



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**DESEMPENHO DE CANA-DE-AÇÚCAR E LEGUMINOSAS
ADUBOS VERDES CONSORCIADAS EM SISTEMA ORGÂNICO**

RAÍSSA DE ARAUJO DANTAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

**BRASÍLIA/DF
JULHO/2014**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DESEMPENHO DE CANA-DE-AÇÚCAR E LEGUMINOSAS
ADUBOS VERDES CONSORCIADAS EM SISTEMA ORGÂNICO

RAÍSSA DE ARAUJO DANTAS

Orientador: Professor PhD Ricardo Carmona
Coorientadora: Pesquisadora Dra. Arminda Moreira de Carvalho

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 076/2014

BRASÍLIA/DF
JULHO/2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESEMPENHO DE CANA-DE-AÇÚCAR E LEGUMINOSAS
ADUBOS VERDES CONSORCIADAS EM SISTEMA ORGÂNICO**

Raíssa de Araujo Dantas

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

Ricardo Carmona
Professor PhD, Universidade de Brasília – UnB
Orientador / email: rcarmona@unb.br

Marcelo Fagioli
Professor Doutor, Universidade de Brasília - UnB
Examinador interno / email: mfagioli@unb.br

João de Deus Gomes dos Santos Junior
Pesquisador Doutor, Embrapa Cerrados - CPAC
Examinador externo / email: joao.jr@embrapa.br

Brasília, 31 de julho de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Dantas, Raíssa de Araujo

Desempenho de cana-de-açúcar e leguminosas adubos verdes consorciadas em sistema orgânico/Raíssa de Araujo Dantas; orientação de Ricardo Carmona; coorientação de Arminda Moreira de Carvalho – Brasília, 2014.

99 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

1. Cana-de-açúcar 2. Leguminosas adubos verdes 3. Sistemas consorciados 4. Agricultura orgânica I. Carmona, R. II. PhD

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DANTAS, R. A. **Desempenho de cana-de-açúcar e leguminosas adubos verdes consorciadas em sistema orgânico**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 99 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Raíssa de Araujo Dantas

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Desempenho de cana-de-açúcar e leguminosas adubos verdes consorciadas em sistema orgânico.

GRAU: Mestre

ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Raíssa de Araujo Dantas

CPF 010.905.621-36

Avenida Flamboyant, 18 – Ap. 1204 – Ed. Solarium Park – Águas Claras

CEP: 71917 – 000 – Brasília – DF – Brasil

(61) 3541-3915/ (61) 8158-5636

rahdantas08@gmail.com

***“Quando você acordar, não deixe de agradecer
Joga a tristeza no ar, que o melhor é viver
Insistir, tentar, do amor provar
Se não deu, valeu. Nunca é tarde pra recomeçar.”***

(Quando Você Acordar - Alexandre Carlo/Natiruts)

**Dedico,
Ao meu padrinho Efraim
(*in memorian*).**

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Sydney e Elaine e a minha irmã Larissa. Sem eles eu nada seria. Amo vocês!

Ao meu namorado Guilherme, meu companheiro de muitos anos, pelo amor, pela paciência e pelos bons conselhos.

À minha avó Vilma, por estar ao meu lado nesses anos, me encorajando e me transmitindo seu otimismo característico.

À Capes por financiar minha bolsa de estudos.

Ao meu orientador, professor Carmona, pela atenção e cordialidade e por estar sempre pronto pro que eu precisasse.

À Embrapa Cerrados, por todo o suporte oferecido ao meu trabalho.

À minha coorientadora, pesquisadora Arminda, pelos anos de trabalho na Embrapa Cerrados e por me incentivar a seguir na pesquisa científica.

Ao grande colaborador, pesquisador Thomaz, pelo suporte na realização do experimento, por ser sempre atencioso e solícito.

Ao estatístico Juaci, pela imensa ajuda na análise e interpretação dos dados desse experimento.

Aos operários de campo da Embrapa Cerrados, José Carlos, Fabiano, Edson Douglas e Jesuíno, pela ajuda nas atividades de campo.

Aos funcionários do laboratório de Química Analítica de Plantas da Embrapa Cerrados, Vilderete, Darlan, Fernanda, Francisco e Antônio (Pernambuco), por me auxiliarem na realização das análises laboratoriais.

À Usina Goiasa, por permitir a realização desse trabalho.

Aos engenheiros agrônomos da Goiasa, em especial ao Wellington, Gabriel e José Augusto, por incentivarem a pesquisa científica na usina.

Aos operários de campo da Goiasa, por ajudarem nas amostragens e avaliações de campo.

Aos professores Cícero Célio, Marcelo Fagioli e José Ricardo, por sempre estarem dispostos a me ajudar.

Aos pesquisadores da Embrapa Cerrados, João de Deus, Marcos Carolino e Claudio Franz pela companhia nas viagens à Goiatuba.

Aos meus “padrinhos acadêmicos”, Leo e Jeanne, por serem meu maior exemplo de dedicação à pesquisa científica.

Aos estagiários e bolsistas de pós-graduação da Embrapa Cerrados, em especial os “meninos (as) da Arminda”, por me ajudarem sempre que solicitei.

Às minhas queridas gurias, Luluzits, Marras, Luh, Laurinha, Ji e Lalá, por serem sempre tão parceiras e essenciais na minha vida.

Aos amigos queridos da época de Leonardo da Vinci, Julito, Ianzera, Zazá, Cabelo, Tropeço, Soneca, Comics, Bigode, Mazela, Raeffão, Tiri, Li e Nê, pela amizade de longa data.

Aos amigos que fiz na Agronomia, Dri, Titio, Ilivis, Frank, BH, Joãozinho, Rodrigão, Gutão, Guinuxo, Fabinho, Fabibs, Fifi, Mineiro, Raulzão e Peixe, por terem feito da graduação um dos momentos mais felizes da minha vida.

Aos mestrandos Carlinhos, Ju Hiromi, Luciane e Marê, por dividirem comigo a dor e a delícia de ser pós graduando.

DESEMPENHO DE CANA-DE-AÇÚCAR E LEGUMINOSAS ADUBOS VERDES CONSORCIADAS EM SISTEMA ORGÂNICO

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho da cana-de-açúcar orgânica e de leguminosas em sistema de consorciação. O experimento consistiu na semeadura de leguminosas, no início da estação chuvosa, na entrelinha de cana-de-açúcar de ano e meio, manejada sob sistema orgânico de produção. Os atributos utilizados na avaliação do desempenho da cana-de-açúcar foram produtividade de colmos, produção de açúcar, características tecnológicas do caldo, concentração de nitrogênio no tecido foliar de cana-de-açúcar e decomposição dos resíduos culturais. Os atributos utilizados na avaliação do desempenho das leguminosas foram produção de biomassa seca das leguminosas, capacidade de redução da biomassa seca de plantas daninhas, eficiência de controle de plantas daninhas, teor de nitrogênio na parte aérea de cana-de-açúcar e influência das leguminosas na decomposição dos resíduos culturais da cana-de-açúcar. As espécies leguminosas semeadas foram: amendoim forrageiro (*Arachis pintoï*), guandu-anão (*Cajanus cajan*), calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), crotalaria anagiróde (*Crotalaria anagyroides*), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*) e *Stylosanthes* cv. Campo Grande (mistura física das espécies *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. O consórcio com espécies leguminosas não interferiu nos componentes de produção da cana-de-açúcar (produtividade de colmos, produção de açúcar e na análise tecnológica do caldo). Em virtude da baixa produção de biomassa seca e nitrogênio acumulado pelas leguminosas, não houve efeito nos teores foliares de nitrogênio da cana-de-açúcar. A decomposição dos resíduos vegetais em cana-de-açúcar solteira não diferiu da decomposição em sistemas consorciados com leguminosas. *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* e *Crotalaria juncea* produziram biomassa seca superior às espécies *Arachis pintoï* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande em consorciação com cana-de-açúcar em sistema orgânico. A biomassa seca de plantas daninhas foi inferior à testemunha em todas as avaliações realizadas. A eficiência das leguminosas no controle de plantas daninhas foi superior a 60%.

Termos de indexação: açúcar orgânico, cana-crua, manejo cultural, plantas de cobertura, adubos verdes, *Saccharum* spp.

PERFORMANCE OF ORGANIC SUGARCANE AND LEGUMINOUS IN INTERCROPPING SYSTEMS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the performance of organic sugar cane and legumes in intercropping systems. The experiment consisted in sowing legume species at the beginning of the rainy season in the organic sugar cane interrows. The parameters used to evaluate sugar cane's performance were cane yield, sugar production, technological parameters, nitrogen uptake and decomposition of crop residues. The parameters used to evaluate legume's performance were dry biomass production, weed's dry biomass reduction, efficiency of controlling weeds, nitrogen accumulation in shoots and the influence on sugar cane decomposition. The legumes seeded on the interrow were perennial peanut (*Arachis pintoii*), dwarf pigeon pea (*Cajanus cajan*), calopo (*Calopogonium mucunoides*), two sunn hemp species (*Crotalaria anagyroides* and *Crotalaria juncea*) and Stylosanthes cv. Campo Grande (*Stylosanthes capitata* + *S. macrocephala*). The experimental design was randomized blocks with four replications. The intercropped systems didn't affect yield components of sugar cane (cane yield, sugar production and technological parameters). There was no effect on foliar nitrogen concentration of sugar cane due to low production of legumes dry biomass and nitrogen accumulation. The decomposition of sugar cane plant residues didn't differ from decomposition on intercropped systems. *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* and *Crotalaria juncea* produced higher dry biomass and *Arachis pintoii* and *Stylosanthes* cv. Campo Grande produced lower dry biomass. The weed's dry biomass was lower than the control in all treatments. The legume's efficiency in weed control was greater than 60%.

Index terms: organic sugar, green cane harvesting, crop management, cover crops, green manures, *Saccharum* spp.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. A cultura da cana-de-açúcar	2
2.2. Agricultura orgânica.....	4
2.2.1. Cultivo orgânico de cana-de-açúcar	6
2.3. Leguminosas para adubação verde	9
2.3.1. Características das espécies selecionadas.....	10
2.4. Consórcio entre cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.....	15
2.4.1. Efeitos das leguminosas no controle de plantas daninhas	16
2.4.2. Efeitos das leguminosas no acúmulo de nitrogênio.....	20
2.4.3. Efeitos das leguminosas na dinâmica de decomposição da palhada da cana-de-açúcar	23
3. OBJETIVOS.....	26
3.1. Objetivo geral	26
3.2. Objetivos específicos.....	26
4. REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 1 - CONSÓRCIO DE CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA E LEGUMINOSAS: CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO.....	39
RESUMO	39
ABSTRACT	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4. CONCLUSÕES.....	61
5. REFERÊNCIAS	61
CAPÍTULO 2 - CONSÓRCIO DE CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA E LEGUMINOSAS: SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO E DECOMPOSIÇÃO DOS RESTOS CULTURAIS	68
RESUMO	68
ABSTRACT	68
1. INTRODUÇÃO.....	69
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4. CONCLUSÕES.....	88
5. REFERÊNCIAS	89
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1.1. Densidade de semeadura e profundidade do sulco das leguminosas na entrelinha da cana-de-açúcar.....	45
Tabela 1.2. Biomassa seca da parte aérea de leguminosas cultivadas nas entrelinhas da cana-de-açúcar, cortadas aos 142 DAS.....	50
Tabela 1.3. Matriz de correlação do parâmetro biomassa seca de plantas daninhas amostradas aos 142 dias após a semeadura das leguminosas em sistemas consorciados.....	56
Tabela 1.4. Eficiência das leguminosas no controle de plantas daninhas em três períodos em sistemas de cultivo consorciado com cana-de-açúcar orgânica e leguminosas.....	57
Tabela 1.5. Produtividade de colmos e produção de açúcar em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.....	59
Tabela 1.6. Análise tecnológica do caldo realizada em amostras de cana-de-açúcar orgânica cultivada em sistema de consorciação com leguminosas adubos verdes.....	60
Tabela 2.1. Densidade de semeadura e profundidade do sulco das leguminosas na entrelinha da cana-de-açúcar.....	73
Tabela 2.2. Composição e quantidade de material vegetal adicionado aos sacos de serapilheira.....	76
Tabela 2.3. Teor de nitrogênio, biomassa seca e acúmulo de nitrogênio na parte aérea de leguminosas em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.....	80
Tabela 2.4. Teor de nitrogênio foliar de cana em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.....	82
Tabela 2.5. Constante de decomposição e tempo de meia vida dos restos culturais em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Precipitação pluvial acumulada e temperatura média mensal na área experimental no período do experimento.....	43
Figura 1.2. Principais plantas daninhas de ocorrência na área experimental.....	46
Figura 1.3. Área útil e pontos de amostragem de plantas daninhas nas parcelas experimentais.....	47
Figura 1.4. Biomassa seca de plantas daninhas em sistemas de consórcio de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas aos 29 e 85 dias após a semeadura das leguminosas (DAS).....	54
Figura 2.1. Precipitação pluvial acumulada e temperatura média mensal na área experimental no período do experimento.....	71
Figura 2.2. Pontos de amostragem das leguminosas nas parcelas experimentais.....	74
Figura 2.3. Área útil das parcelas experimentais para amostragem das folhas +1 de cana-de-açúcar.....	75
Figura 2.4. Posicionamento dos sacos de serapilheira nas parcelas experimentais.....	77
Figura 2.5. Decaimento da biomassa dos resíduos vegetais de cana-de-açúcar, cana-de-açúcar consorciada com guandu-anão e cana-de-açúcar consorciada com calopogônio.....	84

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes do Brasil. O país, atualmente, é o maior produtor do mundo, com área plantada superior a nove milhões de hectares, sendo que mais de 50% da produção está localizada no Estado de São Paulo.

