

Também em *C. cajan* e na *M. aterrima* os teores de Mn reduziram com as épocas de valiação. Foram mais de 35% em ambas as espécies, que chegaram com teores de  $44 \text{ mg kg}^{-1}$  aos 145 DAS em *C. cajan* e com  $54,1 \text{ mg kg}^{-1}$  aos 134 DAS em *M. aterrima*. Contrariamente, na *C. juncea* os teores aumentaram de 52 para  $93 \text{ mg kg}^{-1}$  dos 90 aos 145 DAS, sendo este o maior valor observado entre todas as espécies. E, novamente no *S. bicolor*, não houve diferença entre as épocas de avaliação, com média de  $25,4 \text{ mg kg}^{-1}$ , valor abaixo do verificado nas demais culturas.

Com exceção do Mg em *S. bicolor*, todos os nutrientes foram encontrados em teores inferiores aos das leguminosas. Carvalho et al. (1999) também observaram menores teores de nutrientes na gramínea *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown, quando comparada a várias leguminosas.

Da mesma forma que no presente estudo, Silva et al. (2002) verificaram que leguminosas lenhosas, como *C. juncea* e *C. cajan*, apresentam teores inferiores de nutrientes, enquanto as herbáceas e rasteiras, entre elas a *M. aterrima*, proporcionam teores superiores, principalmente de N, S e P, fundamentais na formação de proteínas. Com exceção do S, que não foi avaliado neste trabalho, o teor de K também foi superior na *M. aterrima*. Os mesmos autores relatam que em leguminosas incorporadas mais tarde, aos 148 DAS (três dias a mais da última avaliação realizada no presente trabalho), ocorre redução nos teores médios de N, P, Ca, Mg, B e Zn. Esse comportamento também foi observado neste estudo em vários nutrientes das leguminosas e também no *S. bicolor*.

A redução nos teores desses nutrientes provavelmente ocorreu devido à senescência de folhas que promove sua abscisão. A queda das folhas remove da planta seus sais minerais e é considerada um mecanismo de descarte de resíduos e reciclagem de nutrientes (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

### 3.4.3 Acúmulo de Nutrientes

Ao contrário do teor nutricional, o acúmulo da maioria dos nutrientes aumentou com o tempo em todas as espécies, como o N em *C. cajan*, *M. aterrima* e *S. bicolor*. Somente na *C. juncea* houve variação no acúmulo desse nutriente, redução de 236 para 128,5 kg ha<sup>-1</sup> dos 98 aos 134 DAS, seguido de um aumento de 45,1%, aos 145 DAS. Da mesma forma, os acúmulos de P, K, Ca e Mg também variaram entre as épocas de avaliação nessa cultura, porém ainda houve incremento de 18,9 para 29,7 kg ha<sup>-1</sup> dos 90 aos 145 DAS, para o P; de 194,2 para 249,9 kg ha<sup>-1</sup> dos 134 aos 145 DAS para o K e, nesse mesmo período, de 43,7 para 64,8 kg ha<sup>-1</sup> para o Ca. Ao contrário, o acúmulo de Mg diminuiu 52,9% dos 98 aos 134 DAS, apresentando nesta época o menor valor, 14,7 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3.4).

Essa variação no acúmulo de alguns nutrientes em *C. juncea*, com valores superiores aos 98 DAS, pode ser explicada pela chuva do dia anterior (Figura 3.1), o que fez a planta absorver maior quantidade de nutrientes. O mesmo ocorreu aos 145 DAS, quando vários nutrientes voltaram a apresentar os maiores acúmulos após a chuva do dia anterior e do dia da avaliação.

Os acúmulos de alguns nutrientes em *C. cajan* aos 145 DAS foram mais do que o dobro dos valores aos 90 DAS, chegando a 359,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, 39,5 kg ha<sup>-1</sup> de P, 323,1 kg ha<sup>-1</sup> de K e 24,5 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, enquanto que o Ca aumentou 76,4% no mesmo período, acumulando 84,5 kg ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS. Exceto para o P e o Mg, esses acúmulos foram os maiores comparados aos das outras espécies.

Já na *M. aterrima*, o acúmulo de N foi de cerca de 50% dos 90 aos 145 DAS, quando atingiu 265,3 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no *S. bicolor*, o acúmulo no mesmo período passou de 90%, com 128,3 kg ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS. Nessa espécie, o acúmulo de P triplicou dos 90 aos 145 DAS, chegando a 46,9 kg ha<sup>-1</sup>, maior valor dentre todas as culturas, enquanto na *M. aterrima* o aumento foi de 29,1% nas mesmas épocas, com 25,7 kg ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS.

O acúmulo de K em *M. aterrima* foi crescente com as avaliações, de 139,3 kg ha<sup>-1</sup> aos 90 DAS para 184,2 kg ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS. Já em *S. bicolor*, não houve diferença significativa entre as épocas de avaliação, com média de 234,5 kg ha<sup>-1</sup>. Também os acúmulos de Ca e Mg foram crescentes nas duas espécies, com aumentos superiores a 45% na *M. aterrima*, chegando a 43,3 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 13,1

kg ha<sup>-1</sup> de Mg, aos 145 DAS. No *S. bicolor*, houve um aumento de 68,4% no acúmulo de Ca, dos 90 aos 145 DAS, e nesse mesmo período o valor de Mg mais que dobrou, chegando a 43,7 kg ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS.



Também os acúmulos de micronutrientes foram crescentes no decorrer do tempo, exceto o de Cu em *C. juncea*, em que não houve diferença entre as épocas de avaliação, com média de 100,8 g ha<sup>-1</sup> e de B em *S. bicolor*, com média de 0,9 g ha<sup>-1</sup>, valor bem abaixo das demais espécies, como já observado com os teores desse nutriente.

Em *C. cajan* o aumento foi de mais de 90% dos 90 aos 145 DAS, quando acumulou 177,9 g ha<sup>-1</sup> de Cu, apresentando os maiores valores e o maior acúmulo. Também, no *S. bicolor* aumentou 57,2% no mesmo período, chegando a 63,2 g ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS, enquanto na *M. aterrima* houve variação do acúmulo de Cu, com fase decrescente e crescente, sendo que o aumento verificado entre os 90 e 145 DAS foi de 25%, atingindo 109,9 g ha<sup>-1</sup> na última avaliação.

O acúmulo de Zn foi crescente em todas as culturas, sendo que em *C. cajan* e no *S. bicolor* os valores mais que dobraram dos 90 aos 145 DAS, alcançando 320,3 e 296,3 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na *C. juncea*, o aumento foi de 195 para 339,7 g ha<sup>-1</sup> nesse mesmo período, valor superior ao das outras espécies, e na *M. aterrima*, esse acréscimo foi menor, 24,7% dos 90 aos 145 DAS, alcançando 183,8 g ha<sup>-1</sup>.

Ao contrário, na *C. juncea* houve variação no acúmulo de B, e apesar disso, o valor aumentou de 129,8 g ha<sup>-1</sup> aos 134 DAS para 172,7 g ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS. Já em *C. cajan* e na *M. aterrima* os acúmulos aumentaram, 86% em *C. cajan*, dos 90 aos 145 DAS, chegando a 210,6 g ha<sup>-1</sup>, maior valor quando comparado aos das demais, e 20,4% na *M. aterrima*, no mesmo período, e com 141,7 g ha<sup>-1</sup> também aos 145 DAS.

Da mesma forma que o acúmulo de Zn, o de Mn também foi crescente com o passar do tempo. Os aumentos foram superiores a 90% dos 90 aos 145 DAS na *C. juncea* e em *C. cajan*, com valores, respectivamente, de 1301,2 e 797,6 g ha<sup>-1</sup>, superiores aos das demais espécies. No *S. bicolor* o acúmulo de Mn mais que dobrou no mesmo período, chegando a 556,1 g ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS, enquanto na *M. aterrima* o aumento foi de 42%, com 634 g ha<sup>-1</sup> aos 145 DAS.

Os períodos com alto teor de nutrientes não coincidiram com os de acúmulos superiores, na maioria das culturas, pois essa variável (acúmulo nutricional) foi mais influenciada pela produtividade de MS do que pelo teor de nutrientes. Alvarenga et al. (1995) também relataram que a capacidade das leguminosas de absorver os nutrientes e imobilizá-los seguiu a mesma tendência da

produção de biomassa.

Esse acúmulo de nutrientes possibilita às espécies avaliadas, principalmente a *C. juncea* e o *C. cajan*, serem consideradas grandes incorporadoras de macro e micronutrientes, pois absorvem os nutrientes lixiviados no perfil do solo, das camadas subsuperficiais, trazendo-os novamente à superfície onde estarão disponíveis às culturas econômicas sucessoras (SILVA et al., 2002).

Na verdade, *C. juncea* possui raízes menos profundas e em maior densidade acima do horizonte de impedimento, local mais fértil, o que favorece a absorção de nutrientes. Ao contrário, *C. cajan* apresenta raízes mais profundas, o que facilita não só a reciclagem de nutrientes como também a absorção de água e o enraizamento da cultura sucessora (ALVARENGA et al., 1995). Essa característica esclarece o fato de essa espécie ter apresentado os maiores acúmulos de N, P, K, Ca, Cu e B, comparada as outras leguminosas e ao *S. bicolor*, no presente trabalho. Por isso, o *C. cajan* seria a espécie mais indicada para ciclagem de nutrientes em SPD.

Com relação a *M. aterrima*, mesmo apresentando enraizamento bastante profundo (BURLE et al., 2006) os acúmulos de nutrientes observados não foram tão elevados como nas outras leguminosas nem como o verificado com os teores nutricionais. Ainda assim, esse tipo de planta não só fixa N<sub>2</sub> do ar como também incorpora outros nutrientes essenciais e em quantidade satisfatória para o cultivo subsequente (FAGERIA, 2007). Porém, a cultura sucessora deve ser implantada o mais rápido possível, já que a relação C:N de *M. aterrima* é baixa, e, conseqüentemente, seus resíduos são degradados rapidamente.

Da mesma forma que no *C. cajan* e na *M. aterrima*, no *S. bicolor* o sistema radicular é profundo, podendo chegar a 1,5 m, com aproximadamente 80% das raízes localizando-se nos primeiros 30 cm no solo, e a 2 m de extensão lateral (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2008). Isso poderia explicar o potencial dessa cultura no acúmulo de determinados nutrientes, como P e K, com valores inferiores somente a *C. cajan*, e também Mg, com valores superiores aos das leguminosas. Mateus et al. (2011) também verificaram alta capacidade de ciclagem de P e K, além de N, de *S. bicolor* subespécie *bicolor* raça guinea. Também observaram, como no presente trabalho, que o acúmulo de K foi superior ao de N, o que demonstra a alta demanda da planta por esse nutriente e conseqüentemente seu potencial em reciclá-lo.

Já o baixo acúmulo do micronutriente B verificado em *S. bicolor* neste estudo, muito inferior aos citados por Mateus et al. (2011) em várias épocas de semeadura, até mesmo na mais tardia (em 3 de abril de 2001), em Nitossolo Vermelho, poderia indicar uma deficiência na planta.

Dependendo da situação e do sistema de cultivo em que se pretende trabalhar, indica-se a espécie mais adequada, já que existe uma diversidade genética entre as culturas, que apresentam variações no comportamento nutricional. Por isso, cada uma pode ser considerada um potencial diferenciado na produção de fitomassa e na reciclagem de nutrientes do solo (MENEZES; LEANDRO, 2004).

Embora *C. cajan* seja considerada a espécie mais indicada como planta de cobertura em SPD, devido à produtividade de MS e ao acúmulo de nutrientes que pode proporcionar, a escolha da melhor cultura depende também de outros fatores, como o período disponível para ocupação do solo, quais culturas serão associadas, se há disponibilidade de sementes, entre outros. Como *C. cajan* apresenta o ciclo muito longo, sua associação a um sistema de produção de culturas em sucessão, dentro de um mesmo ano agrícola, é dificultada. Assim, espécies como *C. juncea* e *S. bicolor*, que apresentam ciclo menor e o florescimento mais cedo, poderiam substituir *C. cajan* e também proporcionar boa cobertura e reciclagem de nutrientes (ALVARENGA et al., 1995).

Por outro lado, em um sistema de rotação de culturas, *C. cajan* poderia ocupar parte da área cultivada por um determinado período (ALVARENGA et al., 1995), podendo servir como planta de cobertura e adubo verde, como banco de proteínas e na alimentação animal, pois a forragem possui entre 16 a 23% de proteína no período de florescimento (CALEGARI, 1995). Da mesma forma, *M. aterrima*, que apresenta ciclo longo, poderia ser utilizada para ciclagem de nutrientes em áreas com disponibilidade de ocupação do solo e para cultura sucessora com necessidade de nutrientes já no início do ciclo, pois a baixa relação C:N dessa espécie faz com que os resíduos sejam degradados rapidamente.

Como na maioria das culturas os acúmulos foram superiores nas avaliações mais tardias, ou seja, mais ao final do período de florescimento, acompanhando os valores de produtividade de MS, o corte dessas espécies poderia ser realizado nessa fase.

Entretanto, mesmo que a espécie imobilize grande quantidade de

nutrientes em sua biomassa, principalmente no final do florescimento, eles não estarão prontamente disponíveis a cultura subsequente (ALVARENGA et al., 1995). A liberação desses nutrientes ao solo depende não só da espécie utilizada, com sua relação C:N, a proporção entre talos e folhas, os teores de lignina e da composição bioquímica do material, mas também das condições edafoclimáticas, como textura, estrutura, acidez, fertilidade, temperatura e umidade do solo, além da atividade microbiana, entre outros (AITA et al., 2001; CRUSCIOL et al., 2005; FAGERIA, 2007; CARVALHO et al., 2011).

Assim, seria interessante verificar como ocorre a liberação dos nutrientes no solo, na região em que seu deu esse estudo, e por quanto tempo os resíduos das espécies avaliadas continuariam liberando tais nutrientes. Ainda, que quantidade dos nutrientes liberados ao solo estaria prontamente disponível as plantas subsequentes e quanto elas realmente iriam absorvê-los. Essas seriam sugestões de futuros estudos visando maior esclarecimento no uso de plantas de cobertura e seu real benefício para o solo e conseqüentemente para a cultura econômica posterior.

### 3.5 CONCLUSÕES

O acúmulo nutricional da maioria das espécies foi mais influenciado pela produtividade de MS do que pela composição química do tecido vegetal, e por isso, na maioria das culturas, foi maior aos 144 dias após a semeadura (DAS);

*Cajanus cajan* pode ser utilizada para ciclagem de nutrientes, por ser a espécie que mais os acumulou, e em áreas com disponibilidade na ocupação do solo, devido o ciclo longo;

*Sorghum bicolor* é indicado para cobertura do solo devido a alta produção de MF e MS durante todo seu ciclo e a alta relação C:N. Pode ser utilizado também para ciclagem de K;

*Crotalaria juncea* é indicada para ciclagem de nutrientes e como planta de cobertura em áreas com pouca disponibilidade no período de ocupação do solo, devido o ciclo curto e a alta produção de MF e MS precocemente;

*Mucuna aterrima* assim como *C. cajan* pode ser utilizada na

ciclagem de nutrientes, principalmente N, em área com disponibilidade na ocupação do solo. Entretanto, não é indicada para cobertura do solo, devido a baixa relação C:N e a menor produção de MF e MS.

## 4. ARTIGO B: PRODUÇÃO DE MUDAS DE HORTALIÇAS UTILIZANDO SUBSTRATOS DA COMPOSTAGEM DE PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO

### 4.1 RESUMO

Os produtores de hortaliças orgânicas encontram algumas dificuldades durante o processo de produção, entre elas a aquisição/ formação de mudas de qualidade e com procedência. Por isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar compostos orgânicos formados pela mistura de uma leguminosa, *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* ou *Mucuna aterrima*, e uma gramínea, *Sorghum bicolor*, na produção de substratos para mudas de hortaliças. Para isso, o experimento foi dividido em três etapas, sendo que na primeira, essas espécies foram produzidas; na segunda ocorreu a compostagem da mistura de cada leguminosa com a gramínea; e na terceira etapa os compostos foram utilizados na produção de mudas de alface, brócolis, couve e repolho. Foram avaliadas a relação C:N e a composição química do tecido vegetal na primeira e segunda etapas, a produtividade de massa fresca (MF) e seca (MS) na primeira, algumas características químicas e físicas na segunda etapa e também do substrato comercial sem (COM) e com adubo de liberação lenta (ComALL). Na terceira etapa foram avaliadas algumas características fitotécnicas, a MF e MS da parte aérea e das raízes das hortaliças. Na primeira fase, a maioria dos nutrientes estava presente em maior quantidade em *M. aterrima* enquanto a relação C:N, a MF e a MS foram superiores em *S. bicolor*. Na segunda etapa, os substratos COM e ComALL apresentaram os menores teores nutricionais. Porém, ambos proporcionaram valores de pH mais próximos ao ideal, 5,7 e 5,4, respectivamente, baixos valores de condutividade elétrica, respectivamente 0,5 e 1,2 dS m<sup>-1</sup>, e o COM a maior capacidade de retenção de água, 98%. Somente a densidade de GuaSor (*C. cajan* + *S. bicolor*) foi inferior a 0,5 g cm<sup>-3</sup> e a maior parte das partículas eram superiores a 2 mm. Na terceira etapa, a maioria das características avaliadas na alface crespa foi superior nos compostos formados por leguminosa e gramínea do que no COM, assim como no brócolis. Para a couve e o repolho, os compostos foram intermediários entre o ComALL, cujos valores foram superiores, e o COM, sendo que para a couve, MucSor (*M. aterrima* + *S. bicolor*)

proporcionou algumas características similares a ComALL. Por isso, as mudas de couve poderiam ser produzidas no substrato contendo *M. aterrima* e *S. bicolor*, as de alface e brócolis em qualquer um de leguminosa + *S. bicolor* e as de repolho não se adaptam muito bem a esses substratos.

## ABSTRACT

Organic vegetables farmers have some difficulties during the production process, like the acquisition/ formation of seedlings with quality and origin. Therefore this study aim evaluate organic compounds of the mix of one legume, *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* or *Mucuna aterrima*, and a grassy, *Sorghum bicolor*, in the production of vegetables seedling substrate. For this, the work was divided in three stages: first, these species were produced; second, each legume were mixed with grassy and composting; and third, compounds were used in the lettuce, broccoli, cauliflower and cabbage seedling production. C:N ratio and the chemical composition of plant tissue were evaluated in the first and second stages, the fresh (FW) and dried (DW) weight yield in the first, some chemical and physical characteristics in the second stage and also the commercial substrate without (COM) and with slow release fertilizer (ComSRF). In the third stage some phytotechnical features and vegetables shoots and roots FW and DW were evaluated. In the first stage, most of the nutrients were present in higher quantities in *M. aterrima* while the C:N ratio, the FW and DW were higher in *S. bicolor*. In the second stage, the COM and ComSRF substrates had the lowest nutritional content. However, both provided pH values closer to the optimum, 5.7 and 5.4, respectively, low electrical conductivity, respectively 0.5 and 1.2 dS m<sup>-1</sup>, and the COM greater water retention capacity, 98%. Only GuaSor (*C. cajan* + *S. bicolor*) density was lower than 0.5 g cm<sup>-3</sup> and most particles were larger than 2 mm. In the third stage, most traits in the crisphead lettuce was higher in the compounds formed by the legume and grass than in the COM, as well as broccoli. For kale and cabbage, compounds were intermediaries between the ComSRF, whose values were higher, and the COM. For the kale, MucSor (*M. aterrima* + *S. bicolor*) provided some similar features to ComSRF. Therefore, kale seedlings could be produced on the substrate containing *M. aterrima* and *S. bicolor*, the lettuce and broccoli in any one of

legume + *S. bicolor* and cabbage do not grow very well in these substrates.

## 4.2 INTRODUÇÃO

O conhecimento científico e tecnológico que proporcionou diversas inovações, como fertilizantes químicos, agrotóxicos, variedades geneticamente melhoradas, irrigação e motomecanização, viabilizou os sistemas agrícolas monoculturais em larga escala por volta dos anos de 1960 a 1970, período conhecido como Revolução Verde. O uso inadequado desse conjunto de práticas tecnológicas acarretou em vários problemas aos serviços do ecossistema: erosão e perda da fertilidade dos solos; destruição florestal; dilapidação do patrimônio genético e da biodiversidade; contaminação dos solos, da água, dos animais silvestres, do homem, do campo e dos alimentos (EHLERS, 1994).

Crescentes preocupações com esse modelo de agricultura intensiva, e os seus efeitos prejudiciais, levaram ao desenvolvimento de práticas agrícolas de base ecológica, mais justos, solidários e ambientalmente sustentáveis como a agroecologia e a agricultura orgânica (IFOAM, 2002; MELÃO, 2011). Esse sistema tenta evitar o uso de herbicidas, pesticidas e fertilizantes químicos, que têm o potencial de poluir o solo, o ar e a água, e promove uma abordagem ecológica para a agricultura, manejando nutrientes, pragas e plantas daninhas (ADL; IRON; KOLOKOLNIKOV, 2011).

O Estado do Paraná produziu, aproximadamente, 138 mil toneladas de produtos orgânicos na safra de 2008/2009, 11% a mais que o período anterior (SALVADOR, 2011). Entre esses produtos destacam-se a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e o grupo das hortaliças. A produção de hortaliças orgânicas concentra-se em torno das grandes cidades, com destaque para os municípios de Curitiba e Londrina. Das propriedades rurais no Estado, 90,5% têm área inferior a 50 hectares (MELÃO, 2010), por isso, é importante incentivar atividades que permitam obter maior rentabilidade por área. Neste aspecto, a olericultura, a fruticultura e a agricultura orgânica, são melhores opções que o cultivo tradicional de grãos, que exige larga escala de produção (SALVADOR, 2011).

As principais dificuldades encontradas pelos produtores orgânicos estão relacionadas: à comercialização, à gestão da propriedade no que diz respeito ao planejamento e à organização, ao transporte (logística), à assistência técnica, à obtenção de certificações e de linhas de créditos especiais, à escassez de pesquisas e de divulgação sobre o assunto, à falta de sementes e mudas orgânicas (AUGUSTO; SACHUK, 2007). Neste quesito, a nova legislação brasileira de certificação de produtos orgânicos entrou em vigor em Outubro de 2011 e estabelece que a produção de sementes e mudas, que até então podiam ser oriundas de uma produção não-orgânica, devem ser, a partir de 19 de dezembro de 2013, de origem orgânica (MAPA, 2011).

A produção de mudas de hortaliças constitui-se em umas das etapas mais importantes do sistema produtivo, influenciando diretamente o desempenho final das plantas. Uma muda mal formada debilita e compromete todo o desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e levando a perdas na produção (ECHER et al., 2007). Atualmente, utiliza-se alta tecnologia como ambiente protegido, boas sementes, irrigação criteriosa, substrato, recipientes, entre outros, os quais podem influenciar na duração do período de cultivo e reduzir os custos de produção das mudas (BEZERRA, 2003).

Nesta etapa, deve-se considerar o recipiente e o substrato a ser utilizado, pois estes fatores afetam diretamente o desenvolvimento e a arquitetura do sistema radicular (LATIMER, 1991). Destes, o substrato é o componente mais sensível e complexo, pois qualquer variação na sua composição pode alterar o processo de produção, causando a nulidade ou irregularidade de germinação, a má formação das plantas e o surgimento de sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes (MINAMI, 1995). Ele deve apresentar características físicas, químicas e biológicas que proporcionem condições adequadas à germinação e ao desenvolvimento do sistema radicular da planta em formação (SETUBAL; AFONSO NETO, 2000).

Existem no mercado diversas marcas comerciais de substratos que são considerados de boa qualidade, por serem capazes de proporcionar desenvolvimento satisfatório das mudas (ARAÚJO NETO et al., 2009). Entretanto, esses substratos contêm adubos solúveis e proibidos na agricultura orgânica (MAPA, 2011). Além disso, os produtores orgânicos devem buscar alternativas para reduzir a dependência dos insumos externos à propriedade, com o intuito de

alcançar a auto-suficiência, desenvolvendo seu próprio substrato com menor custo e utilizando material mais próximo da propriedade (ARAÚJO NETO et al., 2009). Uma das maneiras de se conseguir isso é por meio da ciclagem de energia e nutrientes (PASCHOAL, 1994). Neste aspecto, os compostos orgânicos podem ser uma das opções para atender a esta demanda.

Os compostos podem fornecer os nutrientes necessários para o crescimento de uma grande variedade de culturas. Geralmente possuem CTC mais elevada que a turfa, além de possuir um efeito corretivo de pH. Podem apresentar valores de densidade muito próximos aos observados em substratos comerciais à base de turfa (WALLACE; BROWN; McEWEN, 2004). Não podem provocar a imobilização dos nutrientes, apresentar processos de decomposição que causem a redução de oxigênio na zona radicular ou liberar compostos fitotóxicos, por isso precisam estar estabilizados biologicamente. O processo de compostagem aumenta a estabilidade do material, que está relacionado com a matéria prima utilizada, velocidade de decomposição e o tempo de duração da compostagem (LEAL, 2006).

O aproveitamento dos resíduos orgânicos disponíveis nas propriedades rurais, para produção de mudas, constitui-se numa fonte de nutrientes economicamente importante, por reduzir os custos decorrentes da aquisição de adubos químicos para esse fim, principalmente, se for considerada a posição geográfica da propriedade em relação aos grandes centros, o que, devido ao transporte, aumenta os custos dos insumos agrícolas (ARAÚJO NETO et al., 2009).