A cultura encontra-se em expansão nos dias de hoje devido, principalmente, à valorização do etanol como combustível alternativo e ao preço do açúcar no mercado internacional. O Estado de Goiás, por suas características geoambientais, tem apresentado crescimento significativo das áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Na década de 1990 do século passado, iniciou-se no Brasil a produção orgânica de açúcar, impulsionada pelo mercado internacional. Dentre as razões para a adoção do manejo orgânico estão o alto preço pago pelo açúcar orgânico, a utilização de resíduos da usina na adubação da cultura (torta de filtro e vinhaça), o eficiente manejo biológico de pragas e os benefícios socioambientais (redução de impactos ao ambiente e bem-estar para a mão-de-obra).

A conversão de canaviais convencionais em orgânicos possui alguns entraves, como o manejo de plantas daninhas e o suprimento de nitrogênio, uma vez que não são permitidas práticas como aplicação de herbicidas e a utilização de adubos sintéticos, como a ureia.

O consórcio com leguminosas adubos verdes surge como estratégia para redução da incidência de plantas daninhas, através da competição e o fornecimento de nitrogênio à cultura principal por meio da decomposição dos resíduos vegetais dessas leguminosas e mineralização da palhada da própria cultura.

Diante disso, esse trabalho objetivou avaliar o desempenho de cana-de-açúcar e leguminosas adubos verdes consorciadas em sistema orgânico de produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma espécie perene, adaptada a climas tropicais e subtropicais. Segundo Daniels e Roach (1987), trata-se de uma espécie alógama, da família Poaceae, tribo Andropogoneae, gênero *Saccharum*. As principais espécies do gênero são *S. officinarum* L., *S. robustum* Brandes e Jeswiet ex Grassl, *S. barberi* Jeswiet, *S. sinense* Roxb., *S. spontaneum* L. e *S. edule* Hassk. Seu centro de origem é incerto. Sabe-se que as ilhas do Arquipélago da Polinésia, a Nova Guiné e a Índia estão entre as possíveis regiões de origem, portanto acredita-se que a cultura é nativa do sudeste da Ásia (FIGUEIREDO, 2010).

Essa cultura está intrinsecamente ligada à história e ao desenvolvimento do Brasil. A sua introdução nas Américas ocorreu no período de colonização, quando foram importadas diversas espécies de plantas da Europa, Ásia e África. Os primeiros relatos oficiais da importação de colmos de cana-de-açúcar datam de 1532, no período das Capitânicas Hereditárias, sendo trazidas por Martim Afonso de Souza para a Capitania de São Vicente (FIGUEIREDO et al., 2011).

Atualmente, a cana-de-açúcar cultivada em todo o mundo é produto de hibridação interespecífica. Até 1925, eram cultivados no Brasil genótipos de *Saccharum officinarum*, porém a alta susceptibilidade a diversas doenças, em especial ao mosaico, incentivou as nações produtoras a iniciar programas de melhoramento através da geração de híbridos interespecíficos. A terminologia taxonômica adequada, portanto, é *Saccharum* spp. (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010).

As principais características da cana-de-açúcar são a inflorescência em forma de espiga, o crescimento do caule em colmos, as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e a bainha aberta. Apresenta hábito ereto ou levemente decumbente na fase inicial do desenvolvimento e, nas fases seguintes, sofre seleção dos perfilhos por autossombreamento (DIOLA; SANTOS, 2012). É uma espécie com alta capacidade de perfilhamento, sendo que cada perfilho comporta-se como uma planta independente e autônoma (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010).

A cana-de-açúcar apresenta metabolismo do tipo C4, tendo alta eficiência fotossintética e ponto de saturação luminosa elevado. Sendo assim, quanto maior a intensidade luminosa, maior seu desenvolvimento e acúmulo de açúcares (BARBIERI, 1981).

A cultura é plantada na Região Centro-Sul de setembro a março (cana de ano e cana de ano e meio). A colheita inicia-se em maio e, em algumas unidades sucroalcooleiras, em abril, podendo prolongar-se até o mês de novembro (ANJOS; FIGUEIREDO, 2010).

Vários produtos são obtidos a partir da cana-de-açúcar, dentre eles, o mais valioso componente atualmente, a sacarose. O açúcar e o álcool etílico, os dois produtos de maior exploração nessa cadeia produtiva, são obtidos dessa matéria-prima (DIOLA; SANTOS, 2012).

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com processamento na agroindústria de mais de 700 milhões de toneladas em 2013 (IBGE, 2013). O Estado de São Paulo é o maior produtor com 51,7% (4.552,0 mil hectares), seguido por Goiás com 9,3% (818,4 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (779,8 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,4% (654,5 mil hectares), Paraná com 6,7% (586,4 mil hectares), Alagoas com 4,7% (417,5 mil hectares) e Pernambuco com 3,2% (284,6 mil hectares). As áreas com cana-de-açúcar continuam em progressivo aumento, sendo que na safra 2013/14 representou um crescimento de 3,8%. São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais são os Estados responsáveis por esse aumento (CONAB, 2014).

A importância do setor sucroalcooleiro para a economia brasileira deve-se à conquista e ampliação de mercados internacionais para o açúcar, a recuperação dos preços internacionais dessa *commodity*, o aumento das exportações de álcool combustível após assinatura do Protocolo de Kyoto e, ainda, o grande aumento das vendas de automóveis com motores flex no mercado nacional. Esses fatores certamente contribuiriam para a forte expansão da atividade, que também se beneficia dos altos preços do petróleo e das preocupações com a preservação ambiental e com a mitigação dos efeitos causadores de mudanças climáticas (BALSADI, 2007; GOLDEMBERG et al., 2008; SZMRECZÁNYI et al., 2008; GONÇALVES, 2009; BALSADI et al., 2010).

2.2. Agricultura orgânica

Segundo o artigo 1º da lei 10.831 de dezembro de 2003, “considera-se sistema orgânico de produção todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente” (BRASIL, 2003).

A denominação agricultura alternativa adotada nos anos 70 e 80 do século passado foi atribuída, à época, ao conjunto de movimentos alternativos às formas não industriais de agricultura. Compreendem, portanto, os agroecossistemas denominados orgânico, biodinâmico, natural, regenerativo, ecológico, biológico, agroecológico e da permacultura. No Brasil, o movimento iniciou-se também nos anos 70 e ficou marcado pela organização de quatro grandes encontros nacionais conhecidos como Encontros Brasileiros de Agricultura Alternativa (EBAAs). O termo adotado nos regulamentos técnicos brasileiros foi o “orgânico” (FONSECA et al., 2009).

Para que o agricultor possa produzir e comercializar produtos orgânicos é necessária a conversão do sistema de manejo convencional adotado na propriedade para o sistema de manejo orgânico. A legislação brasileira estabelece que, esse período de conversão varia conforme o tipo de exploração e o histórico da área, bem como sua situação socioambiental atual (BRASIL, 2007).

Para controle do produto orgânico comercializado, foi criada uma estrutura operacional para monitoramento genericamente chamada certificação. No processo de certificação de produtos orgânicos foi estabelecido um conjunto de normas para regular a produção, o processamento, a certificação e a comercialização, garantindo segurança quanto à qualidade do que é comercializado. Essa garantia de certificação é

geralmente grafada nos rótulos dos produtos, na forma de selo (LIMA, 1995; SOUZA, 2001).

As agências certificadoras habilitadas devem ser credenciadas pelo órgão competente, a *International Federation of Organic Agriculture Movements* (IFOAM), uma federação que congrega os diversos movimentos sociais relativos à agricultura orgânica (HAUSELMANN, 1996; SOUZA, 2001).

A produção orgânica vem crescendo de forma acelerada nos últimos anos. Segundo Willer et al. (2008), 138 países praticam a agricultura orgânica e existe, no mínimo, 700 mil propriedades e aproximadamente 30,4 milhões de hectares sob manejo orgânico (contabilizando também a produção não certificada). Os países com maiores áreas de produção, segundo o estudo, são a Austrália com 12,29 milhões de hectares, a China com 2,3 milhões e a Argentina com 2,2 milhões. O Brasil se encontra na 8ª posição com 880 mil hectares (WILLER et al., 2008; TERRAZZAN; VALARINI, 2009).

Levantamentos mais recentes, realizados em 2010, pelo *Research Institute of Organic Agriculture* (FiBL) e pelo *International Federation of Organic Agriculture Movements* (IFOAM) atualizaram os dados e mostram que o número de países que praticam a agricultura orgânica subiu para 154 e a área cresceu para 35 milhões de hectares. O estudo aponta também que o Brasil subiu da oitava para a quarta posição no *ranking* de maior produção orgânica, com área estimada de 1,8 milhões de hectares. Já o Censo Agropecuário realizado pelo IBGE em 2006 estima em 4,9 milhões de hectares a produção brasileira, considerando produtos certificados e não certificados. Dessa forma, o Brasil atinge a segunda colocação no *ranking* de países produtores, perdendo apenas para a Austrália (IPD, 2010).

Segundo levantamento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o número divulgado pelas pesquisas subestima o número real de unidades de produção efetivamente existentes, visto que, muitas vezes, uma associação ou cooperativa de produtores é detentora da certificação (MAPA, 2012).

De acordo com estudo divulgado pelo projeto Organics Brasil, que coletou dados junto às principais certificadoras que atuam no país (IBD, ECOCERT Brasil, IMO Brasil e BCS), a área orgânica certificada corresponde

a 932.120 hectares e a produção orgânica incluindo a base extrativista, a 6.182.180 hectares (FONSECA et al., 2009).

Os principais mercados consumidores de produtos orgânicos estão concentrados na América do Norte e Europa, representando 97% do consumo mundial, enquanto que os mercados da Ásia, América Latina e Oceania figuram entre os principais produtores e exportadores (IPD, 2010).

No Brasil as regiões Norte e Centro-Oeste se destacam na produção orgânica, com 778.800 hectares e 3.800 unidades de produção e 650.900 hectares e 1.100 unidades de produção, respectivamente. O levantamento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sobre a produção orgânica no Brasil desenhou um mapa com os produtos mais representativos de cada unidade da federação. A produção de açaí e castanha-do-brasil são exemplos da região Norte. Na região Centro-Oeste, o açúcar, a carne bovina e os laticínios se destacam. Na região Nordeste, merece destaque a produção de hortaliças, assim como na região Sudeste. No sul do país, são exemplos de produtos as aves, os ovos e as frutas (MAPA, 2012).

2.2.1. Cultivo orgânico de cana-de-açúcar

A crescente exigência do mercado por produtos com maior qualidade e segurança, os problemas ambientais causados pela agricultura convencional, como a poluição de mananciais por adubos sintéticos e agrotóxicos, o valor agregado ao açúcar orgânico e, ainda, a eficiência na gestão de resíduos das usinas e destilarias incentivaram a agroindústria canavieira na diversificação da cadeia produtiva. A produção de açúcar orgânico no Brasil iniciou-se na década de 90 do século passado. A empresa pioneira neste segmento foi a Usina São Francisco do Grupo Balbo (VIAN; PITELLI, 2007). O açúcar orgânico Native é fabricado desde 1998 e começou a ser exportado primeiro para os Estados Unidos e posteriormente para a Europa (VIAN, 2003).

No âmbito mundial, Brasil e Paraguai estão entre os principais produtores, enquanto que Estados Unidos e Europa continuam sendo os maiores consumidores do açúcar orgânico (SOARES et al., 2010). O retorno financeiro é satisfatório, pois o preço pago ao produtor de açúcar orgânico é, no mínimo, entre 100 e 200% maior que o preço do açúcar convencional (STOREL JÚNIOR, 2003).

O mercado do açúcar orgânico é predominantemente constituído por consumidores preocupados com a saúde, mas parte do público também consome o produto motivado pelas questões de carácter ambiental e social, esse último relacionado ao respeito e valorização do trabalhador rural (SOARES et al., 2010).

Atualmente, a cultura encontra-se dentre as mais plantadas em sistema orgânico no país, com mais de 30.000 ha cultivados, entre áreas já convertidas e áreas em conversão, sendo que 95% da produção concentra-se em grandes usinas (IBD, Comunicação pessoal)¹.

Algumas etapas devem ser cumpridas para produção de cana-de-açúcar orgânica, assim como em outras culturas nesse sistema de manejo, para a conversão de áreas em sistema convencional ou para a transição agroecológica, parcial ou total. A primeira etapa é a redução e racionalização de adubos químicos e agrotóxicos; a segunda é a substituição desses insumos por outros de origem biológica; e a terceira é o manejo da biodiversidade e reconfiguração dos sistemas produtivos de forma que esses ganhem complexidade estrutural e funcional (FIGUEIREDO, 2002; GLIESSMAN, 2009).

A conversão de uma área de produção convencional em orgânica não consiste somente na substituição de insumos, mas no respeito a todas as práticas preconizadas pelas entidades certificadoras que padronizam as normas regulamentares (AZEVEDO et al., 2002).

O período de conversão deve ser suficiente para a descontaminação do solo dos resíduos de agrotóxicos. A duração desse período pode variar de um a cinco anos, conforme as condições iniciais da área. As certificadoras exigem geralmente período mínimo de três anos para certificação de produto ou propriedade orgânica (VENEGAS, 1996).

O cultivo de cana-de-açúcar orgânica deve basear-se em um modelo agrícola sustentável, adotando práticas como a não queimada da palha, reciclagem e utilização de resíduos da indústria (VIAN; PITELLI, 2007).