Assim, compostos produzidos a partir dos adubos verdes crotalária, guandu e mucuna, cada um deles misturado ao sorgo, foram testados como substratos orgânicos na produção de mudas de alface crespa, brócolis, couve e repolho.

### **4.3 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no município de Londrina, Estado do Paraná (23°23'S e 51°11'W), em uma área experimental, e foi dividido em três etapas, sendo a primeira a produção de plantas de cobertura de verão, a segunda a

compostagem das misturas de leguminosa com gramínea e a terceira a utilização do material compostado na produção de mudas de hortaliças.

#### 4.3.1 1ª Etapa: Produção de Plantas de Cobertura de Verão

As espécies utilizadas foram as leguminosas *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* (PPPI 832), *Mucuna aterrima* e a gramínea *Sorghum bicolor* (Volumax), semeadas em Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006) sob clima do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido com verões quentes (KÖPPEN, 1948). A área foi manejada em sistema plantio direto (SPD) com produção de grãos (soja, milho e trigo) em sucessão a plantas de cobertura de inverno (aveia, centeio, ervilhaca comum, nabo forrageiro e tremoço branco). Procedeu-se somente a capina quando necessário, sem aplicação de agrotóxicos nem fertilizantes.

Foram utilizados espaçamentos de 0,2 m e 20 sementes por metro linear para *C. juncea*, 0,4 m e 20 sementes para *C. cajan*, 0,4 m e 8 sementes para *M. aterrima* e 0,9 m e 18 sementes para *S. bicolor*, totalizando 3.200 m<sup>2</sup>. A semeadura das espécies ocorreu em 19 de novembro de 2010, exceto a de *S. bicolor* que foi em 28 de dezembro de 2010, pois seu ciclo é menor e conseqüentemente o período de florescimento mais precoce do que as demais.

Com a finalidade de se obter um composto equilibrado (na 2ª etapa) quanto à relação C:N, ao teor nutricional e a liberação de nutrientes, a proporção adequada em peso seco (PS), de acordo com Leal et al. (2007), seria a mistura de 34% de uma gramínea com 66% de uma leguminosa. Baseado nessa proporção e com os resultados de MS obtidos aos 110 dias após a semeadura (DAS) das leguminosas e 77 DAS de *S. bicolor*, a proporção ideal em peso fresco de cada espécie a ser misturada foi calculada para se ter compostos nessas proporções (34% de gramínea e 66% de leguminosa) em PS.

Quando as plantas atingiram o estágio reprodutivo, 134 DAS das leguminosas e 90 DAS da gramínea, a parte aérea foi coletada em uma área de 1,0 x 1,0 m, com auxílio de um quadro de madeira colocado aleatoriamente na área de cada espécie, e o conteúdo foi acondicionado em sacos plásticos (considerado uma

repetição) para pesagem e determinação da MF, totalizando cinco repetições por cultura. Uma amostra contendo plantas inteiras (aproximadamente 300 gramas) de cada coleta foi retirada, colocada em saco de papel e seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir massa constante, para obtenção da MS, utilizando-se também cinco repetições de cada espécie.

Depois de seco, o material foi triturado, passado em peneira de 1,0 mm e encaminhado para caracterização química através do método de análise química de tecido vegetal. Os teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e B foram determinados de acordo com métodos descritos em Silva et al. (2009). Com esses valores, a relação C:N pode ser calculada.

Da mesma forma que para MF e MS, foram utilizadas cinco repetições para caracterização química da parte aérea de cada espécie, em delineamento inteiramente casualizado na área de cada uma das plantas de cobertura. Todos os dados foram submetidos a à Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No mesmo dia da coleta da parte aérea das plantas de cobertura para as avaliações (134 DAS das leguminosas), também foi realizada a colheita do resto do material, que posteriormente foi triturado em picador de forragem e levado ao local de montagem das pilhas de compostagem.

#### **4.3.2 2ª Etapa: Compostagem das Misturas de Leguminosa e Gramínea**

Foram montadas três pilhas de compostagem contendo a mistura de *C. juncea* + *S. bicolor*, *C. cajan* + *S. bicolor* e *M. aterrima* + *S. bicolor*, nas dimensões de 1,5 x 1,5 x 1m (L x C x A), com auxílio de uma moldura de madeira com tela. Foram feitas camadas sobrepostas de 20 cm de altura, iniciando-se pela camada de sorgo intercalada com a de leguminosa, até atingir a altura de 1m. O composto foi irrigado a cada camada de sorgo, umedecendo bem, mas sem encharcar (não ocorreu escoamento de água na base da pilha).

Quinzenalmente as pilhas de compostagem foram reviradas para homogeneizar, aerar e manter boa atividade biológica do material, para que ocorresse o processo de compostagem. Quando os compostos ficaram prontos,

aproximadamente 180 dias após a montagem das pilhas, passaram duas vezes por uma estrutura tipo peneira de 1,6 cm e uma vez em peneira de 5,5 mm, e somente a parte mais fina foi utilizada como substrato.

Depois desse procedimento, foram avaliadas algumas características químicas, como relação C:N, composição química (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, B e Mn), pH e condutividade elétrica (CE); e físicas, como densidade, capacidade de retenção de água (CRA) e granulometria dos compostos formados. Essas avaliações também foram realizadas para o substrato comercial (Mecplant<sup>®</sup>) isolado ou adicionado a adubo de liberação lenta (Osmocote<sup>®</sup> - 15-9-12, N-P-K), como comparativos (testemunhas) por serem utilizados na produção de mudas de hortaliças convencionais.

Os procedimentos para análise da composição química dos compostos/ substratos foram os mesmos utilizados na 1ª Etapa: Produção de Plantas de Cobertura de Verão, citado anteriormente. Para avaliação do pH e da CE, foram utilizados 50 mL de cada composto/ substrato e 250 mL de água deionizada. As soluções foram agitadas por cerca de 30 minutos e colocadas em repouso por mais 30 minutos. Depois, elas foram filtradas (filtro velocidade 20-25 s) e somente o líquido foi utilizado para determinação das características, através de pHmetro (Quimis, modelo: Q.400A) e condutivímetro (Hanna, modelo: Hi 96304). Esse procedimento foi realizado com três repetições de cada composto/ substrato.

Para avaliar a densidade, cada composto/substrato foi acondicionado em recipiente de volume conhecido e a quantidade pesada para posterior cálculo. Como não houve repetições, não foi possível realizar análise estatística de comparação entre os substratos, sendo que esta avaliação apenas os caracteriza. Já a CRA foi verificada utilizando-se anéis de alumínio, de tamanho conhecido, com um tecido preso por um elástico na parte inferior, formando um conjunto. Cada conjunto foi pesado inicialmente e em seguida recebeu quantidade de composto/ substrato, previamente umedecidos, que o cobrisse até a superfície superior. Depois disso, os conjuntos contendo seu respectivo composto/ substrato foram colocados em bandeja com água até cobrir todo o conteúdo e imediatamente pesados (saturado). Eles foram acondicionados em suporte apropriado para o escoamento da água, durante uma hora (capacidade de campo) e novamente pesados. Logo após, foram levados à estufa, onde permaneceram por aproximadamente 120 horas, até atingirem peso constante. Só então foram pesados

(seco) e com os dados foram efetuados os cálculos, com base em quatro repetições de cada composto/ substrato.

Para a granulometria, foram utilizadas peneiras com diferentes malhas (8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,106 mm e o fundo). Os compostos/ substratos foram pesados inicialmente (100 g) e a quantidade retida em cada peneira foi novamente pesada. Esse procedimento foi realizado com cinco repetições para cada composto/ substrato. Com os dados obtidos, procedeu-se o cálculo em porcentagem.

Em todas as avaliações, os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

#### **4.3.3 3ª Etapa: Produção de Mudas de Hortaliças nos Diferentes Substratos**

Os compostos/ substratos produzidos e utilizados foram: a) CroSor - crotalária (66%) + sorgo (34%); b) GuaSor - guandu (66%) + sorgo (34%); c) MucSor - mucuna (66%) + sorgo (34%); d) COM - substrato comercial e e) ComALL - substrato comercial (Mecplant<sup>®</sup>) + adubo de liberação lenta Osmocote<sup>®</sup> (proporção em massa de 1 : 0,016).

Os substratos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 128 células (16 x 8), sendo duas bandejas por substrato. As culturas alface crespa (*Lactuca sativa*), couve manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*), brócolis piracicaba precoce (*Brassica oleracea* var. *italica*) e repolho louco de verão (*Brassica oleracea* var. *capitata*) foram semeadas em 32 células (2 x 16) cada hortaliça.

A semeadura foi realizada em 25 de abril de 2012, utilizando-se duas a três sementes por célula. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação, suspensas por estrutura para essa finalidade e irrigadas duas vezes por dia no início do desenvolvimento. Após a emergência das plântulas, manteve-se apenas uma por célula através da operação de raleio.

As avaliações da qualidade foram feitas quando as mudas atingiram o estágio ideal de transplante para o campo (três a quatro folhas). As variáveis avaliadas foram: emergência de plântulas (EP) (%), número de folhas (NF), altura da parte aérea (APA) (cm), comprimento de raiz (CR) (cm), massa fresca e seca da

parte aérea e das raízes (MFPA, MSPA, MFR e MSR) (g planta<sup>-1</sup>).

Com exceção da EP, foram avaliadas 10 mudas de cada hortaliça, consistindo uma repetição, e totalizando quatro repetições de cada espécie. Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.4.1 1ª Etapa: Produção de Plantas de Cobertura de Verão

A análise de variância revelou diferenças significativas entre as plantas de cobertura na relação C:N, na composição química e na produção de massa fresca e seca, sendo que *S. bicolor* apresentou a maior relação C:N, 109:1, e *M. aterrima* e *C. cajan*, as menores, 12,6:1 e 26,2:1, respectivamente. Ao contrário, os maiores teores nutricionais foram verificados em *M. aterrima*, diferente de todas as outras quanto ao N, P, K, Cu, Zn e B. Os valores foram 37,9 g kg<sup>-1</sup> de N, 3,9 g kg<sup>-1</sup> de P, 26,6 g kg<sup>-1</sup> de K, 15,6 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, 25,8 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 18,4 mg kg<sup>-1</sup> de B. *M. aterrima* também apresentou o maior teor de Ca, junto a *C. cajan*, com aproximadamente 5 g kg<sup>-1</sup> cada, e diferiu somente de *C. juncea* no teor de Mg, com 0,4 g kg<sup>-1</sup> a mais (Tabela 4.1).

Ao contrário, *S. bicolor* proporcionou os menores teores nutricionais, exceto para Mg, com valores intermediários. Essa espécie, junto a *C. juncea*, apresentou os menores teores de P, não diferindo entre si. No entanto, as produtividades de massa fresca e seca foram superiores em *S. bicolor*, respectivamente 68,4 e 22,4 Mg ha<sup>-1</sup>, diferindo de todas as outras espécies. A produtividade de massa seca de *M. aterrima* foi a menor de todas, diferindo inclusive das demais leguminosas (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1.** Relação C:N, composição química (N, P, K, Ca, Mg - g kg<sup>-1</sup> - Cu, Zn, B e Mn - mg kg<sup>-1</sup>) e produtividade de massa fresca (MF) e seca (MS) (Mg ha<sup>-1</sup>) das plantas de cobertura na época de corte para a montagem das pilhas de compostagem. Londrina, 2011.

Plantas	C:N	g kg <sup>-1</sup>										mg kg <sup>-1</sup>					Mg ha <sup>-1</sup>							
		N		P		K		Ca		Mg		Cu		Zn		B	Mn		MF	MS				
<i>C. juncea</i>	50,3±7,0	b	10,7±1,3	c	1,6±0,1	c	16,2±0,5	b	3,6±0,4	b	1,2±0,13	b	7,4±1,0	c	19,2±1,5	b	10,8±0,8	c	67,7±12,2	a	40,3±0,8	b	12,0±0,6	b
<i>C. cajan</i>	26,2±1,3	c	19,1±0,9	b	2,4±0,1	b	18,2±0,7	b	4,8±0,2	a	1,5±0,05	ab	12,0±0,2	b	17,6±0,5	b	13,5±0,3	b	51,3±2,5	a	49,5±4,6	b	15,4±1,6	b
<i>M. aterrima</i>	12,6±0,4	c	37,9±1,1	a	3,9±0,1	a	26,6±0,7	a	4,8±0,2	a	1,6±0,03	a	15,6±0,2	a	25,8±0,7	a	18,4±0,2	a	54,1±3,1	a	44,8±1,3	b	6,7±0,2	c
<i>S. bicolor</i>	109,0±5,6	a	4,5±0,2	d	1,4±0,1	c	9,8±0,7	c	1,6±0,1	c	1,5±0,13	ab	2,3±0,1	d	11,2±0,4	c	0,00±0,0	d	22,4±2,0	b	68,4±3,9	a	22,4±1,3	a
CV	2,6		11,88		10,0		7,9		13,63		14,53		12,0		10,6		9,0		29,7		13,7		16,82	

**Tabela 4.2.** Relação C:N e composição química (N, P, K, Ca, Mg - g kg<sup>-1</sup> - Cu, Zn, B e Mn - mg kg<sup>-1</sup>) dos substratos derivados da compostagem de plantas de cobertura. Londrina, 2011.

Substratos <sup>1</sup>	C:N	g kg <sup>-1</sup>										mg kg <sup>-1</sup>								
		N		P		K		Ca		Mg		Cu		Zn		B	Mn			
CroSor	12,7±0,1	c	19,9±0,3	b	5,9±0,1	a	13,0±0,0	b	17,2±0,3	c	6,1±0,1	c	351,4±38,0	b	232,6±1,9	a	29,6±0,5	b	813,9±59,2	a
GuaSor	10,6±0,7	c	27,5±1,6	a	6,0±0,1	a	17,3±0,3	a	16,3±0,2	c	5,6±0,0	c	209,0±20,7	b	192,1±7,8	b	32,1±0,6	b	519,1±22,9	b
MucSor	10,1±0,5	c	31,1±0,8	a	5,4±0,0	b	13,3±0,3	b	23,2±0,3	b	6,2±0,1	c	1976,5±347,2	a	198,5±4,7	b	42,4±0,2	a	635,4±32,2	b
COM	26,2±1,2	a	11,0±0,3	c	1,7±0,0	d	1,0±0,0	d	13,9±0,4	d	10,6±0,2	b	12,0±0,3	b	55,8±1,2	d	16,7±0,1	c	270,5±5,2	c
ComALL	19,9±0,7	b	14,7±0,3	c	4,2±0,1	c	6,3±0,3	c	27,4±0,6	a	16,7±0,1	a	65,8±9,5	b	101,9±4,6	c	29,6±1,1	b	340,5±13,5	c
CV (%)	9,2		8,2		3,8		3,8		4,0		3,0		59,9		6,0		4,1		12,6	

<sup>1</sup>CroSor: *Crotalaria juncea* + *Sorghum bicolor*; GuaSor: *Cajanus cajan* + *S. bicolor*; MucSor: *Mucuna aterrima* + *S. bicolor*; COM: substrato comercial Mecplant<sup>®</sup>; ComALL: substrato comercial Mecplant<sup>®</sup> + adubo de liberação lenta Osmocote<sup>®</sup>.

A alta relação C:N observada em *S. bicolor* é característica comum de espécies que fazem parte da família das gramíneas (MENEZES; LEANDRO, 2004). Ao contrário, as leguminosas apresentam valores menores de relação C:N (TEIXEIRA et al., 2008, FAGERIA, 2007). No processo de compostagem, recomenda-se que essa relação seja de 25 a 35:1, para que o mesmo seja rápido e eficiente. Se esta relação for muito baixa, como em leguminosas, o excesso de N pode ser perdido na forma de amônia (NH<sub>3</sub>). Se o conteúdo de carbono (C) for elevado, o que acontece com as gramíneas, a compostagem será lenta (KIEHL, 1985; SCHAUB; LEONARD, 1996).

Se leguminosas apresentam baixa relação C:N, o teor nutricional, no entanto, é alto, principalmente de N, P, K e Ca, quando comparadas as gramíneas (MIYASAKA, 1984). Isso pôde ser verificado no presente trabalho para *M. aterrima*, que apresentou os maiores teores nutricionais até mesmo quando comparados aos das outras leguminosas, tanto de macro como micronutrientes. Essa espécie, herbácea e rasteira, pode proporcionar teores de N, S e P superiores aos de *C. juncea* e *C. cajan*, que são leguminosas lenhosas (SILVA et al., 2002), além de possibilitar melhorias nas características ao final do ciclo da cultura subsequente (ANDRADE NETO et al., 2010).

O alto teor de N das leguminosas ocorre devido a fixação biológica de N atmosférico através da formação de nódulos efetivos nas raízes e a capacidade de fixação pode variar entre as espécies dessa família (FAGERIA, 2007). É o que se observa no presente estudo, onde houve diferença significativa no teor de N das três leguminosas avaliadas.

Com relação à produtividade de MF e MS, a gramínea *S. bicolor* apresentou os maiores valores, assim como relatado por Oliveira; Carvalho; Moraes (2002), principalmente para MF. Os autores também observaram produtividades inferiores em *M. aterrima*, tanto para MF quanto MS, comparada às outras espécies e aos consórcios de leguminosa e gramínea. Essa baixa produtividade de MF das leguminosas pode ser explicada pelo fato de as sementes não terem sido inoculadas e pela ausência de adubações na semeadura. Consequentemente, a produtividade de MS também foi menor nas plantas dessa família (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002). Por causa dessas características contrárias se optou pela mistura de uma leguminosa e uma gramínea na produção da compostagem.

#### 4.4.2 2ª Etapa: Compostagem das Misturas de Leguminosa e Gramínea

Os três compostos formados a partir da compostagem das diferentes leguminosas e de *S. bicolor*, CroSor, GuaSor e MucSor, diferiram entre si e entre o substrato comercial (COM), adicionado ou não de adubo de liberação lenta (ComALL), nas características químicas e físicas de acordo com as análises de variância (Tabelas 4.2 e 4.3 e Figura 4.1).

Com exceção da relação C:N que diminuiu, do teor de N em MucSor e dos teores de K nos compostos formados por leguminosa + *S. bicolor*, que também reduziram, a maioria dos teores nutricionais foram superiores nos substratos do que na época de corte das plantas de cobertura, sendo que os valores de Cu e B continuaram superiores no substrato formado por *M. aterrima* (MucSor), com quase 2.000 mg kg<sup>-1</sup> de Cu e mais de 40 mg kg<sup>-1</sup> de B (Tabelas 4.1 e 4.2). Esse substrato ainda apresentou maior teor de N junto ao de *C. cajan* (GuaSor), com média de 29,3 g kg<sup>-1</sup>. Também os teores de P e K foram superiores no GuaSor, respectivamente, 6 e 17,3 g kg<sup>-1</sup>, não havendo diferença entre ele e o de *C. juncea* + *S. bicolor* (CroSor) no teor de P. Esse substrato, CroSor, continuou com o maior teor de Mn, mais de 800 mg kg<sup>-1</sup>, além de apresentar teor superior de Zn, 232,6 mg kg<sup>-1</sup>. Apesar da mistura com *S. bicolor*, todos os substratos apresentaram relação C:N inferior a dos substratos comerciais (COM e ComALL), com mais de 25:1 no COM (Tabela 4.2).

A redução na relação C:N observada após o período de compostagem é uma característica do processo em si, e geralmente estabiliza-se próxima a 10:1, valor da relação C:N da biomassa microbiana (KIEHL, 2001). Valores próximos a esse foram observados nos substratos formados por leguminosa + *S. bicolor* no presente trabalho.

Ao contrário, o que parece ser um aumento no teor da maioria dos nutrientes nos substratos, na verdade é uma concentração que ocorre durante o período de compostagem. Como grande parte da MO é degradada até a forma de CO<sub>2</sub>, a maioria dos nutrientes que estavam imobilizados nas substâncias orgânicas acaba sendo liberada e, ainda, suas perdas por volatilização e lixiviação são menores do que a perda de C por CO<sub>2</sub>, acarretando na concentração desses nutrientes (LEAL, 2006).

Apesar de o teor de N ter sido maior em MucSor e GuaSor, o valor de 31,1 g kg<sup>-1</sup> verificado no primeiro substrato, foi levemente menor do que na época de corte de *M. aterrima*. Geralmente, o teor de N aumenta durante o período de compostagem, devido a maior perda de massa através de CO<sub>2</sub> do que de N-amônio (BERNAL et al., 1998). Entretanto, quando o teor de N inicial é muito elevado e as perdas desse nutriente durante o processo são muito grandes, pode ocorrer redução nos teores de N (TIQUIA; TAM, 2002). Provavelmente isso tenha acontecido com o substrato formado por *M. aterrima* neste estudo, já que o teor de N inicial era de aproximadamente 38 g kg<sup>-1</sup>.

Também houve redução nos teores de K após a compostagem em todos os substratos formados por leguminosa + *S. bicolor*. Isso não deveria ter acontecido, já que o processo tende a liberar os nutrientes que estavam imobilizados na MO, concentrando-os no composto final (LEAL, 2006). No momento de formação das pilhas de compostagem, elas foram irrigadas a cada camada de *S. bicolor*. Apesar de não ter havido escoamento dessa água, talvez o K tenha sido lixiviado nesse momento, o que explicaria sua redução nos compostos formados.

Os teores da maioria dos nutrientes no substrato COM foram inferiores aos dos demais, e junto ao ComALL, apresentaram os menores valores de N e Mn, com média de 12,9 g kg<sup>-1</sup> e 305,5 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O teor de P foi 71,7% inferior ao de CroSor e GuaSor, o de K, mais de 90% inferior ao de GuaSor e o de Ca, quase 50% menor que ComALL, cujo teor foi 27,4 g kg<sup>-1</sup>, superior a todos os outros. Também o teor de Mg foi maior nesse substrato, com mais de 15 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 4.2).

Apesar de os teores nutricionais do COM serem inferiores aos outros substratos, principalmente daqueles formados por leguminosa + *S. bicolor*, os valores de alguns nutrientes são semelhantes aos de uma outra análise química realizada com o substrato Mecplant<sup>®</sup>, de 10 g kg<sup>-1</sup> de N, 2,7 g kg<sup>-1</sup> de P, 9,3 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 51,6 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 330 mg kg<sup>-1</sup> de Mn. Porém, de outros, como K, com 9,5 g kg<sup>-1</sup>, Ca, com 6,5 g kg<sup>-1</sup>, Cu, com 8 mg kg<sup>-1</sup> e B, com 41,9 mg kg<sup>-1</sup> (QUEVEDO et al., 2003), as quantidades foram diferentes dos observados no presente estudo, sendo que Ca e Cu foram inferiores e K e B superiores aos aqui verificados. Ainda assim, os substratos formados por leguminosa + *S. bicolor* apresentaram superioridade no que diz respeito aos teores dos nutrientes.

Os extratos aquosos desses substratos (COM e ComALL) também

apresentaram os menores valores de pH em água, 5,7 e 5,4, respectivamente, ao contrário do MucSor, com 7,1, maior valor observado, e que não foi diferente para GuaSor, com 6,8 (Tabela 4.3).

Para substratos orgânicos, a faixa ideal de pH é de 5,2 a 5,5, pois há maior disponibilidade de nutrientes, enquanto para substratos de base mineral, essa faixa situa-se entre 6 e 7 (KÄMPF, 2000 apud TRANI et al., 2007). Apesar de no ComALL haver a presença de adubo mineral, sua base constitui-se de casca de pinus, ou seja, material orgânico, sendo o único que apresentou valor dentro da faixa estabelecida, com 5,4. Nos demais substratos os valores estavam acima e próximos da faixa de pH adequado para este tipo de material.

**Tabela 4.3.** pH em água, condutividade elétrica (CE) ( $\text{dS m}^{-1}$ ) e capacidade de retenção de água (CRA) (%) dos substratos derivados da compostagem de plantas de cobertura e do substrato comercial sem e com adubo de liberação lenta. Londrina, 2011.

Substratos <sup>1</sup>	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	--- $\text{dS m}^{-1}$ ---		%		
			CE		CRA	
CroSor	6,7±0,03	b	2,5±0,15	a	95±0,5	bc
GuaSor	6,8±0,01	ab	2,2±0,07	a	94±0,9	c
MucSor	7,1±0,01	a	1,4±0,02	b	97±0,3	ab
COM	5,7±0,03	c	0,5±0,00	c	98±0,8	a
ComALL	5,4±0,03	c	1,2±0,08	b	--	
CV (%)	2,0		8,5		1,1	

<sup>1</sup> CroSor: *Crotalaria juncea* + *Sorghum bicolor*; GuaSor: *Cajanus cajan* + *S. bicolor*; MucSor: *Mucuna aterrima* + *S. bicolor*; COM: substrato comercial Mecplant<sup>®</sup>; ComALL: substrato comercial Mecplant<sup>®</sup> + adubo de liberação lenta Osmocote<sup>®</sup>.

Também a condutividade elétrica (CE) do COM foi menor, 0,5  $\text{dS m}^{-1}$ , comparado aos demais. Já CroSor e GuaSor apresentaram os maiores valores, mais de quatro vezes do que o observado no COM, enquanto MucSor e ComALL foram intermediários com 1,4 e 1,2  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 4.3).