A fertilização da cana orgânica é feita com subprodutos obtidos na própria indústria canavieira, como a torta de filtro, bagaço e cinzas (SOARES

¹ Comunicação pessoal com Jorge Vailati, gerente do IBD, em 5 de julho de 2013, via correio eletrônico.

et al., 2010), permitindo o sucesso da adoção do manejo orgânico. A vinhaça é um subproduto da indústria sucroalcooleira rico em matéria orgânica e com alto teor de potássio. Já a torta de filtro apresenta alto teor de matéria orgânica e de fosfatos (SOARES et al., 2010). As fontes externas de insumos para compostagem são liberadas, mas o produtor deve certificar-se sobre a origem desse material (AZEVEDO et al., 2002).

Além do aproveitamento dos resíduos da indústria, o eficiente manejo de insetos-praga pelo método de controle biológico torna possível o controle de uma das principais pragas da cultura, a broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), com a utilização de parasitóides, principalmente *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), para controle do adulto e *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), para o controle dos ovos da broca. Outra praga importante da cana-de-açúcar, a cigarrinha-da-raiz (*Mahanarva fimbriolata*) é controlada através da aplicação do agente biológico entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (fungo da classe Hyphomycetes) (DINARDO-MIRANDA, 2010).

Miranda e Miranda (2004) também constataram em estudo na Usina São Francisco, aumento na diversidade de vertebrados nas áreas cultivadas com cana orgânica. Foram contabilizadas 247 espécies transitando na área, dentre elas espécies ameaçadas de extinção. Esse aumento, segundo os autores, pode ser atribuído à formação de uma cadeia alimentar mais natural possível.

Outro aspecto relevante é a logística da usina e a forma de manejo adotada na produção de açúcar orgânico. Na fase industrial, a cana orgânica deve ser processada separadamente, sendo que uma parcela da matéria-prima é destinada à limpeza dos resíduos da matéria-prima convencional. Deste modo, as empresas que produzem os dois tipos de açúcar costumam processar o orgânico no final da safra (VIAN, 2003).

Todavia, existem gargalos nesse sistema de produção. As plantas daninhas figuram entre os principais componentes do agroecossistema que interferem no desenvolvimento e na produtividade das culturas, competindo com os recursos do meio, hospedando pragas e doenças e/ou interferindo nas práticas culturais e na colheita (PITELLI, 1985).

Ademais, os resíduos provenientes da usina podem não suprimir as demandas de nitrogênio da cultura, uma vez que a torta de filtro, principal fonte do nutriente, apresenta composição química variável, dependente da variedade, época de maturação, tipo de solo, processo de clarificação, entre outros (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011).

Aspectos logísticos limitam a distribuição, principalmente da vinhaça, na fertirrigação da lavoura. Em grandes propriedades, a utilização desse resíduo como adubo exige a construção de canais e a instalação de bombas e tubulações, representando elevado custo de investimento para as usinas (ORLANDO FILHO, 1981).

Apesar de pragas importantes serem controladas eficientemente por práticas culturais e biológicas, para o controle de saúvas (*Atta* spp.) em cultivo orgânico existem poucas técnicas cientificamente testadas (SOARES et al., 2010).

2.3. Leguminosas para adubação verde

O emprego de plantas de cobertura, como prática de manejo e conservação, são relevantes na manutenção ou melhoria das características químicas, físicas e biológicas dos solos. A adubação verde utiliza espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo ano. As leguminosas se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, o que resulta no aporte de quantidades expressivas desse nutriente no sistema solo-planta (PERIN et al., 2003).

Em função desse potencial de fixação de nitrogênio e recuperação da fertilidade do solo, as leguminosas representam uma alternativa ao suprimento, substituição ou complementação da adubação mineral e recomposição da fertilidade do solo (SCIVITTARO et al., 2000).

Além do aporte de nutrientes ao sistema, o uso de leguminosas adubos verdes em rotação ou consórcio promove outros benefícios. Uma das maiores contribuições da adubação verde consiste na adição de grandes quantidades de fitomassa ao solo, permitindo a elevação dos teores de matéria orgânica (LASSUS, 1990) e assim, aumentando a capacidade de troca catiônica do solo (TESTA et al., 1992).

A adubação verde promove melhorias nas características físicas, destacando-se o efeito benéfico na estabilidade e resistência de agregados (SILVA et al., 1998), favorecendo assim a infiltração de água.

A atividade dos organismos dos solos é influenciada positivamente com a presença dessas leguminosas. O fornecimento de resíduos vegetais como fonte de energia e a redução de oscilações térmicas e de umidade do solo explicam o favorecimento à população microbiana (SIDIRAS et al., 1984; FILSER, 1995). Dentre os organismos favorecidos, podem ser citados os fungos micorrízicos arbusculares.

As leguminosas exercem influência no controle de plantas daninhas, seja por efeito físico da cobertura morta, interferindo na germinação e taxa de sobrevivência de plantas daninhas, ou por efeito biológico, com o favorecimento de organismos que promovem deterioração de propágulos do solo, ou ainda efeito químico, com a produção de substâncias alelopáticas (MONQUERO et al., 2009). Essas espécies atuando como cobertura viva também interferem na dinâmica de plantas daninhas através de compostos alelopáticos exsudados e pela barreira física e competição por recursos como água, luz, oxigênio e nutrientes (FAVERO et al., 2001). Entretanto, esses efeitos variam com a escolha da espécie a ser implantada em sistema consorciado ou cultivo intercalar.

No próximo tópico serão listadas as seis espécies leguminosas selecionadas neste trabalho para o cultivo em consórcio com cana-de-açúcar e o subsídio teórico para essa escolha.

2.3.1. Características das espécies selecionadas

2.3.1.1. Amendoim forrageiro (*Arachis pintoï* Krapov. & W.C. Greg)

O amendoim forrageiro é uma planta herbácea e perene, que alcança de 20 a 50 cm de altura, rasteira e estolonífera (FISHER; CRUZ, 1994). A espécie possui floração indeterminada, emitindo botões florais várias vezes durante o ano (MIRANDA et al., 2008).

Essa leguminosa destaca-se por ser tolerante ao sombreamento e relativamente tolerante a déficits hídricos (FISHER; CRUZ, 1994). Andrade et al. (2004), em estudo com diferentes níveis de sombreamento, constataram

que o amendoim forrageiro tolerou até 70% de redução na incidência de luz sem quedas expressivas de biomassa seca.

Quanto à produção de biomassa seca, os valores descritos na literatura para o cultivo solteiro variam entre 2 e 5 t ha⁻¹, conforme o período de semeadura e colheita da espécie (MIRANDA et al., 2003; ESPINDOLA et al., 2006).

O amendoim forrageiro apresenta boa capacidade de cobertura do solo. A porcentagem de cobertura pode variar de 74% do solo coberto aos 90 dias após a semeadura (DAS) com semeadura no período chuvoso até cobertura total aos 224 DAS, independentemente de densidade e espaçamento de semeadura (PERIN et al., 2003; TEODORO et al., 2011). Entretanto, a espécie apresenta altas taxas de decomposição e, portanto, rápida liberação de nutrientes (ESPINDOLA et al., 2006; GAMA-RODRIGUES et al., 2007).

A leguminosa apresenta boa capacidade de fixação biológica de N₂, com contribuição da simbiose superior a 50% no acúmulo de nitrogênio (ESPINDOLA et al., 2006; NGOME et al., 2011).

Outro aspecto relevante relaciona-se à capacidade de consorciação da leguminosa com espécies gramíneas de crescimento vigoroso, como braquiárias e milho (MIRANDA et al., 2008; NGOME et al., 2011).

O uso de *Arachis pinto* como cobertura do solo tem mostrado eficiência no controle de plantas daninhas, promovendo a redução na germinação e produção de biomassa seca de plantas daninhas (SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001a).

2.3.1.2. Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.)

Essa espécie leguminosa apresenta hábito indeterminado e trepador. Quando não há estação seca severa, a espécie é perene (CALEGARI et al., 1993). A espécie apresenta ciclo aproximado de 240 a 260 dias (COSTA et al., 2009).

A produção de biomassa seca de *Calopogonium mucunoides* mostra-se bastante variável em cultivo solteiro, variando entre 2 e 10 t ha⁻¹ (NUNES et al., 2006; TEODORO et al., 2011). Quando consorciada, os valores de biomassa seca são inferiores, não atingindo 1 t ha⁻¹ (CORREIA et al., 2012).

A espécie apresenta boa capacidade de cobertura do solo, sendo observado na literatura porcentagem de cobertura superior a 80% aos 90 DAS (TEODORO et al., 2011). Quanto à decomposição de resíduos vegetais, a espécie apresenta taxa de decomposição mais lenta, em que 20 a 50% da biomassa inicial permanece no solo transcorridos 360 dias de avaliação (MATOS et al., 2011).

A espécie possui boa capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, com fornecimento de até 450 kg/N/ano (CALEGARI et al., 1993).

Com relação aos aspectos de consorciação, Correia et al. (2012), em experimento com consórcio entre milho e *Calopogonium mucunoides*, observaram que o consórcio não interferiu de forma positiva ou negativa no desenvolvimento do milho em relação ao milho solteiro.

Essa leguminosa perene apresenta boa capacidade de controle de plantas daninhas, promovendo redução na biomassa seca dessas espécies, que pode ser justificada pela competição e presença de compostos alelopáticos no tecido da planta (SOUZA FILHO et al., 1997; TEODORO et al., 2011).

2.3.1.3. Crotalária anagiróide (*Crotalaria anagyroides* Kunth)

A *Crotalaria anagyroides* é uma planta anual subarbusciva e bastante precoce. A espécie apresenta porte baixo, variando de 0,6 a 1,2 m (CALEGARI et al., 1993). Seu ciclo total varia entre 140 e 180 dias, portanto apresenta florescimento rápido (CALEGARI et al., 1993).

Em cultivo solteiro, a espécie pode produzir valores superiores a 8 t ha⁻¹ de biomassa seca, quando cultivada no período chuvoso na região dos Cerrados (CARVALHO et al., 1999). A capacidade de cobertura do solo dessa espécie mostra-se superior a 50% aos 75 dias após a emergência (DAE), quando a espécie é semeada na safrinha. Em avaliação na estação seca na região dos Cerrados, a decomposição de *Crotalaria anagyroides* apresentou decaimento de apenas 14,6% da biomassa seca inicial (CARVALHO et al., 2013).

Essa leguminosa pode acumular até 270 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo que 67% são provenientes da fixação biológica de N₂ (BECKER; JOHNSON, 1998).

Quando cultivada em consórcio com espécies gramíneas, a *Crotalaria anagyroides* apresenta rendimento de biomassa seca inferior a 1 t ha⁻¹ (CARVALHO et al., 2013).

Becker e Johnson (1998) constataram que essa espécie leguminosa apresenta boa capacidade de redução de biomassa seca de plantas daninhas quando cultivada em rotação com outras culturas.

2.3.1.4. Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.)

A *Crotalaria juncea* é uma leguminosa anual, subarborescente, podendo atingir até 3 m de altura. Possui caule ereto, semilenhoso e crescimento determinado (BURLE et al., 2006). A espécie apresenta floração aos 60 dias e completa seu ciclo vegetativo em 120 dias (PEREIRA et al., 1992; CARVALHO et al., 1999).

A produção de biomassa seca de *Crotalaria juncea* pode variar entre 13 e 17 t ha⁻¹, em cultivo solteiro, quando semeada na estação chuvosa (AMABILE et al., 2000; TEODORO et al., 2011). Os resíduos dessa leguminosa promovem boa cobertura do solo, com valores superiores a 87% de cobertura (SODRÉ FILHO et al., 2004). A boa cobertura de solo pode ser explicada pela taxa de decomposição mais baixa se comparada com outras espécies leguminosas, associada à presença de altos teores de lignina e celulose no material vegetal e alta relação C/N (BURLE et al., 2006).

A espécie apresenta boa capacidade de fixação biológica de N₂, em que o nitrogênio absorvido através da simbiose é superior a 50% do nitrogênio total (CASTRO et al., 2004; PERIN et al., 2004).

Por apresentar ciclo curto e crescimento inicial rápido, a *Crotalaria juncea* pode interferir de forma negativa com culturas em consorciação (AKANVOU et al., 2001), o que pode ser controlado com o atraso na época de semeadura da leguminosa para redução dos efeitos de interação.

Em razão do crescimento inicial rápido, com rápida cobertura do solo, e da presença de compostos alelopáticos no tecido vegetal, a *Crotalaria juncea* promove redução na incidência de plantas daninhas (CALEGARI et al., 1993; MONQUERO et al., 2009; TIMOSSI et al., 2011).

2.3.1.5. Estilosantes cv. Campo Grande (*Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & N.M. Sousa Costa e *S. capitata* Vog.)

A cultivar Campo Grande de *Stylosanthes* possui ciclo perene e é composta pela mistura física de duas espécies, *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala* na proporção de 80% e 20% no peso de sementes, respectivamente. Foi obtida a partir da seleção de plantas dessas duas espécies em uma área da Fazenda Maracujá (Campo Grande, MS), onde havia sido realizado um experimento em anos anteriores à década de 1990 do século passado (EMBRAPA, 2007).

Stylosanthes capitata tem hábito de crescimento ereto, podendo atingir até 1,50 m de altura, enquanto *Stylosanthes macrocephala* possui hábito de crescimento semiereto ou decumbente, podendo tornar-se mais ereto em condições de competição por luz (EMBRAPA, 2007).

Quanto à produção de fitomassa, o potencial de produção anual do *Stylosanthes* cv. Campo Grande é de 8 a 14 t/ha de matéria seca em cultivo solteiro (EMBRAPA, 2007). A capacidade de cobertura do solo atinge valores superiores a 60%, conforme Teodoro et al. (2011). A decomposição dos resíduos vegetais de outra espécie do gênero, a *Stylosanthes guianensis*, apresentou perda de 72% da biomassa inicial transcorridos 150 dias (KLIEMANN et al., 2006).

Quanto à capacidade de fixação biológica de nitrogênio, a cultivar Campo Grande é capaz de fixar 180 kg/ha/ano de N (FERNANDES et al., 2005).

No que se refere à consorciação, a utilização de *Stylosanthes* cv. Campo Grande consorciada com gramíneas forrageiras é recomendada em sistemas de produção animal para promover o aumento do nível de nitrogênio nos solos e da qualidade proteica da dieta (SHELTON et al., 2005). Essa espécie também pode ser semeada para adubação verde em consórcio com culturas perenes (FORMENTINI, 2008).

A cultivar Campo Grande não se destacou quanto à capacidade de inibição de plantas daninhas no início do desenvolvimento vegetativo, devido ao lento crescimento dessa espécie nesse período. Em contrapartida, passado o estágio inicial de desenvolvimento dessa leguminosa, a

capacidade de competição e possíveis efeitos alelopáticos promovem redução na incidência de espécies invasoras (TEODORO et al., 2011).

2.3.1.6. Guandu anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)

Essa leguminosa é originária da Ásia e se encontra bem adaptada às condições brasileiras. O ciclo entre a emergência e a colheita da biomassa seca é de aproximadamente 140 dias (PORTES E CASTRO; GUIMARÃES, 1982). Apresenta ciclo anual ou bianual (TANAKA, 1981).

Quanto à produção de biomassa seca, essa leguminosa pode acumular entre 3 e 9 t ha⁻¹ em cultivo solteiro (CARVALHO et al., 1999; CALVO et al., 2010). Por apresentar baixa taxa de decomposição, a espécie se destaca pela boa cobertura do solo. A porcentagem de decaimento de biomassa seca dos resíduos vegetais de *Cajanus cajan* é inferior a 50% após 73 dias de corte da leguminosa (PELÁ et al., 1999).

Essa espécie de adubo verde apresenta boa capacidade de fixação biológica de N₂. Do total de nitrogênio contido nessa leguminosa, mais de 40% corresponde à absorção via simbiose (MOREIRA et al., 2003; PAULINO et al., 2009).

Assim como *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* apresenta ciclo curto e crescimento inicial rápido, podendo competir com outras culturas em consorciação (AKANVOU et al., 2001). Todavia, Calvo et al. (2010) constataram sincronia entre *Cajanus cajan* e *Sorghum bicolor* em cultivo consorciado.

Essa leguminosa apresenta potencial para controle de plantas daninhas, promovendo redução na germinação e na produção de biomassa seca das espécies invasoras (SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001a).

2.4. Consórcio entre cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes

A adubação verde é uma técnica que consiste no plantio de espécies nativas ou introduzidas, cultivadas em rotação ou consórcio com culturas de interesse econômico (ESPINDOLA et al., 2004).

Existem diversos estudos sobre sucessão cana-de-açúcar e leguminosas adubos verdes no período de renovação do canavial, momento

em que o solo encontra-se em pousio. Essas plantas, incorporadas ou simplesmente trituradas, são manejadas quando aproximadamente metade delas encontra-se em fase de florescimento (SOARES et al., 2010).

Experimentos com consorciação de cana-de-açúcar e leguminosas adubos verdes têm sido conduzidos (RESENDE et al., 2003; XAVIER et al., 2003; SINGH; LAL, 2008; ANDRIOLI et al., 2010; PRELLWITZ; COELHO, 2011; AMBROSANO et al., 2013), entretanto, ainda é pouco estudado e aplicado.

O consórcio entre espécies leguminosas e culturas perenes pode promover benefícios associados à diversidade biológica, proporcionando alterações na dinâmica populacional de plantas daninhas, na dinâmica populacional de insetos praga, predadores e polinizadores, e de microrganismos parasitas e fitopatogênicos (ESPINDOLA et al., 2004).

Outros benefícios também podem ser obtidos com o uso de leguminosas para adubação verde em consórcio, como incremento da fertilidade natural, fixação do nitrogênio atmosférico e liberação desse nutriente para as culturas consorciadas e controle de plantas daninhas por meio de substâncias alelopáticas ou por competição das leguminosas com essas plantas (AMABILE; CARVALHO, 2006).

No caso da consorciação com culturas perenes, alguns cuidados específicos devem ser tomados. A cultura intercalar selecionada não deve ser muito agressiva para não competir com a cultura principal (CALEGARI et al., 1993). Resende et al. (2003) constataram em experimento com leguminosas cultivadas na entrelinha da cana-de-açúcar que *Crotalaria juncea* pode afetar negativamente a cultura principal devido à competição e alelopatia.

2.4.1. Efeitos das leguminosas no controle de plantas daninhas

Dentre os fatores bióticos, as plantas daninhas são um dos principais componentes do agroecossistema da cana-de-açúcar que interferem no desenvolvimento e na produtividade da cultura (KUVA et al., 2003).

As plantas invasoras podem competir por recursos como água, luz e nutrientes, liberar aleloquímicos, promovendo a inibição da brotação de cana-de-açúcar, hospedar pragas e doenças comuns à cultura ou, ainda, interferir em práticas culturais, como a colheita (PITELLI, 1985).

Estima-se que, dependendo da intensidade e do tipo de infestação, o controle de plantas daninhas pode representar até 30% do custo de produção em cana-soca e de 15 a 25% em cana-planta em sistema convencional (LORENZI, 1988).

Na cultura da cana-de-açúcar em manejo convencional, o método químico é o mais utilizado, tendo em vista a extensão das áreas ocupadas pela cana-de-açúcar (KUVA et al., 2008). A rapidez na operação, a melhor relação custo-benefício, a segurança para a cultura e a eficiência dos herbicidas em épocas chuvosas também figuram entre as razões para a ampla utilização do controle químico (PROCÓPIO et al., 2012). A canavicultura brasileira é a segunda maior consumidora de herbicidas, perdendo apenas para a cultura da soja (PROCÓPIO et al., 2003).

No manejo orgânico, como não é permitida a aplicação de herbicidas, o manejo integrado de plantas daninhas se faz necessário, baseado no conhecimento de biologia e da ecologia das espécies invasoras e da cultura, aliado ao uso de diferentes medidas de controle (SOARES et al., 2010).

Os métodos de manejo de plantas daninhas na agricultura orgânica podem ser agrupados em preventivos, culturais, mecânicos, físicos e biológicos (ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTURA ORGÂNICA, 2000; INSTITUTO BIODINÂMICO, 2002).

Em cultivos orgânicos de cana-de-açúcar, as formas de manejo factíveis para o controle de plantas daninhas são a própria competição da cultura com as espécies invasoras, a palhada remanescente da colheita da cana-de-açúcar agindo como barreira física, a semeadura de outras espécies em rotação ou consórcio, que competem e suprimem plantas daninhas e o uso de implementos tracionados, como os cultivadores, atuando no controle mecânico (NATURLAND, 2000). A utilização de capina manual também é utilizada como forma de manejo em sistemas orgânicos e, segundo Singh e Lal (2008), pode apresentar eficiência semelhante à aplicação de herbicidas, como a atrazina.

O cultivo de espécies leguminosas, seja em rotação ou consórcio, promove a supressão de plantas daninhas através da interferência física, interceptação da luz, redução na variação da temperatura do solo, favorecimento de predadores de sementes de plantas daninhas e liberação de

substâncias alelopáticas (TEASDALE et al., 1991; TEASDALE; MOHLER, 1993; SARRANTONIO; GALLANDT, 2003; GALLANDT et al., 2005; TEASDALE et al., 2007). Na literatura constam diversos artigos demonstrando a eficiência das leguminosas adubos verdes em cultivo solteiro ou em rotação com outras culturas no controle de espécies invasoras.

Severino e Christoffoleti (2001a), estudando o banco de sementes de plantas daninhas de solo cultivado com adubos verdes, mostraram que a utilização de *Arachis pintoj*, *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* reduziram significativamente a infestação de plantas daninhas, fato mostrado na avaliação de número de plantas emergidas em dois períodos distintos (30 e 60 dias após a instalação do experimento).

A maior quantidade de matéria seca de adubos verdes, além de proteger o solo, influi na eficiência do controle de plantas daninhas. Severino e Christoffoleti (2001b), testando essa influência da fitomassa na dinâmica de espécies invasoras, observaram nas avaliações de densidade de plantas por vaso que o aumento da massa seca das leguminosas acarretou em redução do número de plantas daninhas emergidas.

Adler e Chase (2007), avaliando diferentes concentrações de extratos aquosos de *Crotalaria juncea*, *Vigna unguiculata* e *Mucuna deeringiana* para comparação do potencial alelopático, constataram eficiência de controle das plantas daninhas. Com a aplicação após 14 dias da semeadura de espécies invasoras, o extrato de crotalária juncea em duas concentrações (5% e 10%) apresentou redução superior a 90% na germinação de *Eleusine indica*, enquanto *Vigna unguiculata* apresentou menor redução da germinação com extrato em concentração de 5% e *Mucuna deeringiana* apresentou controle intermediário, com redução na germinação variando entre 59% e 76% (concentração de 10% e 5%, respectivamente).

Meschede et al. (2007), testando coberturas vegetais para sistema plantio direto (SPD) com potencial de supressão de espécies invasoras, observaram que crotalária juncea demonstrou maior potencial juntamente com espécies gramíneas (sorgo e milho). O acúmulo de biomassa pelas coberturas foi inversamente proporcional ao da biomassa das plantas invasoras.

A utilização de espécies leguminosas em cultivo consorciado também é prática adotada em culturas anuais e perenes, visando, dentre outros benefícios, o controle de plantas daninhas.

Em trabalho com consorciação de milho com leguminosas para adubação verde, Skóra Neto (1993) verificou o efeito desse manejo na infestação de plantas daninhas. Na fase inicial, o autor observou que não houve supressão das plantas daninhas e que as leguminosas interferiram negativamente no milho, afetando o rendimento. No final do ciclo e no período da pós-colheita, leguminosas como *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* e *Calopogonium mucunoides* promoveram redução da infestação de plantas daninhas, facilitando os tratos culturais nessa etapa.

Linares et al. (2008), em experimento com cultivo de leguminosas em pomar orgânico de citros, constataram que o índice de cobertura vegetal foi superior em crotalaria juncea em três anos de cultivo. Como consequência, o peso seco de plantas daninhas, quando comparado com os outros tratamentos, foi reduzido, variando entre 550 e 680 kg ha⁻¹. No mesmo experimento, os autores avaliaram o índice de cobertura de espécies perenes. O tratamento com cultivo de amendoim forrageiro foi o de menor biomassa e com menor índice de cobertura e, portanto, maior massa seca de plantas daninhas.

As pesquisas sobre o cultivo intercalar de leguminosas adubos verdes na cultura da cana-de-açúcar e seus efeitos no controle de plantas daninhas são escassas. Até mesmo as pesquisas com leguminosas em sucessão com cana-de-açúcar pouco contemplam avaliações sobre a dinâmica de plantas daninhas.

Todavia, Singh e Lal (2008), em estudo avaliando o cultivo intercalar como método de manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar mostra a eficiência do controle. A avaliação, que considera diferentes métodos de manejo de plantas daninhas na cana-de-açúcar, demonstrou que a densidade e o acúmulo de matéria seca de plantas daninhas em três períodos (60, 90 e 120 dias após o plantio) foram significativamente menores no tratamento com cultivo de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) e feijão-da-china (*Vigna radiata*) na entrelinha da cultura, quando comparado aos demais tratamentos. Com relação à eficiência de controle, os autores obtiveram valores variando entre

30 e 45%, nos tratamentos com cultivo intercalar (*Vigna unguiculata*, *Vigna mungo* e *Vigna radiata*). Os tratamentos com cultivo intercalar foram semelhantes ao cultivo solteiro quanto à produtividade da cana-de-açúcar e os parâmetros de qualidade do caldo, como °Brix, Pol da cana e pureza também não diferiram dos tratamentos com leguminosas na entrelinha. Na testemunha (nenhum método de controle aplicado), o número de colmos e a produtividade da cultura foram significativamente reduzidos.

2.4.2. Efeitos das leguminosas no acúmulo de nitrogênio

Em função da impossibilidade de aplicação de adubos nitrogenados em sistemas orgânicos de produção, o uso de leguminosas adubos verdes torna-se a alternativa mais viável para disponibilização do N às plantas cultivadas, via fixação biológica do N₂. A utilização dessas espécies é vantajosa em diversos aspectos, podendo citar seu desenvolvimento com baixa utilização de insumos. Disponibilizam para as culturas nitrogênio e outros nutrientes essenciais e mantendo parte do nitrogênio no solo na forma orgânica, evitando perdas devido à lixiviação (RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006).

A necessidade de nitrogênio pela cana-de-açúcar é largamente estudada. A maior parte do nitrogênio absorvido pela planta é proveniente do solo, fato comprovado por estudos avaliando a recuperação do N-fertilizante e do nitrogênio proveniente de resíduos culturais em relação ao N-total absorvido (VITTI et al., 2010).

Apesar da grande absorção desse nutriente pela cultura da cana-de-açúcar, a eficiência de utilização do nitrogênio adicionado ao solo é baixa, o que pode ser atribuído a fatores como mineralização da matéria orgânica e dos restos culturais da cana-crua e a contribuição da fixação biológica de N₂ na cana (ROSSETTO; DIAS, 2005), que pode fornecer ao menos 40 kg N ha⁻¹ (URQUIAGA et al., 2012).