A CE está associada ao grau de salinidade do composto (LEAL, 2006) e se o valor for muito elevado, pode prejudicar a germinação e o desenvolvimento da planta (MIRANDA et al., 1998). A adição de uma rocha natural granular, SulPoMag<sup>®</sup>, em doses crescentes, a vários tipos de substrato alternativo resultou na elevação da CE média, de forma linear, com valores acima de 4  $\text{dS m}^{-1}$  em todos os substratos. Esse aumento na CE foi fator decisivo para a redução da MF e MS da parte aérea de plantas de alface (GOMES et al., 2008).

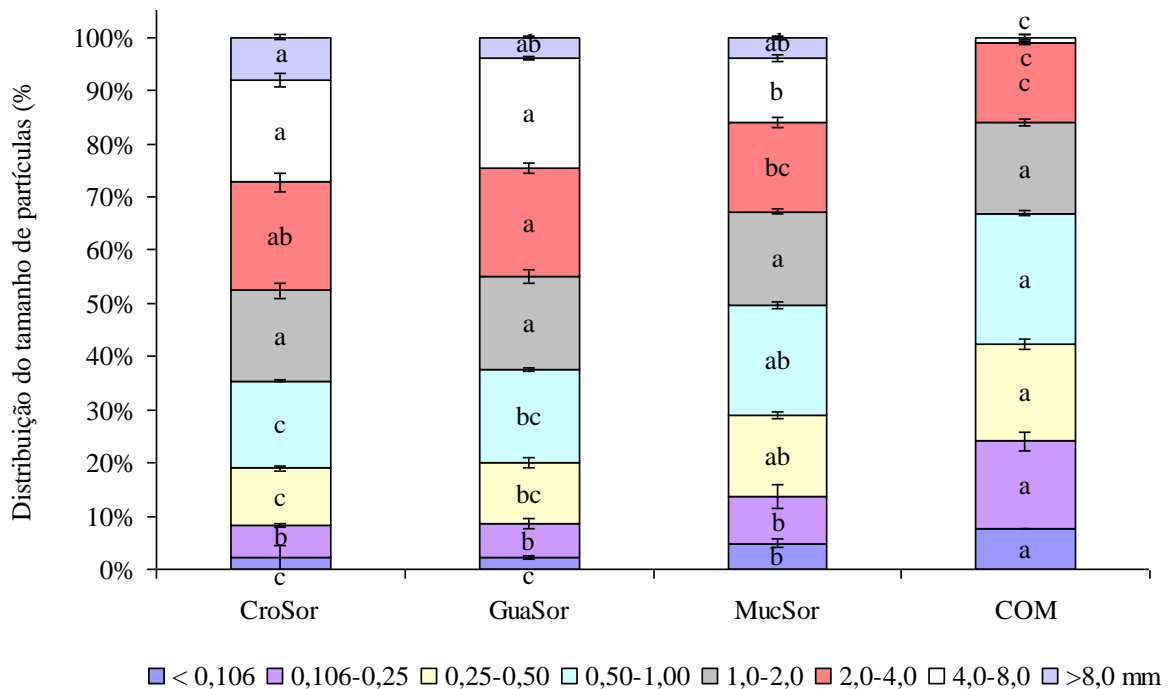
Como os valores de CE observados no presente trabalho são

inferiores a  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ , provavelmente eles não influenciaram de forma negativa a germinação das sementes e o desenvolvimento das mudas de hortaliças, pois um dos substratos comerciais mais utilizado para essas culturas (Plantmax<sup>®</sup>) apresentou CE superior a  $3 \text{ dS m}^{-1}$  e não ocasionou alterações no desenvolvimento de mudas de alface, espécie considerada moderadamente suscetível a salinidade (TRANI et al., 2007).

Das características físicas avaliadas, apesar de não haver análise estatística, a densidade verificada no ComALL foi de  $0,55 \text{ g cm}^{-3}$ , no MucSor de  $0,51 \text{ g cm}^{-3}$ , no CroSor  $0,50 \text{ g cm}^{-3}$  e somente no GuaSor foi bem menor,  $0,38 \text{ g cm}^{-3}$ . Não há inconveniente na utilização de substratos com valores inferiores ou superiores a  $0,4\text{-}0,5 \text{ g cm}^{-3}$  para produção de mudas em bandejas, como os aqui observados. Apesar disso, substratos com densidade muito alta, tornam a bandeja pesada e dificultam a manipulação das plantas no recipiente. Contrariamente, material mais leve, com baixa densidade, não compromete a estabilidade da bandeja, além de poder ser utilizado como condicionador de solo em misturas com materiais de densidade elevada, quando for o caso (SCHMITZ; SOUZA; KÄMPF, 2002).

Já a capacidade de retenção de água (CRA) foi significativamente maior no substrato COM e não diferiu de MucSor, com média de 98 e 97%, respectivamente. GuaSor e CroSor apresentaram valores inferiores, respectivamente, 94 e 95%. Essa característica não foi avaliada em ComALL (Tabela 4.3).

A quantidade do substrato COM retida em peneiras de malha inferior a 0,5 mm foi superior aos demais, enquanto a proporção retida em peneiras de malha maior que 2 mm foi inferior. Ao contrário, CroSor e GuaSor apresentaram maior quantidade de grânulos de tamanho superior a 2 mm e menor proporção de partículas menores a 0,5 mm. Já MucSor apresentou quantidades intermediárias nas diferentes peneiras. Não houve diferença significativa entre os substratos na quantidade de grânulos que passaram na peneira de malha de 1-2 mm. O substrato ComALL também não foi avaliado pois a adição do adubo de liberação lenta não altera a granulometria (Figura 4.1).



**Figura 4.1.** Distribuição do tamanho de partículas dos substratos derivados da compostagem de plantas de cobertura (CroSor: *Crotalaria juncea* + *Sorghum bicolor*; GuaSor: *Cajanus cajan* + *S. bicolor*; MucSor: *Mucuna aterrima* + *S. bicolor*) e do substrato comercial Mecplant<sup>®</sup> (COM). Londrina, 2011.

Duas características que estão correlacionadas são capacidade de retenção de água (CRA) e granulometria. De acordo com Schmitz; Souza; Kämpf (2002) o conteúdo de água retida no substrato está diretamente relacionado a distribuição do tamanho das partículas, sendo que substratos com predominância de partículas de tamanho pequeno (0,25-0,5mm) apresentam grande quantidade de poros médios e conseqüentemente alta CRA. Ao contrário, com partículas de tamanho grande (> 2,0 mm), a CRA é menor e os espaços de aeração e a água remanescente são maiores, devido os microporos contidos no interior de suas partículas. Segundo os autores, nesses microporos a água remanescente fica retida, enquanto a água disponível às plantas fica nos poros médios e o ar nos macroporos. Por isso, para o cultivo das plantas, os substratos devem ser escolhidos em função da necessidade de aeração ou de água para determinada espécie, além do tipo de irrigação a ser utilizado (FERRAZ; CENTURION; BEUTLER, 2005).

Assim, os substratos COM e MucSor apresentaram os maiores valores de CRA devido os poros médios formados pelas partículas de tamanho pequeno, cerca de 40% de partículas inferiores a 0,5 mm e 40% de tamanho

intermediário (2,0-1,0 e 1,0-0,5 mm) para COM e aproximadamente 30% de menores que 0,5 mm e 35% de intermediárias para MucSor. O substrato COM ainda apresentou menos de 20% de partículas grandes, sendo que maiores de 8 mm estavam ausentes. Em contrapartida, a menor CRA dos substratos GuaSor e CroSor se deve a grande quantidade de partículas superiores a 2 mm, totalizando aproximadamente 45% em ambos os substratos, quase metade das partículas.

Com essas particularidades, verifica-se a dificuldade na obtenção de um substrato que atenda todas as características físicas ideais para determinada cultura, devendo-se selecionar as características mais importantes do substrato para o crescimento de cada espécie vegetal. Apenas por meio da avaliação do desenvolvimento das mudas nos diferentes substratos é possível inferir se suas propriedades físicas estão adequadas ou não (FERRAZ; CENTURION; BEUTLER, 2005).

#### **4.4.3 3ª Etapa: Produção de Mudas de Hortaliças nos Diferentes Substratos**

A análise de variância não revelou diferença significativa entre os substratos na porcentagem de emergência de plântulas (EP) para nenhuma hortaliça. Porém, no substrato COM a emergência de mudas de brócolis foi 43% inferior a MucSor, apesar de não haver diferença significativa entre eles. Da mesma forma, não houve diferença na massa fresca e seca da raiz (MFR e MSR) de alface. Entretanto, no número de folhas (NF), na altura da parte aérea (APA) e na massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA) dessa hortaliça, o substrato COM foi inferior a todos os outros, cujos valores foram semelhantes, não havendo diferença significativa entre eles (CroSor, GuaSor, MucSor e ComALL). Já no comprimento de raiz (CR), houve diferença somente entre o ComALL, com menores valores, e CroSor e GuaSor, com valores superiores (Tabela 4.4).

**Tabela 4.4.** Efeito de diferentes substratos na emergência de plântulas (EP) (%), número de folhas (NF), altura da parte aérea (APA) (cm), comprimento de raiz (CR) (cm), massa fresca da parte aérea (MFPA) (g), massa fresca da raiz (MFR) (g), massa seca da parte aérea (MSPA) (g) e massa seca da raiz (MSR) (g) de alface, brócolis, couve e repolho. Londrina, 2012.

Cultura	Substrato <sup>1</sup>	----- % -----		----- cm -----				----- g planta <sup>-1</sup> -----									
		EP	NF	APA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR								
Alface	CroSor	98,44±1,56	a	3,95±0,03	a	8,65±0,08	a	12,39±0,14	a	0,91±0,02	a	0,35±0,03	a	0,06±0,00	a	0,03±0,00	a
	GuaSor	100,00±0,00	a	3,98±0,05	a	8,51±0,48	a	12,16±0,60	a	0,99±0,12	a	0,42±0,03	a	0,07±0,01	a	0,02±0,00	a
	MucSor	98,44±1,56	a	4,00±0,00	a	9,05±0,29	a	11,56±0,39	ab	0,83±0,02	a	0,22±0,07	a	0,06±0,00	a	0,03±0,00	a
	COM	92,19±3,93	a	3,15±0,10	b	4,34±0,19	b	11,96±0,15	ab	0,31±0,02	b	0,25±0,02	a	0,02±0,00	b	0,02±0,00	a
	ComALL	90,63±4,03	a	4,05±0,21	a	8,98±0,67	a	10,49±0,41	b	1,12±0,19	a	0,36±0,06	a	0,07±0,01	a	0,02±0,00	a
Brócolis	CrotSor	67,19±15,60	a	3,37±0,32	ab	10,57±0,92	b	12,21±0,57	ab	0,71±0,15	a	0,36±0,04	a	0,20±0,07	a	0,12±0,06	ab
	GuaSor	65,63±10,36	a	3,91±0,29	a	11,20±0,26	ab	12,46±0,47	ab	0,89±0,12	a	0,47±0,09	a	0,26±0,03	a	0,16±0,02	a
	MucSor	90,63±1,80	a	3,52±0,13	a	12,09±0,32	ab	13,61±0,28	a	0,94±0,04	a	0,34±0,02	ab	0,22±0,02	a	0,08±0,03	ab
	COM	51,56±4,69	a	2,56±0,12	b	5,02±0,49	c	10,92±0,22	b	0,15±0,02	b	0,10±0,02	b	0,03±0,01	b	0,01±0,00	b
	ComALL	62,50±5,71	a	4,10±0,16	a	13,39±0,12	a	13,08±0,49	a	1,01±0,09	a	0,57±0,04	a	0,16±0,01	ab	0,04±0,00	ab
Couve	CroSor	95,31±2,99	a	3,37±0,41	a	9,36±0,27	b	11,61±0,26	bc	0,60±0,01	b	0,22±0,04	b	0,10±0,00	bc	0,02±0,00	b
	GuaSor	95,31±1,56	a	2,69±0,07	a	10,30±0,46	ab	11,78±0,20	bc	0,61±0,06	b	0,33±0,05	b	0,10±0,01	bc	0,03±0,00	b
	MucSor	96,88±1,80	a	3,11±0,11	a	10,30±0,52	ab	12,22±0,26	ab	0,79±0,05	b	0,29±0,05	b	0,13±0,01	ab	0,03±0,00	b
	COM	98,44±1,56	a	2,46±0,07	a	5,85±0,40	c	10,73±0,36	c	0,27±0,02	c	0,17±0,02	b	0,07±0,02	c	0,02±0,00	b
	ComALL	93,75±4,42	a	3,01±0,21	a	11,86±0,29	a	12,97±0,15	a	1,03±0,07	a	0,68±0,03	a	0,17±0,01	a	0,05±0,00	a
Repolho	CroSor	95,31±2,99	a	4,23±0,14	ab	8,79±0,48	b	10,40±0,65	b	0,74±0,06	b	0,14±0,01	c	0,11±0,00	b	0,01±0,00	c
	GuaSor	98,44±1,56	a	3,90±0,12	b	9,30±0,17	b	13,46±0,52	a	0,82±0,05	b	0,34±0,03	b	0,12±0,01	ab	0,02±0,00	b
	MucSor	98,44±1,56	a	3,98±0,15	b	9,36±0,32	b	13,03±0,46	a	0,90±0,06	b	0,30±0,03	b	0,13±0,01	ab	0,02±0,00	bc
	COM	98,44±1,56	a	3,03±0,06	b	5,36±0,25	c	9,99±0,28	b	0,28±0,03	c	0,15±0,01	c	0,05±0,01	c	0,00±0,00	c
	ComALL	98,44±1,56	a	4,63±0,18	a	11,46±0,35	a	12,92±0,41	a	1,20±0,07	a	0,62±0,06	a	0,16±0,02	a	0,04±0,00	a

<sup>1</sup>CroSor: *Crotalaria juncea* + *Sorghum bicolor*; GuaSor: *Cajanus cajan* + *S. bicolor*; MucSor: *Mucuna aterrima* + *S. bicolor*; COM: substrato comercial Mecplant<sup>®</sup>; ComALL: substrato comercial Mecplant<sup>®</sup> + adubo de liberação lenta Osmocote<sup>®</sup>.