Os adubos orgânicos aplicados na cana-planta e na cana-soca, em especial a torta de filtro, também fornecem nitrogênio (RABELO et al., 2012), o que pode interferir na resposta da cultura à adição desse nutriente. Dentre os efeitos da torta de filtro, o aumento na disponibilidade de N merece destaque (KORNDORFER; ANDERSON, 1997). Santos et al. (2010) obtiveram valor de 9,5 g kg⁻¹ de N na composição da torta de filtro, o que

representa, no tratamento com adição de 4 t ha⁻¹ do composto orgânico (base seca), adição de 38 kg ha⁻¹ de N.

Além dos aspectos supracitados, ainda deve-se considerar que a cana-planta e a cana-soca respondem de formas distintas ao *input* de nitrogênio. Cantarella e Raij (1985), em levantamento sobre experimentos com adubação nitrogenada em cana-planta, mostra que dos 81 ensaios realizados, menos de 40% apresentaram resposta à adição do adubo. Azeredo et al. (1986) obtiveram valores ainda menores, onde dos 135 experimentos compilados, 20% apresentaram aumento no rendimento da cultura.

Essa diferença é atribuída, além dos fatores já citados, ao maior vigor do sistema radicular da cana-planta, a melhoria da fertilidade do solo associada à calagem e adubação na ocasião da reforma, a incorporação dos restos culturais de adubos verdes ou leguminosas para grãos cultivados na área antes do plantio e a contribuição do nitrogênio estocado no colmo-semente (ROSSETTO; DIAS, 2005).

Os benefícios no que se refere aos ganhos de produtividade e acúmulo de nutrientes na cultura comercial, devido à utilização da adubação verde com espécies leguminosas, são demonstrados em experimentos com cultivo em sucessão e intercalar.

Os experimentos com cultivo em sucessão, no período de pousio são vastos na literatura. Nixon (1992) comparou o rendimento de cana-de-açúcar em sucessão com leguminosas adubos verdes (crotalária juncea e feijão caupi) e cana-de-açúcar em plantio contínuo. Os resultados obtidos mostraram que os tratamentos subsequentes às espécies leguminosas apresentaram produtividade 46% superior das áreas em cultivo contínuo e essa resposta declinou na primeira e na segunda soca, com produtividades 24-25% superiores ao cultivo contínuo de cana-de-açúcar.

Garside et al. (1997), testando diferentes espécies cultivadas no período de pousio e aplicação de N-fertilizante, constataram que as respostas ao nitrogênio diferem na cana-planta e na cana-soca, sendo que a última responde mais a adição do nutriente. Foram definidas subparcelas com e sem aplicação de ureia após o manejo das espécies de cobertura cultivadas na renovação do canavial, antes do plantio da cultura. As respostas ao N-fertilizante pela primeira soca foram menores seguida de soja e amendoim, o

que pode ser atribuído à persistência dos resíduos dessas espécies na cana-soca. Foram constatadas diferenças no rendimento de açúcar na primeira soca no tratamento com soja, superando em 1,0 t/ha o tratamento de cana seguida de pousio na renovação.

O aumento na produtividade da cana-de-açúcar em rotação com leguminosas adubos verdes e soja são relatados por Mascarenhas e Tanaka (2000). Em experimento realizado no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), os autores constataram aumento de 16% na produção média de cana-de-açúcar em sucessão com mucuna-preta e crotalária juncea em comparação ao tratamento com soja em sucessão, quando conduzido por período de um ano, e de 22 a 47% quando conduzido por período de dois anos.

Duarte Júnior e Coelho (2008), em experimento com cana-de-açúcar em sistema plantio direto com leguminosas como cobertura, constataram que essa cobertura contribuiu significativamente para a maior produtividade de cana-de-açúcar, sendo 37% superior ao plantio convencional (sem adubação de cobertura). Esse aumento de produtividade pode ser atribuído em parte ao fornecimento gradativo de N, P, Ca, Mg, S, Zn e Fe em comparação com a vegetação espontânea.

Ambrosano et al. (2011) constataram efeitos do cultivo prévio de *Crotalaria juncea* na produtividade de cana-de-açúcar, que após cinco cortes apresentou incrementos de 30% e 35% na produtividade de colmos e de açúcar respectivamente.

Na cultura da cana-de-açúcar, apesar do cultivo intercalar ainda ser pouco utilizado, alguns autores descrevem seus efeitos na produtividade e acúmulo de nitrogênio.

Resende et al. (2003), pesquisando o cultivo em sucessão e intercalar de leguminosas e cana-de-açúcar, obtiveram valores de acúmulo de N variando entre 24 e 55 kg ha⁻¹ de N. O tratamento com *Crotalaria juncea* apresentou maiores concentrações de N na primeira folha emergida da cana-de-açúcar, diferindo do tratamento adubado. Não houve efeito da presença das leguminosas no rendimento final e no acúmulo de nitrogênio total da cana-soca, porém verificaram-se evidências de efeitos negativos no

crescimento da cultura, em razão da alelopatia, principalmente no tratamento com *C. juncea*.

Andrioli et al. (2010), testando doses de nitrogênio e cultivo intercalar com leguminosas na cultura da cana-soca, não constataram efeitos da adição de N-fertilizante e do N proveniente dos adubos verdes testados.

Prellwitz e Coelho (2011), em experimento com cultivo intercalar de *Crotalaria juncea* na soqueira de cana-de-açúcar, observaram que, dependendo da densidade de leguminosas na entrelinha da cultura, o acúmulo de nitrogênio pode variar entre 60 e 250 kg ha⁻¹ com as espécies cortadas aos 103 e 110 dias após a semeadura, o que atende a necessidade da cana-soca, cuja recomendação é de 100 kg/ha, segundo Benedini e Penatti (2008). O teor médio de nitrogênio na folha +3 da cana-de-açúcar no tratamento com duas linhas de crotalária não manejadas diferiu da testemunha sem adubação de cobertura e sem capina e da testemunha sem adubação de cobertura e com capina, porém semelhante aos demais tratamentos. O tratamento com duas linhas de crotalária não manejadas apresentou valores de número de colmos por metro inferior aos demais tratamentos, o que pode ser atribuído à competição interespecífica, devido à maior densidade de leguminosas e ausência de corte. Com relação à produtividade da cana-de-açúcar, os tratamentos sem corte da crotalária obtiveram os menores valores de rendimento da cultura, o que reitera o possível efeito de competição interespecífica.

2.4.3. Efeitos das leguminosas na dinâmica de decomposição da palhada da cana-de-açúcar

O elevado acúmulo de biomassa resultante da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, chamada “cana crua”, é um tópico atual e de grande relevância no manejo da cultura.

O Estado de São Paulo, maior produtor nacional, foi o primeiro a promulgar, em 2002, a Lei da Queima da Cana (Lei Estadual nº 11.241/2002), que prevê a eliminação de 100% da prática da queima da palhada. Essa redução vem ocorrendo gradativamente, de forma que áreas mecanizáveis possuem prazo até 2021 e áreas não mecanizáveis até 2031.

Com a proibição da queima da palha, regulamentada nos demais Estados produtores, os restos culturais permanecem na superfície do solo e a massa seca atinge valores superiores a 10 t ha^{-1} e acúmulo de nitrogênio acima de 40 kg ha^{-1} (GAVA et al., 2005; VITTI et al., 2011; FORTES et al., 2011, 2012).

Todavia, o nitrogênio acumulado na palhada da cana-de-açúcar encontra-se imobilizado e seu aproveitamento pela cultura depende da mineralização dos restos vegetais. A alta relação C/N é responsável por essa imobilização, que diminui as taxas de liberação de nutrientes (MEIER et al., 2006).

Fortes et al. (2011), avaliando a recuperação do nitrogênio do fertilizante e dos restos culturais pela cana-de-açúcar, constataram que, em três anos agrícolas consecutivos, a contribuição da palhada no acúmulo de N pela cultura foi de 23% do N-total. Vitti et al. (2011), em experimento semelhante, obtiveram que a contribuição do nitrogênio proveniente da palhada corresponde a 4,7% do N-total acumulado pela parte aérea, em período de um ano.

Vallis et al. (1996), adotando modelo de previsão da recuperação do nitrogênio, constataram que os resíduos da colheita aumentam o estoque de N do solo e que a recuperação do nutriente pela cultura atinge o equilíbrio após 40 anos, com disponibilização de aproximadamente $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Meier et al. (2003), em consonância com os dados acima citados, presumem que será possível reduzir a adubação nitrogenada em até 40 kg ha^{-1} de N em locais há muitos anos com cana-crua, quando o sistema atingir um novo equilíbrio, com acúmulo de nitrogênio orgânico.

Esses resultados corroboram com a necessidade de manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, uma vez que o nitrogênio contido na palhada mostra-se importante para a cultura no longo prazo. Porém, a decomposição lenta da palhada pode prejudicar a brotação das soqueiras e as práticas culturais subsequentes, além de imobilizar os nutrientes (XAVIER et al., 2003).

Para acelerar a disponibilização de nitrogênio e outros nutrientes da palhada para a cultura, o cultivo intercalar com leguminosas adubos verdes mostra-se promissor. O acúmulo de nitrogênio no tecido vegetal das

leguminosas reduziria a relação C/N dos restos culturais, auxiliando na mineralização dos nutrientes. Xavier et al. (2003), testando a influência de adubos verdes na decomposição e liberação de nutrientes pela palhada da cana-de-açúcar, observaram que o cultivo intercalar proporcionou mais rapidez na decomposição dos restos culturais, intensificando a mineralização de cálcio, nitrogênio e fósforo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar o desempenho de cana-de-açúcar e leguminosas adubos verdes consorciadas em sistema orgânico de produção.

3.2. Objetivos específicos

1. Avaliar a produção de biomassa seca de leguminosas adubos verdes cultivadas em consórcio;

2. Avaliar os efeitos do consórcio entre cana-de-açúcar orgânica e leguminosas na redução da incidência de plantas daninhas;

3. Avaliar os efeitos do consórcio na produtividade de colmos, na produção de açúcar e nos atributos tecnológicos do caldo da cana-de-açúcar (grau Brix, Pol da cana, teor de fibras e pureza) em dois períodos distintos, na cana-planta e na primeira soqueira;

4. Avaliar os efeitos do consórcio com leguminosas adubos verdes no acúmulo de nitrogênio na parte aérea de cana-de-açúcar em dois períodos distintos, na cana-planta e na primeira soqueira;

5. Comparar as taxas de decomposição da palha de cana-de-açúcar em cultivo solteiro e da mistura de palha de cana-de-açúcar + leguminosas adubos verdes.

4. REFERÊNCIAS

ADLER, M.J.; CHASE, C.A. A comparative analysis of the allelopathic potential of leguminous summer cover crops: cowpea, sunn hemp and velvetbean. **HortScience**. v.42, p.289-293, 2007.

AKANVOU, R.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J.; BECKER, M. Characterization of growth, nitrogen accumulation and competitive ability of six tropical legumes for potential use in intercropping systems. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.187, p.111-120, 2001.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B., NASCIMENTO, C.W.A.; SOBRAL, M.F.; SILVA, F.B.V.; GOMES, W.A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p.23-40.

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, p.47-54, 2000.

AMBROSANO, E.J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; SCHAMMAS, E.A.; DIAS, F.L.F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; SACHS, R.C.C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v.70, n.4, p.810-818, 2011.

AMBROSANO, E.J.; CANTARELLA, H.; ROSSI, F.; SCHAMMASS, E.A.; SILVA, E.C.; AMBROSANO, G.M.B.; DIAS, F.L.F.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.3, p.80-90, 2013.

ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; SALES, M. F. L. **Estilosantes Campo Grande: leguminosa forrageira recomendada para solos arenosos do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2010 (Embrapa Acre, Circular Técnica, 55).

ANDRIOLI, I.; ANDRIOLI, F. ; PRADO, R. M.; ZEITOUN, V.; MARTINS, A. L. S.; CENTURION, J.F.; CAMILOTTI, F. Uso de Leguminosas no Consórcio com Soqueira de Cana-de-açúcar e Nitrogênio na Produção e na Qualidade de Colmos. **Cultura Agrônômica**, v.19, p.39-45, 2010.

ANJOS, I.A.; FIGUEIREDO, P.A.M. Aspectos fitotécnicos do plantio. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, G.A. **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p.585 - 598.

ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTURA ORGÂNICA. **Manual de certificação: normas de produção e regulamentos**. São Paulo, 2000. 27p.

AZEREDO, D.F.; BOLSANELLO, J.; WEBER, H.; VIEIRA, J.R. Nitrogênio em cana-planta - doses e fracionamento. **Revista STAB**, v.6, p.26-33, 1986.

AZEVEDO, M.F.R.; LIMA P.C.; ESPINDOLA, J.A.A.; MOURA, W.M. Conversão de cafezais convencionais em orgânicos. **Informe Agropecuário**, v.23, p.53-61, 2002.

BALSADI, O.V. Mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar no período de 1992-2004. **Informações econômicas**, v.37, n.2, 2007, p. 38-54.

BALSADI, O.V. Mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar no período de 1992-2006. **Revista de Economia Agrícola**, v.57, p.91-110, 2010.

BARBIERI, V. **Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1981. 142f. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

BECKER, M., JOHNSON, D.E. Legumes as dry season fallow in upland rice-based systems of West Africa. **Biology and Fertility of Soils**, v.27, p.358-367, 1998.

BENEDINI, M.S.; PENATTI, C.P. **Recomendação de adubação de cana-de-açúcar pela estimativa da produtividade**. 2008. Disponível em: <<http://www.coplana.com/gxpfiles/ws001/design/RevistaCoplana/2008/Fevereiro/pag20-21.pdf>>. Acesso em: 10 Jan. 2014.

BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dez. 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de Dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 de dez. 2007, Seção 1, p.2 - 8.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dez. 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 de dez. 2003, Seção 1, p.8.

BURLE, M.L., CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M.B.B. da (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. p.207-328.