Para as mudas de alface, a porcentagem de emergência observada nos substratos contendo *S. bicolor* foi semelhante às verificadas por Smiderle et al. (2001), enquanto as dos COM e ComALL, foram menores. A quantidade de folhas foi praticamente metade dos maiores valores relatados por Leal et al. (2007), com compostos produzidos a partir de *C. juncea* e Napier (*Pennisetum purpureum* Schum). Ao contrário, todos os substratos proporcionaram altura da parte aérea superiores aos maiores valores verificados por esses autores, exceto o COM.

Já para o CR, os menores valores ainda foram superiores aos observados por Medeiros et al. (2008) para três cultivares de alface, Babá-de-Verão, Grand Rapids e Grandes Lagos. Da mesma forma, a MFR e a MSR foram superiores aos observados por Leal et al. (2011), enquanto que a MFPA e a MSPA do substrato COM não atingiu os maiores valores relatados pelos autores. Por isso, excluindo-se o substrato COM, todos os outros poderiam ser utilizados para a produção de mudas de alface de qualidade, desde que se espere um tempo maior, até que a quantidade de folhas seja a mais adequada.

Para o brócolis, a maioria das características foi menor no COM, porém o NF nesse substrato não diferiu de CroSor, com número médio de 3 folhas cada, valor 37,6% menor que em ComALL. A APA também foi menor no COM, com menos da metade da altura observada no ComALL, de 13,39 cm, uma das maiores nessa hortaliça. Da mesma forma, o CR foi menor no COM, 10,92 cm, porém não diferiu de CroSor e GuaSor, com média de 12,33 cm de raiz cada, assim como a MFR, que não diferiu de MucSor, com 0,34 g planta<sup>-1</sup>, e a MSPA, que não diferiu de ComALL, com 0,16 g planta<sup>-1</sup>. Já a MFPA do COM foi inferior a todas as outras, com somente 0,15 g planta<sup>-1</sup>, quatro vezes menor do que com CroSor, enquanto a MSR foi diferente apenas de GuaSor, cujo valor atingiu 0,16 g planta<sup>-1</sup>, 16 vezes mais do que o substrato COM (Tabela 4.4).

Apesar de não haver diferença entre os substratos na porcentagem de emergência das mudas de brócolis, somente o MucSor proporcionou valor (90,6%) similar ao observado por Lopes et al. (2012), de 87% de emergência em substrato contendo solo, areia, esterco e fertilizante químico (40 kg ha<sup>-1</sup> de N, sulfato de amônio; 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, superfosfato triplo; 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, cloreto de potássio). Já a APA foi superior nos substratos aqui avaliados, exceto o COM, quando comparada aos valores observados pelos mesmos autores, até mesmo no substrato contendo a maior dose do condicionador de solo Fertium<sup>®</sup> (50 g L<sup>-1</sup>) e

utilizando sementes providas de sistema orgânico de produção.

Também a MFPA foi superior aos 265,74 mg planta<sup>-1</sup> relatados pelos autores no substrato contendo fertilizante químico, com exceção do COM. Porém, quando comparadas ao substrato contendo a maior dose de Fertium<sup>®</sup>, este proporcionou valores superiores ao dobro do maior valor aqui observado. O mesmo ocorreu para MSPA, cujos valores foram superiores aos do substrato contendo adubo químico, 30,21 mg planta<sup>-1</sup>, porém inferiores ao com condicionador Fertium<sup>®</sup>, 278,72 mg planta<sup>-1</sup> (LOPES et al., 2012).

Apesar disso, salienta-se que a adição de um produto comercial, como o condicionador de solo, mesmo melhorando a qualidade das mudas, irá encarecer esse processo, enquanto o uso de plantas de cobertura poderia ser uma alternativa mais econômica e viável, já que apresenta resultados mais satisfatórios do que somente com o uso de solo, areia, esterco e fertilizante químico.

Não houve diferença significativa entre os substratos no NF de couve, cuja média foi 2,93 folhas. Já a APA e a MFPA foram menores no substrato COM, diferente de todos os outros, com menos da metade da altura de ComALL, de 11,86 cm, e quase quatro vezes menos MFPA, de 1,03 g planta<sup>-1</sup>. Com relação ao CR da couve, o substrato COM também foi inferior, 10,73 cm, diferindo apenas de ComALL, 12,97 cm, e de MucSor, 12,22 cm. O mesmo ocorreu para MSPA, sendo que o ComALL, 0,17 g planta<sup>-1</sup>, foi mais de duas vezes superior ao COM. Para a MFR e MSR dessa hortaliça, o substrato ComALL foi superior aos demais, com 0,68 e 0,05 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, diferente de todos os outros (Tabela 4.4).

A quantidade de folhas das mudas de couve produzidas em todos os substratos foi inferior a observada no comercial Plantmax<sup>®</sup>, de 6 folhas planta<sup>-1</sup>, e a APA nos substratos ComALL, MucSor e GuaSor foi similar ao Plantmax<sup>®</sup>, que também proporcionou o maior valor, 10,2 cm (BICCA et al., 2011). Quando comparados a substratos formados por vermicomposto, areia, casca de arroz e pó de rocha em diferentes proporções, a maior altura, 12 cm, foi superior a todos os valores verificados neste trabalho; entretanto, os valores intermediários, 10,25 cm, foram semelhantes (FURLAN et al., 2007).

Quanto ao CR, todos os substratos proporcionaram valores superiores aos 8,25 cm observados por Furlan et al. (2007), até mesmo o COM, cujo comprimento foi menor. Ao contrário, a MFPA, mesmo do ComALL, foi aproximadamente nove vezes inferior ao substrato de vermicomposto bovino e

casca de arroz carbonizada, que proporcionou o menor valor, 9,07 g planta<sup>-1</sup>. Também a MSPA foi cerca de 10 vezes menor do que a massa seca do mesmo substrato, com 2,31 g planta<sup>-1</sup> (BICCA et al., 2011).

Entretanto, quando se compara a MSPA dos substratos aqui utilizados com os compostos de vermicomposto, areia, casca de arroz e pó de rocha, cujos valores atingiram 0,103 g planta<sup>-1</sup>, verifica-se uma semelhança entre eles e os substratos CroSor e GuaSor, e uma superioridade de MucSor e ComALL. Do mesmo modo, a MSR dos substratos utilizados foi semelhante aos citados anteriormente, com 0,036 g planta<sup>-1</sup>, exceto o ComALL, que foi superior a esse valor (FURLAN et al., 2007).

Possivelmente, essas diferenças se devam à época de avaliação, pois um foi avaliado 30 DAS (FURLAN et al., 2007) e o outro de 29 a 38 DAS, quando as mudas apresentavam cerca de 10 cm de altura e continham 5 a 6 folhas definitivas (BICCA et al., 2011). Além disso, as bandejas permaneceram em lâmina de água de 5 cm até a retirada das mudas (BICCA et al., 2011). Esses fatores podem ter ocasionado as diferenças observadas nos valores de MF e MS.

Ainda assim, MucSor poderia ser o substrato alternativo usado na produção de mudas de couve, uma vez que algumas das características avaliadas foram similares as de ComALL. Esse substrato (MucSor) apresentou teores elevados de alguns nutrientes e CE intermediária, o que poderia explicar sua superioridade em relação aos outros para essa espécie.

Com relação ao repolho, a APA, a MFPA, a MFR e a MSR foram superiores no substrato ComALL, que diferiu dos demais, com 11,46 cm de altura, 1,2 g planta<sup>-1</sup> de MFPA, 0,62 g planta<sup>-1</sup> de MFR e 0,04 g planta<sup>-1</sup> de MSR. Dessas características, APA e MFPA foram inferiores no substrato COM, com menos da metade da altura e menos de um quarto da MFPA do ComALL. Também a MFR e a MSR dos substratos COM e CroSor foram cerca de quatro vezes menores do que em ComALL. Com relação ao NF, não houve diferença entre ComALL e CroSor, assim como no CR e na MSPA entre ComALL, MucSor e GuaSor (Tabela 4.6).

A quantidade de folhas e a altura da parte aérea das mudas de repolho produzidas no substrato ComALL foram semelhantes aos valores de 4,4 folhas e 10,52 cm de altura observados por Magro et al. (2011). Porém, nenhum substrato aqui utilizado atingiu o mínimo verificado aos 37 DAS por esses autores de 8 g planta<sup>-1</sup> de MFPA e 1,4 g planta<sup>-1</sup> de MSPA. Como o repolho é uma cultura

altamente exigente em nutrientes (OLIVEIRA, 2001), provavelmente eles não estavam em quantidade suficiente nos substratos avaliados para o bom desenvolvimento das mudas.

Os compostos aqui formados poderiam ser testados na formação de mudas de outras hortaliças e também em proporções diferentes. Além disso, a mistura de outras espécies, inclusive plantas de cobertura de inverno, formando compostos para produzir mudas de hortaliças poderia ser avaliada. Para completar, as mudas formadas nos diferentes tipos de compostos poderiam ser implantadas a campo ou no local de desenvolvimento das hortaliças, a fim de verificar não só a melhor opção para formação de mudas mas também do produto final.

#### 4.5 CONCLUSÕES

*Sorghum bicolor* é a planta de cobertura com maior relação C:N e que proporciona maiores produtividades de MF e MS aos 77 DAS, enquanto *Mucuna aterrima* os maiores teores nutricionais aos 115 DAS.

As misturas de leguminosas e *S. bicolor* propiciam maiores quantidades de nutrientes do que o substrato comercial isolado ou adicionado a adubo de liberação lenta, porém apresentam menor capacidade de retenção de água, pH acima do recomendado e condutividade elétrica superior a dos substratos comerciais.

As mudas de alface e brócolis podem ser produzidas em qualquer um dos substratos contendo leguminosa e *S. bicolor*, enquanto as de repolho não se adaptam muito bem aos substratos alternativos e a couve poderia ser produzida no substrato contendo *M. aterrima* + *S. bicolor*.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

*Cajanus cajan* pode ser utilizada para ciclagem de nutrientes, por ser a espécie que mais os acumulou, e em áreas com disponibilidade na ocupação do solo, devido o ciclo longo;

*Sorghum bicolor* é indicado para cobertura do solo devido a alta produção de MF e MS durante todo seu ciclo e a alta relação C:N. Pode ser utilizado também para ciclagem de K;

*Crotalaria juncea* é indicada para ciclagem de nutrientes e como planta de cobertura em áreas com pouca disponibilidade no período de ocupação do solo, devido o ciclo curto e a alta produção de MF e MS precocemente;

*Mucuna aterrima* assim como *C. cajan* pode ser utilizada na ciclagem de nutrientes, principalmente N, em área com disponibilidade na ocupação do solo. Entretanto, não é indicada como planta de cobertura, devido a baixa relação C:N e a menor produção de MF e MS.

As misturas de leguminosas e *S. bicolor* propiciam maiores quantidades de nutrientes do que o substrato comercial isolado ou adicionado a adubo de liberação lenta, porém apresentam menor capacidade de retenção de água, pH acima do recomendado e condutividade elétrica superior a dos substratos comerciais.