CALVO, C.L.; FOLONI, J.S.S.; BRANCALIÃO, S.R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v.69, n.1, p.77-86, 2010.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL, Ilhéus, 1985. **Anais...** Ilhéus, CEPLAC/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. p.47-79.

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

CARVALHO, W.P.; CARVALHO, G.J.; ABBADE NETO, D.O.; TEIXEIRA, L.G.V. Desempenho agrônomico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.157-166, 2013.

CASTRO, C.M.; ALVES, B.J.R.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar - Safra 2013/2014 – Quarto Levantamento – Abril/2014**. Brasília: CONAB, 2014. 19p.

CORREIA, N.M.; FUZITA, W.E.; DANIEL, B. Cultivo consorciado de milho com amendoim forrageiro e calopogônio e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Semina**, v.33, p. 575-586, 2012.

COSTA, N.L.; BENDAHAN, A.B.; GIANLUPPI, V.; RIBEIRO, P.S.M.; BRAGA, R.M. **Calopogonium mucunoides**: Características agrônomicas, produtividade e manejo. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. 4p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 25).

DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D.J. (Ed.) **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p.7-84

DINARDO-MIRANDA, L.L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Eds.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomico, 2010. p.349-464.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool – Tecnologias e perspectivas**. Viçosa: UFV, 2012. p.25-49.

DUARTE JÚNIOR, J.B.; COELHO, F.C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v.67, n.3, p.723-732, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Gado de Corte. **Cultivo e uso do estilosantes Campo Grande**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007. (Comunicado Técnico, 105).

ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 24p. (Embrapa Agrobiologia, Documentos, 174).

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.321-328, 2006.

FERNANDES, C. D.; GROF, B.; CHAKRABORTY, S.; VERZIGNASSI, J. R. Estilosantes Campo Grande in Brazil: a tropical forage legume success story. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Dublin: Wageningen Academic, 2005. p. 330.

FIGUEIREDO, E.A.P. Pecuária e agroecologia no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.19, n.2, p.235-265, 2002.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p.31-40.

FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; SCARPARI, M.S.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A. **O Instituto Agrônomo (IAC) e fatos históricos relacionados ao desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar até o fim do século XX**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 47p. (Documentos IAC, 103).

FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembola in a permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, n.4, p.303-308, 1995.

FISHER, M.J.; CRUZ, F. Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. In: KERRIDGE, P.C.; HARDY, B. (Eds.) **Biology and agronomy of forage Arachis**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1994. p.53-70.

FONSECA, M.F.B.A.; BARBOSA, S.C.A.; COLNAGO, N.F.; SILVA, G.R.R. **Agricultura orgânica**: introdução às normas, regulamentos técnicos e critérios para acesso aos mercados dos produtos orgânicos no Brasil. Niterói: Programa Rio Rural, 2009. 58 p. (Programa Rio Rural, Manual Técnico, 19).

FORMENTINI, E.A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: INCAPER, 2008. 27p.

FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo State Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.42, p.189-198, 2012.

FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; FERREIRA, D.A.; FRANCO, H.C.J.; OTTO, R. Recovery of nitrogen (15N) by sugarcane from previous crop residues and urea fertilization under a minimum tillage system. **Sugar Technology**, v.13, p.42-46, 2011.

GALLANDT, E. R. Experimental substrate affects rate of seed removal in assays of invertebrate seed predation. **Weed Technology**, v.19, p.481–485, 2005.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, 2007.

GARSIDE, A.L., BERTHELSEN, J.E.; RICHARDS, C.L. Effect of fallow history on cane and sugar yield of a following plant cane crop. **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technology**, v. 9, p.80–86, 1997.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W. Urea and sugarcane straw nitrogen balance in a soil-sugarcane crop system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.689-695, 2005.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 4.ed. Porto Alegre: Editora Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. 658 p.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S.T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, v.36, p.2086-2097, 2008.

GONÇALVES, D.B. Considerações sobre a expansão recente da lavoura canavieira no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 39, n.10, p.70-82, 2009.

HAUSELMANN, P. **ISO inside out**: ISO and environment management. [S.L.]: WWF International, jun., 1996. 19 p. (Discussion Paper).

IBGE. Empresa Brasileira de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - 2013**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

INSTITUTO BIODINÂMICO. **Diretrizes para o padrão de qualidade**. 11. ed. Botucatu, 2002. 72 p.

INSTITUTO DE PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO (IPD). **Perfil do mercado orgânico brasileiro como processo de inclusão social**. 2010. Disponível em: <http://ipd.org.br/upload/tiny_mce/arquivos/Perfil_do_mercado_organico_brasileiro_como_processo_de_inclusao_social.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2013.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p.21-28, 2006.

KORNDORFER, G.H.; ANDERSON, D.L. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil. **Sugar y Azucar**, n.92, v.3, p.26-35, 1997.

KUVA, M. A., GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.

KUVA, M. A.; FERRAUDO, A.S.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; SALGADO, T.P. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.549-557, 2008.

LASSUS, C. Composição dos resíduos vegetais de um solo manejado com nove sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.375-380, 1990.

LIMA, P. J. B. F. Algodão Orgânico: bases técnicas da produção, certificação, industrialização e mercado. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 8., Londrina, **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1995. 20p. Mimeografado.

LINARES, J. C.; SCHOLBERG, J. M. S.; CHASE, C. A.; MCSORLEY, R. M., BOOTE, K. J.; FERGUSON, J. J. Cover crop management and cover crop weed index as an indicator of weed suppression in organic citrus orchards. **HortScience**, v. 43, p. 27–34, 2008.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba: **Anais...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1988. p.281-301.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012 – **Orgânicos**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos/publicacoes>. Acesso em: 29 Jan. 2014.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. Soja e Adubos verdes, uma boa opção na renovação do canavial. **O Agrônomo**, v.52, p.19, 2000.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; CARDOSO, I.M.; LIMA, P.C.; FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.141-149, 2011.

MEIER, E.A., THORBURN, P.J., GOODSON, M.A., WEGENER, M.K., BASFORD, K.E. Optimisation of nitrogen supply from sugar-cane residues in the wet tropics. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 11., 2003, Geelong. **Proceedings...** Geelong: Australian Society of Agronomy, 2003.

MEIER, E.A.; THORBURN, P.J.; WEGENER, M.K.; BASFORD, K.E. The availability of nitrogen from sugarcane trash on contrasting soils in the wet tropics of North Queensland. **Nutriente Cycling of Agroecosystems**, v.75, p.101-114, 2006.

MESCHEDE, D.K.; FERREIRA, A.B.; RIBEIRO JÚNIOR, C.C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no Cerrado. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.465-471, 2007.

MIRANDA, C.H.B.; VIEIRA, A.; CADISCH, G. Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis spp.*) por intermédio da abundância natural de ¹⁵N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1859-1865, 2003.

MIRANDA, E. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R.. **Amendoim forrageiro**: importância, usos e manejo. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 92 p. (Documentos, 259).

MIRANDA, J.R.; MIRANDA, E.E. **Biodiversidade e sistemas de produção orgânica**: recomendações no caso da cana-de-açúcar. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004, 94 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 27).

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INACIO, E.M.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, p.85-95, 2009.

MOREIRA, V.F.; PEREIRA, A.J.; GUERRA, J.G.M.; GUEDES, R.E.; COSTA, J.R. **Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 5 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 57).

NATURLAND. **Organic Farming in the Tropics and Subtropics**: Exemplary Description of 20 Crops - Sugarcane. Gräfelfing: Naturland Association, 2000. 17 p.

NGOME, A.F.E.; BECKER, M.; MTEI, K.M. Leguminous cover crops differentially affect maize yields in three contrasting soil types of Kakamega, Western Kenya. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v.112, n.1, p.1-10, 2011.

NIXON, D. **The impact of fallowing and green manuring on soil physical properties and the productivity of sugarcane in Swaziland**. 1992. PhD thesis - Soil Science Department, University of Reading, United Kingdom.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; SILVA, E.B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.943-948, 2006.

ORLANDO FILHO, J. Sistema de aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar. **Revista Álcool & Açúcar**. v.1, n.1, p.28-36, 1981.

PAULINO, G.M.; ALVES, B.J.R.; BARROSO, D.G. URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J.A.A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1598-1607, 2009.

PELÁ, A.; SILVA, M.S.; COSTA, L.A.; SILVA, C.J.; ZUCARELI, C.; DECARLI, L. D.; MATTER, U.F. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.53, p.26-33, 1999.

PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.140-154.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.7, p.791-796, 2003.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p.35-40, 2004.

PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Informe agropecuário**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

PORTES E CASTRO, T.A.; GUIMARÃES, C.M. **Guandu anão, uma nova opção para as regiões tropicais brasileiras**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1982. 3p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 11).

PRELLWITZ, W.P.V.; COELHO, F.C. Produtividade de colmos, índice de área foliar e acúmulo de N na soca de cana-de-açúcar em cultivo intercalar com *Crotalaria juncea* L. **Revista Ceres**, v.58, n.6, p.773-780, 2011.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; GALON, L. Manejo de plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Eds.). **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool – Tecnologias e perspectivas**. Viçosa: UFV, 2012. p.181-216.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F.A. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: Editora UFV, 2003. 150 p.

RABELO, S. C.; COSTA, A. C.; ROSSEL, C. E. V. Aproveitamento de resíduos industriais. In: SANTOS, F. A.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Eds.). **Cana-de-Açúcar: Bioenergia, Açúcar e Etanol – Tecnologias e Perspectivas**. Viçosa: UFV, 2012. p.515-536.

RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugarcane. **Biology and Fertility of Soils**, v.37, p.215-220, 2003.

RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 171-209.

ROSSETTO, R; DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. **Encarte do Informações Agronômicas**, n.110, 2005.

SANTOS, D.H.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; FABRIS, L.B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.454-461, 2010.

SARRANTONIO, M.; GALLANDT, E.R. The role of cover crop in North American cropping systems. *Journal of Crop Production*, v.8, p.53-73, 2003.

SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2010. p. 47-56.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.917-926, 2000.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. **Bragantia**, v.60, n.3, p.201-204, 2001a.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.223-228, 2001b.

SHELTON, H. M.; FRANZEL, S.; PETERS, M. Adoption of tropical legume technology around the world: analysis of success. In: MCGILLOWAY, D. A. (Ed.) **Grassland: a global resource**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005. p.149-166.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em Latossolo Roxo distrófico. **Plantio Direto**, v.2, n.9, p.4-5, 1984.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEAUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.97-103, 1998.

SINGH, A.K.; LAL, M. Weed management in spring planted sugarcane (*Saccharum* spp.) hybrid-based intercropping systems. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.8, n.1, p.35-39, 2008.

SKÓRA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.10, p.1165-1171, 1993.

SOARES, R.A.B; GARCIA, J.C.; ZANATTA, G.S.C.C.; BRITO, M.C. Produção de cana orgânica. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p.763-789.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, v.15, n.1, p.53-60, 1997.

SOUZA, M.C.M. Agricultura Alternativa: certificação de produtos orgânicos e legislação pertinente. **Informe Agropecuário**, v.22, p.68-72, 2001.

STOREL JÚNIOR, A.O. **A potencialidade do mercado de açúcar orgânico para a agroindústria canavieira no Estado de São Paulo**. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento econômico, espaço e meio ambiente) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

SZMRE CZÁNYI, T.; RAMOS, P.; RAMOS FILHO, L.O.; VEIGA FILHO, A. A. **Dimensões, riscos e desafios da atual expansão canavieira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. (Embrapa Informação Tecnológica. Texto para discussão, 32)

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

TEASDALE, J.R.; BESTE, C.E.; POTTS, W.E. Response of weeds to tillage and cover crops residue. **Weed Science**, v.39, p.195-199, 1991.

TEASDALE, J.R.; COFFMAN, C.B.; MANGUM R.W. Potential long-term benefits of no-tillage and organic cropping systems for grain production and soil improvement. **Agronomy Journal**, v.99, p.1297-1305, 2007.

TEASDALE, J.R.; MOHLER, C.L. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. **Agronomy Journal**, v.85, p.673-680, 1993.

TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L.; SILVA, D.M.N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M.A.L. Aspectos agrônômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.635-643, 2011.

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.107-114, 1992.

TIMOSSI, P. C.; WISINTAINER, C.; SANTOS, B. J.; PEREIRA, V. A.; PORTO, V. E. Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalaria, em função de métodos de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.4, p.525-530, 2011.

TERRAZZAN, P.; VALARINI, P. J. Situação do mercado de produtos orgânicos e as formas de comercialização no Brasil. **Informações Econômicas**, v.39, n.11, p.27-41, 2009.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R.P.; MORAIS, R.F.; BATISTA, R.B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J.M.; SÁ, J.M.; BARBOSA, K.P.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Evidence from field nitrogen balance and ¹⁵N natural abundance data for contribution of biological N₂ fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant and Soil**, v.356, p.5-21, 2012.

VALLIS, I.; CATCHPOOLE, V.R.; HUGHES, R.M.; MYERS, R.J.K.; RIDGE, D.R.; WEIER, K.L. Recovery in plants and soil of ¹⁵N applied as subsurface bands of urea to sugarcane. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, p.355-370, 1996.

VENEGAS, V. R. La transición hacia sistemas sustentables de producción. In: Centro de Educación y Tecnología. **Curso de autoformación a distancia: Módulo II – Desarrollo rural humano y agroecológico**. Chile, 1996. p.239-258.

VIAN, C. E. F.; PITELLI, M. M. O processo de formação dos campos organizacionais da carne bovina e açúcar orgânicos e suas perspectivas. **Revista UNIARA**, v.20, p.113-135, 2007.