As mudas de alface e brócolis podem ser produzidas em qualquer um dos substratos contendo leguminosa e *S. bicolor*, enquanto as de repolho não se adaptam muito bem aos substratos alternativos e a couve poderia ser produzida no substrato contendo *M. aterrima* + *S. bicolor*.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; NOGUEIRA, P. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CADAHÍA, C. (Coord.). **Fertirrigation: cultivos hortícolas y ornamentales**. Ediciones. 1998.
- ADL, S.; IRON, D.; KOLOKOLNIKOV, T. A threshold area ratio of organic to conventional agriculture causes recurrent pathogen outbreaks in organic agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 409, i. 11, p. 2192-2197, 2011.
- AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K.; YOSHIHARA, T.; JOHANSEN, V. Phosphorus uptake by Pigeonpea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. **Science**, v. 248, i. 4954, p. 477-480, 1990.
- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. & DA ROS, C.O.C. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio no milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; MOURA-FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.47-54, 2000.
- ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R. L.; MAHLER, C. F. **Fitorremediação: o uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental**. 1. ed. São Paulo: Oficina textos, 2007. 176p.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.2, p.124–130, 2010.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA)**: relatório complementar relativo à segunda etapa das análises de amostras coletadas em 2012 - Gerência-Geral de Toxicologia. Brasília: ANVISA, 2014.
- ARANTES, E. M.; CARVALHO Jr, A. G. de; MORAIS, L. F. **Principais leguminosas utilizadas como adubo verde**. Cuiabá: EMPAER-MT, 1995. 13 p.
- ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. J. de. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 245-251, 1993.

ARAÚJO NETO, S.E. de; AZEVEDO, J.M.A. de; GALVÃO, R. de O.; OLIVEIRA, E.B. de L.; FERREIRA, R.L.F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1408-1413, 2009.

ARIHARA, J.; AE, N.; OKADA, K. Root development of pigeonpea and chickpea and its significance in different systems. IN: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, K.I. (Eds). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics**. Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 183-194.

AUGUSTO, C.A.; SACHUK, M.I. Competitividade da agricultura orgânica no estado do Paraná. **Caderno de Administração**, v. 15, n. 2, p. 9-18, 2007.

BABUJIA, L.C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BROOKES, P.C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, i. 12, p. 2174-2181, 2010.

BAGATINI, T.; COGO, N.P.; GILLES, L.; PORTELA, J.C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H.T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:999-1011, 2011.

BARRETT, H.R.; BROWNE, A.W.; HARRIS, P.J.C.; CADORET, K. Organic certification and the UK market: organic imports from developing countries. **Food Policy**, v. 27, i. 4, p. 301-318, 2002.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresources Technology**, v. 63, n. 1, p. 91-99, 1998.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:155-163, 2004.

BETTONI, MM; FABBRIN, EG dos S; OLINIK, JR; MÓGOR, AF. Efeito da aplicação foliar de hidrolisado protéico sob a produtividade de cultivares de brócolis. **Revista Agro@ambiente** On-line, v. 7, n. 2, p. 179-183, 2013.

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 22 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 72).

BHARDWAJ, A.K.; JASROTIA, P.; HAMILTON, S.K.; ROBERTSON G.P. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 140, i. 3-4, p. 419-429, 2011.

BICCA, A. M. O.; PIMENTEL, E.; SUÑE, L.; MORSELLI, T. B. G.; BERBIGIER, P. Substratos na produção de mudas de couve híbrida. **Revista da FZVA**, v.18, n. 1, p. 136-142. 2011.

BIGGS, T. **Culturas hortícolas**. Portugal: Publicações Europa-América, 1980.

BJÖRKMAN, T.; PEARSON, K.J. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.49, n.318, p. 101-106, 1998.

BOAS, R. L. V.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, D. M.; BULL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de composto orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2004.

BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C. de A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução de: Igo Fernando Lepsch. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Tradução de: Elements of the nature and properties of soils.

BUCKLES, D.; TRIOMPHE, B.; SAIN, G. **Cover crops in hillside agriculture: farmer innovation with mucuna**. Canada: International Development Research Centre and Mexico: International Maize and Wheat Improvement Center. 1998. 219 p.

Disponível em:

<<http://books.google.com.br/books?id=HOXgiaUaGFMC&pg=PA14&lpg=PA14&dq=mucuna+aterrima+cover+crop&source=bl&ots=AmQu43BBm5&sig=fQDXRZMLViHAJVjDgDkq2SC7bA&hl=pt-BR&sa=X&ei=4nakU7kt06yxBMWygJAJ&ved=0CFMQ6AEwDA#v=onepage&q=mucuna%20aterrima%20cover%20crop&f=false>> Acesso em: 22 abr 2014.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: Carvalho, A. M. de; AMABILE, R. F. (ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2006. p. 71-142.

CAISAN - Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. **Conselho de Direitos Humanos. Décima sexta sessão. Item 3 da agenda Promoção e proteção de todos os direitos humanos, direitos civis, políticos, econômicos, sociais e culturais, inclusive o direito ao desenvolvimento. Relatório apresentado pelo Relator Especial sobre direito à alimentação, Olivier de Schutter**. Brasília, DF: MDS, 2012. 32 p.

CALEGARI, A. **Leguminosas de verão para adubação verde no Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1995. 117 p. (Circular, 80).

CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 28 p. (Circular técnica n. 4).

CARVALHO, A.M. de; SOUZA, L.L.P. de; GUIMARÃES JÚNIOR, R; ALVES, P.C.A.C.; VIVALDI, L.J. Cover plants with potential use for crop-livestock integrated

systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1200-1205, 2011.

CARVALHO, V. D. de. Propriedades químicas das Brássicas. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 98, p. 54-56, 1983.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.6, p.729-735, 2003.

COGO, N.P. **Effect of residue cover, tillage-induced roughness and slope length on erosion and related parameters**. 1981. 346p. Tese de Doutorado - Purdue University, West Lafayette, 1981.

COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C.; FOSTER, G.R. Soil loss reductions from conservation tillage practices. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, i. 2, p. 368-373, 1984.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

COSTA, M. B. B. da. **Adubação orgânica**: nova síntese e novo caminho para a agricultura. São Paulo: Ícone, 1986. 102p.

CRUSCIOL, C. A. C., COTTICA, R. L., LIMA, E. DO V., ANDREOTTI, M., MORO, E., MARCON, E. Persistence and nutrients release of forage turnip straw utilized as mulching in no-tillage crop system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.

DINIZ, G.M.M. **Produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) aspectos gerais**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Melhoramento Genético de Plantas. Recife, PE, 2010.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J., GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, 2012.

ECHER, M. de M.; GUIMARÃES, V.F.; ARANDA, A.N.; BORTOLAZZO, E.D.; BRAGA, J.S. Avaliação de mudas de beterraba em função do substrato e do tipo de bandeja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 45-50, 2007.

EHLERS, E.M. **O que se entende por agricultura sustentável?** 1994. 165 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Tradução de Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Editora Planta, 2006. Tradução de: Mineral nutrition of plants.

ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R. da. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n.1, p.104-113, 2001.

FAGERIA, N. K. Green manuring in crop production. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, n. 5, p. 691-719, 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/Faepe, 2001.

FERMINO M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI A.M.C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.29-37. (Documentos IAC, 70).

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FERREIRA, R.R.M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

FERREIRA, W.R.; RANAL, M.A.; FILGUEIRA, F.A.R. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve da malásia. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p, 635-640, 2002.

FIGUEIREDO, E.B.; MALHEIROS, E.B.; BRAZ, L.T. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p. 66-71, 2004.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 2v.

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

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. revista e ampliada. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G.J. de; GOMES, L.A.A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, S.R.G. de; TEIXEIRA, C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.2, p. 146-150, 2006.

FONTES, P.C.R. **Olericultura**: teoria e prática. Viçosa-MG: UFV, 2005. 486p.

FURLAN, F.; COSTA, M. S. S. De M.; COSTA, L. A. de M.; MARINI, D.; CASTOLDI, G.; SOUZA, J. H. de; PIVETTA, L. A.; PIVETTA, L. G. Substratos alternativos para produção de mudas de couve folha em sistema orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1686-1689, 2007.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R.. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

GIL, S.; MERILES, J.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; BASANTA, M.; LOVERA, E.; MARCH, G. J. Field assessment of soil biological and chemical quality in response to crop management practices. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, n. 25, i. 3, p. 439-448, 2009.

GOKLANY, I.M. The ins and outs of organic farming. **Science**, v. 298, i. 5600, p. 1889-1890, 2002.

GOMES, L.A.A.; RODRIGUES, A.C.; COLLIER, L.S.; FEITOSA, S.S. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 359-363, 2008.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T. **Plant propagation: principles and practices**. 5. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990. 642 p.

HOYT, P.B.; TURNER, R.C. Effect of organic materials added to very acid soils on pH, aluminum, exchangeable NH<sub>4</sub> and crop yields. **Soil Science**, v.119, n. 3, p.227-37, 1975.

HOWARD, A. **Um testamento agrícola**. Tradução de Eli Lino de Jesus. São Paulo: Expressão Popular, 2007. Tradução de: An Agricultural Testament.

HSU, J.H.; LO, S.L. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure. **Environmental Pollution**, v. 104, i. 2, p. 189-196, 1999.

HUNTER, D.J.; YAPA, L.G.G.; HUE, N.V.; EAQUB, M. Comparative effects of green manure and lime on the growth of sweet corn and chemical properties of an acid oxisol in Western Samoa. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 26, i. 3-4, p. 375-388, 1995.

IFOAM (INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVIMENTS). **Basic Standards for Organic Production and Processing**. Tholey-Theley, Germany: IFOAM, 2002.

INOUE, G.H. Sistemas de preparo do solo e o plantio direto no Brasil. **Agropecuária Técnica**, v. 24, n. 1, p. 1-11, 2003.

JONES, P.; MARTIN, M. **A review of the literature on the occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost**. Oxon-UK: WRAP (The Wastes and Resources Action Programme), 2003. 33 p.

KÄMPF, A. N. Substratos para floricultura. In: CASTRO, C. E. F. de; ANGELIS, B. L. D. de; MOURA, L. P. P. de. **Manual de floricultura**. Maringá: SBFPO, 1992. p. 36-43.

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

KIEHL, J.C. Produção de composto e vermicomposto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 40-52, 2001.

KILCHER, L. How organic agriculture contributes to sustainable development. In: HÜLSEBUSCH, C.; WICHERN, F.; HEMANN, H.; WOLFF, P. (eds.). **Organic agriculture in the Tropics and Subtropics** – current status and perspectives. Supplement 89 to the Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS), Kassel University: GmbH, 2007. p.31-49. Disponível em: <<http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-263-5.volltext.frei.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2015.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolo. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.149-178.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

LANDAU, E.C.; GUIMARÃES, D.P. Zoneamento. In: RODRIGUES, J.A.S. (ed). **Cultivo do Sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica – 6ª ed. 2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/zoneamento.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/zoneamento.htm)> Acesso em: 15 maio 2014.

LATIMER, J. G. Container size and shape influence growth and landscape performance of marigold seedling. **HortScience**, v. 26, n. 2, p. 124-126, 1991.

LEAL, M. A. de A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006

LEAL, M.A. de A.; GUERRA, J.G.M.; PEIXOTO, R.T.G.; ALMEIDA, D.L. de. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 392-395, 2007.

LEAL, P.A.M.; COSTA, E.; SCHIAVO, J.A.; PEGORARE, A.B. Seedling formation and field production of beetroot and lettuce in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 465-471, 2011.

LIMA B.A.B. **Avaliação de mudas de alface submetidas à adubação foliar com biofertilizantes cultivadas em diferentes substratos**. 2005. 27f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró. 2005.

LOPES, J. C.; MAURI, J.; FERREIRA, A.; ALEXANDRE, R. S.; FREITAS, A. R. Broccoli production depending on the seed production system and organic and mineral fertilizer. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 143-150, 2012.

LORENZ, O.A.; MAYNARD, D.N. **Handbook for vegetable growers**. 3. ed. New York: John Wiley-Interscience Publication. 1988. 456p.

MADEJÓN, E.; DÍAZ, M.J.; LÓPEZ, R.; CABRERA, F. Co-composting of sugar beet vinasse: influence of the organic matter nature of the bulking agents used. **Bioresource Technology**, v. 76, i. 3, p.275-278, 2001.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J.A.S. (ed). **Cultivo do Sorgo**. EMBRAPA Milho e Sorgo, Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica – 4ª ed. 2008. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/ecofisiologia.htm)> Acesso em: 15 maio 2014.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas (MG): EMBRAPA, 2000, 46 p. (EMBRAPA – CNPMS (CircularTécnica, 3)).

MAGRO, F. O.; SALATA, A. DA C.; BERTOLINI, E. V.; CARDOSO, A. I. I. Produção de repolho em função da idade das mudas. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 2, p.119-123, 2011.

MAPA. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal, bem como as listas de substâncias permitidas para uso nos sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, D.F., 7 out. 2011. Seção 1, p. 4-11.

MATEUS, G. P.; BORGHI, E.; CASTRO, G. S. A.; GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Biomass production and accumulation of nutrients in shoots of Giant Guinea sorghum plants. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 1000-1008, 2011.

MAZZOLENI, E.M.; NOGUEIRA, J.M. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 2, p. 263-293, 2006.

MEDEIROS, D. C.; FREITAS, K. C. S.; VERAS, F. S.; ANJOS, R. S. B.; BORGES, R. D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; NUNES, G. H. S.; FERREIRA, H. A. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 186-189, 2008.