VIAN, C.E.F. **Agroindústria canavieira: estratégias competitivas e modernização**. Campinas: Átomo & Alínea, 2003. 216 p.

VITTI, A.C.; FERREIRA, D.A.; FRANCO, H.C.J.; FORTES, C.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; TRIVELIN, P.C.O. Utilization of nitrogen from trash by sugarcane ratoons. **International Sugar Journal**, v.28, p.249-253, 2010.

VITTI, A.C.; FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FERREIRA, D.A.; OTTO, R.; FORTES, C.; FARONI, C.E. Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.287-293, 2011.

XAVIER, R.P.; COELHO, C.H.M.; QUESADA, D.M.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Influência dos adubos verdes na decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar. **Agronomia**, v.37, n.2, p.13-18, 2003.

WILLER, H.; YUSSEFI-MENZLER, M.; SORENSEN, N. **The world of organic agriculture: statistics and emerging trends**. London: Earthscan, 2008. 272 p.

CAPÍTULO 1 - CONSÓRCIO DE CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA E LEGUMINOSAS: CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa seca de leguminosas adubos verdes em consórcio com cana-de-açúcar e os efeitos na incidência de plantas daninhas e nos componentes de produção. As leguminosas *Arachis pintoii*, *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria anagyroides*, *Crotalaria juncea* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande foram semeadas em novembro de 2012 na entrelinha da cana-de-açúcar plantada de março de 2012. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Foram avaliadas a biomassa seca das leguminosas aos 142 dias após a semeadura (DAS) e a biomassa seca de plantas daninhas aos 29, 85 e 142 DAS. Foi efetuado o cálculo da eficiência do consórcio no controle de plantas daninhas. A biomassa seca de plantas daninhas nos tratamentos com leguminosas consorciadas foi inferior à testemunha em todas as épocas amostradas. A eficiência de controle de plantas daninhas em todos os períodos avaliados foi superior a 60%. A produção de biomassa seca das leguminosas no consórcio foi relativamente baixa. As espécies com maior produção de biomassa seca no consórcio foram *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* e *Calopogonium mucunoides* e as com menor produção, *Arachis pintoii* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande. Os componentes de produção da cana-de-açúcar não sofreram interferência do consórcio.

Palavras-chave: açúcar orgânico, manejo cultural, plantas de cobertura, adubos verdes, *Saccharum* spp.

ORGANIC SUGARCANE-LEGUMES INTERCROPPING SYSTEMS: WEED CONTROL AND YIELD COMPONENTS

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the production of legume's dry biomass intercropped with sugarcane and the effects in the incidence of weeds and in yield components. The legume species *Arachis pintoii*, *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria anagyroides*, *Crotalaria juncea* and *Stylosanthes* Campo Grande were sown in November 2012 in the interrows of sugarcane planted in March 2012. The experimental

design was randomized blocks with four replications. Legume's dry biomass were evaluated 142 days after sowing (DAS) and the weed's dry biomass at 29, 85 and 142 DAS. The efficiency of the intercrop on weed control was calculated. The weed's dry biomass in intercropping systems was lower than the control at all sampling periods. The efficiency on weed control in all periods was higher than 60%. The legume's dry biomass was relatively low. The species with the highest dry weight biomass were *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* and *Calopogonium mucunoides* and with lower production, *Arachis pintoi* and *Stylosanthes* cv. Campo Grande. The intercrop system didn't affect the yield components of sugar cane.

Keywords: organic sugar, cultural management, cover crops, green manures, *Saccharum* spp.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar figura entre as mais importantes da economia do Brasil, sendo o país, atualmente, o maior produtor do mundial. A produção brasileira foi superior a 730 milhões de toneladas de colmos no ano de 2013 e a área plantada cresceu 51% no período compreendido entre os anos 2002 e 2013 (IBGE, 2013).

Dentre os segmentos do setor sucroenergético destaca-se a produção orgânica de cana-de-açúcar, iniciada na década de 90 do século passado no Brasil. Atualmente, a cultura encontra-se dentre as mais plantadas em sistema orgânico no país, com mais de 30.000 ha cultivados, entre áreas já convertidas e áreas em conversão, sendo que 95% da produção concentra-se em grandes usinas (IBD, Comunicação pessoal)².

A adoção desse sistema de manejo, principalmente pelas grandes usinas de cana-de-açúcar, é justificada, além dos benefícios socioambientais (bem-estar da mão de obra e redução de impactos ambientais), pela exigência do mercado consumidor quanto à segurança alimentar e o retorno econômico do açúcar orgânico para o produtor (RODRIGUES et al., 2000; STOREL JR., 2003).

² Comunicação pessoal com Jorge Vailati, gerente do IBD, em 5 de julho de 2013, via correio eletrônico.

A viabilidade de conversão de canaviais convencionais em orgânicos também figura como razão do sucesso nesse setor de mercado. Além dos subprodutos provenientes do processamento da própria cana-de-açúcar serem utilizados na adubação da lavoura orgânica, o manejo ecológico de pragas e doenças mostra-se eficiente, especialmente com a adoção do controle biológico, uso de variedades resistentes e mudas saudáveis (SPADOTTO, 2007; SOARES et al., 2010).

Todavia, alguns entraves são enfrentados no cultivo orgânico de cana-de-açúcar, como o controle de plantas daninhas, uma vez que o uso de herbicidas não é permitido. Quando conduzida em sistema de manejo convencional, o principal método de controle empregado é o químico, sendo o setor sucroenergético o segundo maior consumidor de herbicidas, perdendo apenas para a cultura da soja (PROCÓPIO et al., 2003).

Estima-se a existência de cerca de 1000 espécies infestantes em agroecossistemas de cana-de-açúcar, em áreas produtoras distintas no mundo (ARÉVALO, 1979). A infestação de plantas daninhas pode reduzir a produtividade da cultura em até 86%, caso nenhuma medida de controle seja adotada (LORENZI, 1983).

Dentre os efeitos negativos das plantas daninhas na cultura pode-se citar a redução de perfilhamento e da produtividade de colmos e sacarose, decréscimo na longevidade do canavial, queda na qualidade da matéria-prima e dificuldade nas operações de colheita e transporte (KUYA et al., 2003; PROCÓPIO et al., 2003).

Diante desse cenário, a utilização de leguminosas adubos verdes no manejo de plantas daninhas surge como alternativa no sistema orgânico de produção. O potencial das leguminosas no controle cultural de espécies invasoras é descrito na literatura, principalmente quanto à eficiência desse sistema de manejo na redução do número de indivíduos e do peso da matéria seca de plantas daninhas (FERNANDES et al., 1999; FAVERO et al., 2001; SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001; ERASMO et al., 2004; MONQUERO et al., 2009).

Na cadeia produtiva de cana-de-açúcar essa prática é largamente utilizada, em sistema orgânico e convencional, na ocasião da reforma do canavial e antes do plantio da cana de ano e meio (WUTKE; ARÉVALO,

2006), proporcionando, além da redução na incidência de plantas daninhas, incrementos na produtividade da cultura comercial, redução na infestação de nematoides e melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo (SCHUMANN et al., 2000; YADAV; YADUVANSHI, 2001; BOKHTIAR et al., 2003; NIXON; SIMMONDS, 2004; DUARTE JÚNIOR; COELHO, 2008; AMBROSANO et al., 2011).

O consórcio entre cana-de-açúcar e leguminosas, porém, ainda é pouco estudado. Alguns autores descreveram os efeitos dessa prática na incidência de plantas daninhas e na interferência com o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Singh e Lal (2008), testando o cultivo consorciado de cana-de-açúcar com *Vigna unguiculata*, *Vigna radiata* e *Vigna mungo*, obtiveram reduções significativas na densidade e acúmulo de biomassa seca de plantas daninhas, especialmente em consórcio com as duas primeiras espécies citadas, que apresentaram maior eficiência de controle. Os efeitos desse sistema não foram observados no crescimento e na produtividade da cultura e nos parâmetros de qualidade do caldo, comparando-se o tratamento apenas com cana-de-açúcar e os tratamentos com leguminosas consorciadas.

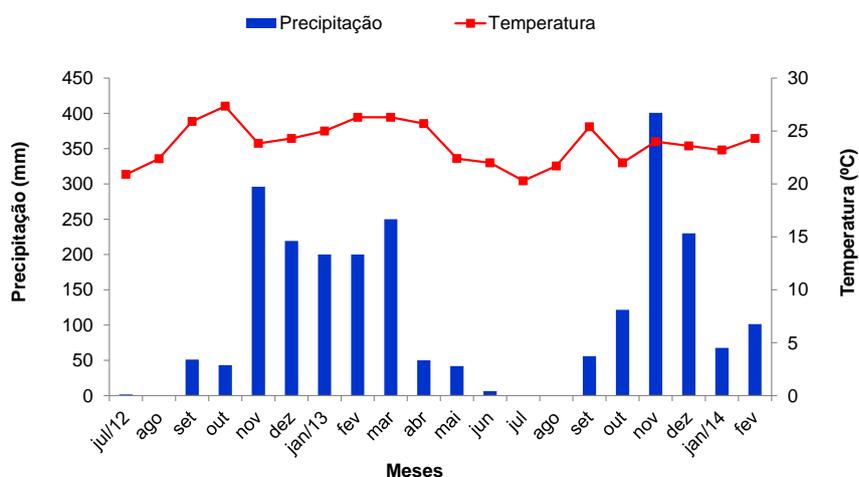
Diversos autores constataram efeitos das leguminosas na produtividade de colmos em sistemas de consórcio. Resende et al. (2003) e Ambrosano et al. (2013) constataram que a *Crotalaria juncea* pode reduzir a produtividade de colmos quando cultivada na entrelinha da cana-de-açúcar. Yang et al. (2013), avaliando o consórcio entre a cana-de-açúcar e a soja, constataram, através do coeficiente de agressividade e da razão de competição, que a soja reduziu a produtividade da cana-de-açúcar. Contudo, Li et al. (2013) constataram benefícios do sistema de consorciação entre cana-de-açúcar e soja, com aumento na produtividade de colmos.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de biomassa seca de leguminosas, a redução na incidência de plantas daninhas e os efeitos nos componentes de produção em sistemas de consorciação entre cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

O experimento foi realizado em talhão comercial de cana-de-açúcar sob manejo orgânico na usina Goiasa, em Goiatuba-GO, localizado a 18°0'5" de latitude Sul, 49°44'22" de longitude Oeste e altitude de 651 m. O clima da região é classificado como Aw (Köppen), com duas estações bem definidas (seca e chuvosa), com possibilidade de ocorrência de veranicos (Figura 1.1).



A estação meteorológica da usina localiza-se a 49°41'04" de longitude Oeste e 18°04'12" de latitude Sul e altitude de 619 m (SIMEHGO, 2014).

Figura 1.1. Precipitação pluviométrica acumulada e temperatura média mensal na área durante período de condução do experimento. Fonte: SIMEHGO (2014).

O relevo caracteriza-se como plano, a vegetação original é de Cerrado e o solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006). A análise química da camada de 0–20 cm do solo na área experimental apresentou os seguintes resultados: pH em água de 7,0; 2,18 mg dm⁻³ de P (Mehlich 1); 152 mg dm⁻³ de K; 3,7 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,58 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,02 cmol_c dm⁻³ de Al.

2.2. Experimento

2.2.1. Plantio da cana-de-açúcar

As operações de preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar incluíram subsolagem, seguida de gradagem pesada. Posteriormente, nos meses de setembro e outubro de 2011, foram realizadas duas operações com

grade intermediária. Um mês antes do plantio da *Crotalaria spectabilis*, foi realizada uma operação com grade niveladora.

Em dezembro de 2011 foram semeadas a lanço 10 kg ha⁻¹ de sementes de *Crotalaria spectabilis*. A leguminosa foi incorporada ao solo 140 dias após a semeadura, no início do florescimento com grade niveladora.

A cana-de-açúcar foi plantada em março de 2012 e a variedade utilizada foi a SP86-155, variedade de alta produtividade, maturação média, elevada exigência em fertilidade, bom perfilhamento e brotação da soca, porém sensibilidade ao ataque de cigarrinhas e ao mosaico (COPERSUCAR, 1999). Foram utilizados rebolos produzidos na própria usina para plantio do talhão. A profundidade do sulco foi de 30 cm e o espaçamento entrelinhas de 1,5 m.

A área experimental foi adubada no sulco de plantio com 18,6 t ha⁻¹ de composto (torta de filtro e cinzas de caldeira) e 300 m³ ha⁻¹ de vinhaça. Após 60 dias do plantio realizou-se a operação de quebra-lombo, retornando o solo das entrelinhas para o sulco de plantio.

2.2.2 Semeadura das leguminosas adubos verdes

No início de novembro de 2012, foram semeadas duas linhas de leguminosas nas entrelinhas da cana-de-açúcar. As espécies utilizadas foram: amendoim forrageiro cv. Amarillo (*Arachis pintoi*), calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), crotalária anagrióide (*Crotalaria anagyroides*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), estilosantes cv. Campo Grande (mistura física de sementes de *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) e guandu anão (*Cajanus cajan*). As sementes das leguminosas foram provenientes da coleção de adubos verdes da Embrapa Cerrados, à exceção das sementes de amendoim forrageiro e estilosantes cv. Campo Grande, que foram adquiridas comercialmente.

Antes da semeadura, realizou-se o teste de germinação das sementes de leguminosas, considerando o valor da porcentagem de germinação no cálculo de sementes por metro linear.

As densidades de plantio e profundidade do sulco estão descritas na Tabela 1.1. O sulcamento do solo e a semeadura das espécies leguminosas foram realizados manualmente, com auxílio de enxadas, para sulcos mais

profundos e de estacas de madeira pontiagudas, para sulcos mais rasos. O espaçamento entre as duas linhas semeadas foi de 0,5 m para todas as espécies, distando assim 0,5 m das linhas de cana.