MELÃO, I.B. **Desenvolvimento rural sustentável a partir da agroecologia e da agricultura orgânica**: o caso do Paraná. Curitiba: IparDES, 2010. 25 p. (Nota Técnica nº 8).

MELÃO, I.B. Programa Paraná Agroecológico: o processo participativo para a construção de uma política pública. **Caderno IPARDES**, v.1, n.2, p. 36-44, 2011.

MELLO, S. Potencial orgânico: produtos certificados conquistam espaço dentro e fora do país. **Problemas Brasileiros**, v. 42, n. 364, p. 12-15, jul./ago. 2005.

MENEZES, L. A. S., LEANDRO, W. M. Biomass from different ground cover species with potential for use in a no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995.

MIRANDA, S. C. de; RIBEIRO, R. de L. D.; RICCI, M. dos S. F.; ALMEIDA, D. L. de. **Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface em bandejas**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia. Comunicado Técnico nº 24, 1998. 6 p.

MIYASAKA, S. Históricos de usos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: CNPq (Coord.). **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.

MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PERREZMURCIA, M.D.; PEREZ-ESPINOSA, A.; RUFETE, B. & PAREDES, C. Characterization of the organic matter pool in manures. *Bioresource Technology*, v. 96, i. 2, p. 153-158, 2005.

MORENO, D.A.; CARVAJAL, M.; LOPEZ-BERENGUER, C.; GARCIA-VIGUERA, C. Chemical and biological characterization of nutraceutical compounds of broccoli. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.41, i. 5, p.1508-1522, 2006.

MORTON, J. F.; SMITH, R. E.; LUCO-LOPEZ, M. A; ABRANS, R. **Pigeon-peas (*Cajanus cajan* Millsp): a valuable crop of the tropics**. Mayaguez: Univ. Puerto Rico - Dep. of Agronomy and Soils, 1982. 122p.

NAKASAKI, K; YAGUCHI, H; SASAKI, Y; KUBOTA, H. Effects of pH control on composting of garbage. **Waste management & Research**, v. 11, i. 2, p.117-125, 1993.

NIEUWHOF, M. **Cole crops**. London: World Crops Books, 1969. 95p.

NOBLE, R; ROBERTS, SJ. **A review of the literature on eradication of plant pathogens and nematodes during composting, disease suppression and detection of plant pathogens in compost**. Oxon-UK: WRAP (The Wastes and Resources Action Programme), 2003. 41 p.

NOVAES, N. J.; VITTI, G. C.; MANZANO, A.; ESTEVES, S. N.; GIROTTTO, C. R. Efeito da fosfatagem, calagem e gessagem na cultura do guandu I. Produção de matéria seca e proteína, e teores de proteína e fibra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 9, p. 1049- 1054, 1988.

NOVO M.C.S.S.; PRELA-PANTANO A; TRANI PE; BLAT SF. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. **Horticultura Brasileira**, v.28, n. 3, p. 321-325, 2010.

OELOFSE, M.; HØGH-JENSEN, H.; ABREU, L.S.; ALMEIDA, G.F.; HUI, O.Y.; SULTAN, T.; NEERGAARD, A. de. Certified organic agriculture in China and Brazil: Market accessibility and outcomes following adoption. **Ecological Economics**, v. 69, i. 9, p. 1785-1793, 2010.

OHSE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P.A.; SANTOS, O.S. dos. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 181-185, 2001.

OLIVEIRA, A.C.B. de; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; GARCIA, N.C.P.; GARCIA, S.L.R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.

OLIVEIRA, C.R. **Cultivo em ambiente protegido**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral-CATI. 1999.

OLIVEIRA, F.L. de. **Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*)**: adubação orgânica, adubação verde e consorciação. 2001. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2001.

OLIVEIRA, F.L. de; RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; PADOVAN, M.P.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; RIBEIRO, R. de L.D. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. **Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 60-66, 2003.

OLIVEIRA, T.K. de; CARVALHO, G.J. de; MORAES, R.N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

PASCHOAL, A.D. **Produção orgânica de alimentos** - agricultura sustentável para os séculos XX e XXI. Guia técnico e normativo para o produtor, o comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais. 1994. 191 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1994.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the State of Paraná, Brazil. **Turrialba**, v. 35, n. 2, p. 131-139, 1985.

PEIXOTO, R.T. dos G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1988, 48 p. (Circular, 57).

PEREIRA, J. **O feijão Guandu**: uma opção para a agropecuária brasileira. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1985. 27 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica, 20).

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1739-1745, 2004.

QUEIROZ FILHO, J. L. de; SILVA, D. S. da; NASCIMENTO, I. S. do. Dry matter production and quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv Roxo at different cutting ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 69-74, 2000.

QUEVEDO, F. F.; VIVIAN, J. A. C.; THOMAS, R.; CORROCHE, P. do C.; HOPPE, J. M.; SCHUMACHER, M. V.; GIRELLI, D.; SEGANFREDO, F. S. S. Avaliação dos diferentes tipos de substratos para produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003, Nova Prata, RS. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.

RIBAS, P. M. Importância Econômica. In: RODRIGUES, J.A.S. (ed). **Cultivo do Sorgo**. EMBRAPA Milho e Sorgo, Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica – 4ª ed. 2008. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/importancia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/importancia.htm)> Acesso em: 15 maio 2014.

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 623-639, 2004.

RODRIGUES, A.M.; FERREIRA, L.J.; FERNANDO, A.L.; URBANO, P.; OLIVEIRA, J.S. Co-composting of sweet sorghum biomass with different nitrogen sources. **Bioresource Technology**, v. 54, i. 1, p. 21-27, 1995.

RODRIGUES E.T.; LEAL P.A.M.; COSTA E.; PAULA T.S.; GOMES V.A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** v. 28, n. 4, p. 483-488, 2010.

ROSA, E.A.S.; RODRIGUES, A.S. Total and individual glucosinolate content in 11 broccoli cultivars grown in early and late seasons. **HortScience**, v. 36, i. 1, p. 56-59, 2001.

SALGADO, L.B.; BULISANI, E.A.; BRAGA, N.R. & MIRANDA, M.A.C. de. Crotalária júncea. In: INSTITUTO AGRONÔMICO (Campinas). **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo**. 4.ed. Campinas, 1987. p. 81-82. (Boletim, 200).

SALVADOR, C.A. **Análise da Conjuntura Agropecuária safra 2011/12**. Agricultura Orgânica. Paraná: DERAL – SEAB, 2011.

SALVADOR, C.A. **Análise da Conjuntura Agropecuária**. Olericultura. Paraná: DERAL – SEAB, 2013.

SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A.; ROIG, A.; CEGARRA, J.; BERNAL, M.P. Relationships between water-soluble carbohydrate and phenol fractions and the humification indices of different organic wastes during composting. **Bioresource Technology**, v. 70, i. 2, p. 193-201, 1999.

SANDHU, H.S.; WRATTEN, S.D.; CULLEN, R. Organic agriculture and ecosystem services. **Environmental Science & Policy**, v.13, i. 1, p. 1-7, 2010.

SANTOS, E. A., SANTOS, J. B., FERREIRA, L. R., COSTA, M. D.; SILVA, A. A. Fitoestimulação por *Stizolobium aterrimum* como processo de remediação de solo contaminado com trifloxysulfuron - sodium. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2. p. 259-265, 2007.

SANTOS, H.S. **Instruções práticas para a produção de mudas de hortaliças em bandejas**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. (Boletim de Olericultura, n. 1).

SANTOS, M. C. dos. ***Crotalaria juncea***. Pastobras: Ribeirão Preto, SP. Folder, 2005.

SARRANTONIO, M.; SCOTT, T.W. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, i. 6, p.1661-1668. 1988.

SCHAUB, S.M.; LEONARD, J.J. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, i. 8, p. 263-268, 1996.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D. de; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

SEMPLE, K.T.; REID, B.J.; FERMOR, TR. Impacto f composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. **Environmental Pollution**, v. 112, n. 2, p. 269-283, 2001.

SETUBAL, J.W.C.; AFONSO NETO, F. Efeito de substratos alternativos e tipos de bandejas na produção de mudas de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.18, p. 593-594, 2000. Suplemento.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SILVA, D.A. da; SOUZA, L.C.F. de; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.147-156, 2011.

SILVA, E.E.; POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; RESENDE, A.L.S.; OLIVEIRA, F.L.; RIBEIRO, R.L.D. Sucessão entre cultivos orgânicos de milho e couve consorciados com leguminosas em plantio direto. **Horticultura Brasileira** v. 29, n. 1, p, 57-62, 2011.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, J.A.A.; VITTI, G.C.; STUCHI, E. S. & SEMPIONATO, O.R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em

pomar de laranjeira – 'pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 225-230, 2002.

SILVA, K.S.; SANTOS, E.C.M.; BENETT, C.G.S.; LARANJEIRA, L.T.; EBERHARDT NETO, E.; COSTA, E. Produtividade e desenvolvimento de cultivares de repolho em função de doses de boro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 520-525, 2012.

SILVA JUNIOR, A.A. **Normas técnicas para a cultura do repolho**. Volume 13 de EMPASC. Sistemas de Produção. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1989. 26p.

SILVA JUNIOR, A. A. **Repolho**: Fitologia, fitotecnia, tecnologia alimentar e mercadologia. Florianópolis, EMPASC, 1989. 295 p.

SILVA JUNIOR, A.A.; VISCONTI, A. Recipientes e substratos para a produção de mudas de tomate. **Agropecuária Catarinense**, v. 4, n. 4, p. 20-23, 1991.

SMIDERLE, O.J.; SALIBE, A.B.; HAYASHI, A.H.; MINAMI, K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax®. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 253-257, 2001.

TANAKA, R.T. Adubação verde. **Informe Agropecuário**, v.7, n, 81, p.62-67, 1981.

TAVEIRA, J.A.M. **Produção de mudas**. Curitiba: SENAR, 1996. 86 p.

TEIXEIRA, C.M.; ARAÚJO, J.B.S.; CARVALHO, G.J. de. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 691-695, 2004.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J. de; ANDRADE, M.J.B. de; FURTINI NETO, A.E. Fitomassa, teor e acúmulo de micronutrientes do milheto, feijão-deporco e guandu-anão, em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 533-538, 2008.

TESSARIOLI NETO, J. **Produção de mudas hortícolas de alta qualidade**: custos agrozootécnicos. Piracicaba: Esalq, 1994.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Characterization and composting of poultry litter in forced-aeration piles. **Process Biochemistry**, v. 37, n. 8, p. 869-880, 2002.

TOLEDO, A. R. M. de. **Efeitos de substratos na formação de mudas de laranjeira (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Pera Rio) em vaso**. 1992. 88 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

TRANI, P.E.; FELTRIN, D.M.; POTT, C.A.; SCHWINGEL, M. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 256-260, 2007.

TREVISAN, J.N.; MARTINS, G.A.K.; LÚCIO, A.D.; CASTAMAN, C.; MARION, R.R.; TREVISAN, B.G. Rendimento de cultivares de brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 233-239, 2003.

TWAROG, S. Organic agriculture: a trade and sustainable development opportunity for developing countries. In: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **Trade and Environment Review 2006**. New York and Geneva: United Nations, 2006. p. 140–223. Disponível em: <[http://unctad.org/en/Docs/ditcted200512\\_en.pdf](http://unctad.org/en/Docs/ditcted200512_en.pdf)>. Acesso em: 20 abr 2014.

UNCTAD-UNEP. **Organic agriculture and food security in Africa**. New York and Geneva: United Nations, 2008. 47 p. Disponível em: <[http://unctad.org/en/docs/ditcted200715\\_en.pdf](http://unctad.org/en/docs/ditcted200715_en.pdf)>. Acesso em: 18 abr 2014.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. Factor controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, i. 1-4, p. 117-161, 1997.

WALLACE, P.; BROWN, S.; McEWEN, M.J. **To support the development of standards for compost by investigating the benefits and efficacy of compost use in different applications**. Oxon-UK: WRAP (The Waste & Resources Action Programme), 2004. 72p.

WIEN, H.C. **The physiology of vegetable crops**. Oxon: CABI Publishing, 1997.

WILLER, H; LERNOUD, J; KILCHER, L. (Eds.) **The world of organic agriculture**. Statistics and emerging trends. Frick: FiBL (Research Institute of Organic Agriculture) and Bonn: IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), 2013. 340 p. Disponível em: <<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1606-organic-world-2013.pdf>>. Acesso em: 2 ago 2014.

WONG, M.T.F.; AKEAMPONG, E.; NORTCLIFF, S.; RAO, M.R.; SWIFE, R.S. Initial responses of maize and beans to decreased concentrations of monomeric inorganic aluminium with application of manure or tree prunings to an oxisol in Burundi. **Plant and Soil**, v.171, n. 2, p.275-82, 1995.

WU, L.; MA, L.Q. Relationship between compost stability and extractable organic carbon. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, i. 4, p. 1323-1328, 2002.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. **I Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.17-29. Documentos, 35.