Para sementes de calopogônio, procedeu-se a escarificação conforme as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 100% por 10 minutos.

Tabela 1.1. Densidade de semeadura e profundidade do sulco das leguminosas na entrelinha da cana-de-açúcar.

Leguminosas	Densidade de semeadura	Profundidade do sulco	Germinação
	Sementes viáveis m ⁻¹	cm	%
<i>Arachis pintoi</i>	5	3	68
<i>Cajanus cajan</i>	25	3	56
<i>Calopogonium mucunoides</i>	40	1	67
<i>Crotalaria anagyroides</i>	30	2	80
<i>Crotalaria juncea</i>	20	2	82
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	3,5 ¹	1	76

Fonte: RINCÓN et al. (1992); CARVALHO et al. (1999); ZIMMER et al. (2005).
¹ kg ha⁻¹ de sementes.

As sementes de todas as espécies, à exceção de estilósantes, que nodula eficientemente com estirpes nativas, foram inoculadas com inoculante específico obtido no Laboratório de Microbiologia dos Solos da Embrapa Cerrados. Foi utilizado coquetel das estirpes CPAC C2, CPAC B10 e CPAC P2. A inoculação foi realizada na noite anterior à semeadura na proporção de 1 kg de inoculante para 25 kg de sementes, empregando-se solução de água + açúcar a 10% para adesão do inoculante turfoso às sementes.

Para melhor uniformidade na semeadura, foi misturada areia fina às sementes das espécies *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande, em razão da quantidade reduzida de sementes.

As dimensões das parcelas experimentais foram de 7,5 m x 15 m (112,5 m² de área total). A área total de cada parcela compreendeu cinco linhas de cana-de-açúcar e dez linhas de leguminosas.

2.3. Avaliações

2.3.1. Biomassa seca de plantas daninhas

As plantas daninhas presentes na área experimental foram amostradas nos tratamentos e na testemunha sem capina e sem leguminosa e as identificadas para conhecimento do padrão de infestação (Figura 1.2).

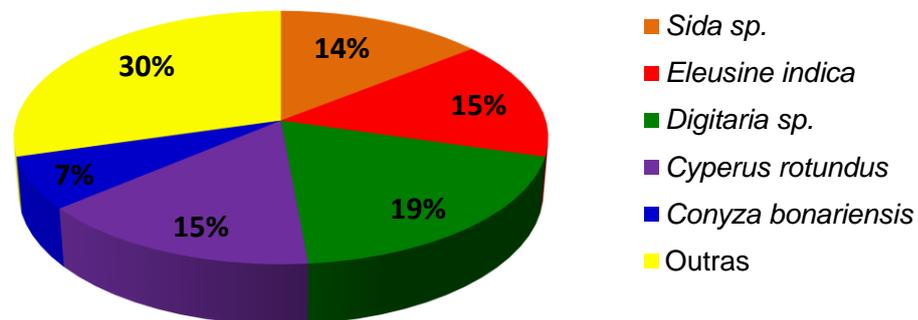


Figura 1.2. Principais plantas daninhas de ocorrência na área experimental.

Foram avaliadas a biomassa seca de plantas daninhas por hectare em três períodos, 29, 85 e 142 dias após a semeadura das leguminosas (DAS) e a eficiência do consórcio no controle de plantas daninhas.

A amostragem das plantas daninhas nas parcelas foi realizada com auxílio de um retângulo de ferro com dimensões 43,5 cm x 28 cm (0,12 m² de área) na área útil das parcelas. A área útil foi composta por três linhas de cana-de-açúcar, desconsiderando uma linha em cada lado da parcela, e seis linhas de leguminosas, desconsiderando duas linhas em cada lado da parcela. Na área útil, foram desconsideradas ainda 1,5 m de bordadura em cada extremidade, totalizando 54 m² de área útil. O retângulo foi posicionado quatro vezes em cada parcela, nas quatro entrelinhas centrais da parcela e a amostragem foi realizada em diferentes pontos. Esse posicionamento foi alterado nas amostragens subsequentes, não sendo repetido o ponto da amostragem anterior e contemplando pontos na linha e na entrelinha da cana-de-açúcar (Figura 1.3).

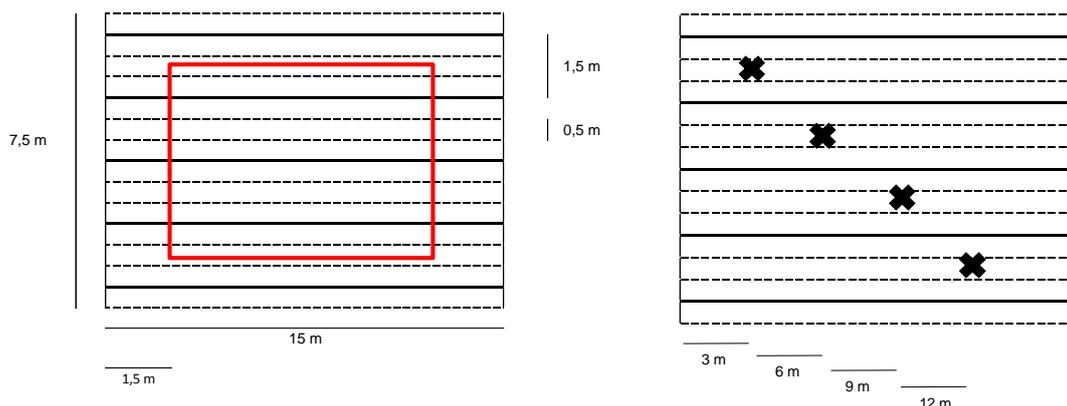


Figura 1.3. Área útil e pontos de amostragem de plantas daninhas nas parcelas experimentais.

As plantas contidas no quadro foram coletadas, depositadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, até atingirem peso constante e, em seguida, foram pesadas.

Calculou-se a eficiência de controle de plantas daninhas (EC), mediante a seguinte equação:

$$EC = \frac{BS_c - BS_l}{BS_c} \times 100,$$

em que, BS_c = biomassa seca de plantas daninhas na testemunha sem capina e sem leguminosa, BS_l = biomassa seca de plantas daninhas nas parcelas com leguminosa (SINGH; LAL, 2008).

2.3.2. Biomassa seca das leguminosas

Aos 142 dias após a semeadura foram cortadas rente ao solo quatro linhas de leguminosas com comprimento de 1 m para quantificação da biomassa seca. Os pontos de amostragem foram semelhantes aos definidos para colocação do quadro de amostragem de plantas daninhas (Figura 1.2).

As amostras coletadas foram depositadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, até atingirem peso constante e, em seguida, foram pesadas.

2.3.3. Produtividade de cana-de-açúcar

A colheita da cana-de-açúcar foi realizada na primeira quinzena de junho de 2013, onde foram marcados 9 m, ao centro da parcela, das três linhas de plantas em diagonal. Em seguida, procedeu-se a colheita manual, cortando a base da cana, despalhando-se a ponteira (desponte da cana) e

depois enleirando os colmos na extremidade de cada parcela. Os colmos foram pesados para cálculo de produtividade, com auxílio de balança de gancho, sendo a colheita do restante do experimento mecanizada.

Para a colheita da primeira soca, foi adotado o mesmo procedimento, amostrando-a no fim de maio de 2014, em pontos distintos da colheita da cana planta.

2.3.4. Análises tecnológicas do caldo

Com os colmos colhidos enleirados na extremidade de cada parcela, retirou-se uma subamostra de dez colmos obtida ao acaso. As 32 subamostras foram enviadas ao laboratório de análises de qualidade de cana-de-açúcar da Usina Goiasa, onde foram obtidos dados de grau Brix, teor de fibras, pureza do caldo, Pol da cana e produção de açúcar, segundo metodologia descrita pelo Consecana (2006).

2.4. Análises estatísticas

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com oito tratamentos e quatro repetições, em que os tratamentos são representados pelas seis leguminosas cultivadas em consórcio, testemunha com capina e sem leguminosa e testemunha sem capina e sem leguminosa.

Para a análise estatística dos dados de biomassa seca de leguminosas foi realizada transformação mediante equação $y = \log(x)$, em que y = valor transformado da biomassa seca de leguminosas e x = valor amostrado da biomassa seca de leguminosas.

Para os dados de biomassa seca de plantas daninhas aos 29 DAS, foi realizada transformação estabilizadora da variância, através do procedimento REG (PROCREG) do SAS 9.2, com o objetivo de atender aos pressupostos da análise de variância (normalidade, homogeneidade e independência dos resíduos). A transformação foi realizada com base na regressão linear $\log(\sigma^2) = \log\beta + \alpha \log\mu$, entre o logaritmo da variância e o logaritmo da média. Assim, os dados de peso seco de plantas daninhas aos 29 DAS foram transformados pela equação $y = x^\alpha$, em que y = valor transformado do peso seco de plantas daninhas e x = valor amostrado do peso seco de plantas daninhas por hectare.

Para os dados de eficiência de controle, expressos em porcentagem, foi adotada a transformação angular, por meio da fórmula: $w = \arcsen\sqrt{z}$, para garantir a homocedasticidade do modelo (maior homogeneidade e menor dispersão da variância), em que w = valor transformado da eficiência de controle de plantas daninhas e z = valor amostrado da eficiência de controle de plantas daninhas.

Para os dados de biomassa seca de plantas daninhas aos 85 e 142 DAS, assim como a produtividade da cultura, produção de açúcar e parâmetros de qualidade não foi necessária a transformação dos dados para análise de variância.

Nas três avaliações de biomassa seca de plantas daninhas (29, 85 e 142 DAS) foram desconsiderados *outliers* (valores aberrantes ou atípicos) com o auxílio da estatística descritiva (gráficos *boxplot*).

Foi aplicada análise de variância pelo procedimento ANOVA, com comparação de médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, exceto na avaliação aos 142 DAS, onde foi aplicado o procedimento não-paramétrico de análise de variância de Kruskal-Wallis e o teste Wilcoxon-Mann-Whitney com $p < 0,05$ (PROC NPAR1WAY), em função dos dados apresentarem distribuição de probabilidade diferente da distribuição normal, mesmo quando transformados (SAS INSTITUTE, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Biomassa seca da parte aérea das leguminosas

Houve diferenças significativas na produção de biomassa seca das leguminosas consorciadas, quantificada aos 142 DAS (dias após a semeadura) (Tabela 1.2). As espécies que apresentaram maior biomassa seca foram *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* e *Crotalaria juncea*, que não diferiram entre si, em comparação as espécies *Arachis pintoii* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande, que apresentaram biomassa seca menor. A espécie *Crotalaria anagyroides* não sobreviveu à alta incidência do fungo *Colletotrichum crotalariae*, observada aos 85 DAS, o que impossibilitou a quantificação de sua biomassa seca aos 142 DAS. Esse ataque severo, observado aos 142 DAS, pode ter sido causado por fatores como histórico de

plântio de outra espécie do gênero na área (*Crotalaria spectabilis*) e mudanças no microclima em função do consórcio.

Apesar das espécies *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* e *Crotalaria juncea* apresentarem os maiores valores de biomassa seca neste trabalho, outros experimentos testando o cultivo consorciado com cana-de-açúcar e com outras espécies perenes obtiveram valores distintos.

Tabela 1.2. Biomassa seca da parte aérea de leguminosas cultivadas nas entrelinhas da cana-de-açúcar, cortadas aos 142 dias após a semeadura (DAS).

Espécies	Biomassa seca
	kg ha ⁻¹
<i>Arachis pintoi</i>	32,5c
<i>Cajanus cajan</i>	795,0a
<i>Calopogonium mucunoides</i>	625,0a
<i>Crotalaria anagyroides</i> ¹	-
<i>Crotalaria juncea</i>	852,5a
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	97,5b
CV (%)	9,8

Médias iguais na tabela não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ¹Aos 142 DAS, *Crotalaria anagyroides* não sobreviveu ao ataque de doença fúngica *Colletotrichum crotalariae*.

Prellwitz e Coelho (2011), avaliando o efeito do cultivo de *Crotalaria juncea* nas entrelinhas de cana-soca em diferentes densidades de plantio, observaram produção de biomassa seca dessa leguminosa variando entre 2,2 e 9,0 t ha⁻¹. Ambrosano et al. (2013), em experimento semelhante, observaram 1,0 e 2,8 t ha⁻¹ de massa seca de guandu-anão e crotalaria juncea, respectivamente.

Todavia, em ambos os trabalhos citados anteriormente, a semeadura das leguminosas foi realizada na entrelinha das soqueiras da cana de ano, em período de disponibilidade hídrica. Possivelmente, as condições de desenvolvimento das leguminosas eram mais satisfatórias em cana soca, com menor competição entre as culturas, devido ao fato das espécies no consórcio estarem no início do ciclo vegetativo. No presente experimento, no momento de semeadura das leguminosas nas entrelinhas da cana-de-açúcar, a cultura apresentava altura de, aproximadamente, 1,5 m, sombreando parcialmente as entrelinhas e em pleno desenvolvimento vegetativo (crescimento exponencial após fim do período de déficit hídrico). A cana-de-açúcar, portanto, apresentava maior capacidade competitiva neste sistema de consorciação.

Experimentos com consorciação entre espécies mais agressivas e com crescimento rápido, como o milho, e leguminosas mostram que a produção de biomassa seca dessas leguminosas é afetada pela competição interespecífica.

No consórcio milho – adubos verdes, testado por Heinrichs et al. (2005) no ano agrícola 1996/97, o guandu anão produziu, em média, 728 kg ha⁻¹ de biomassa seca. A crotalária *spectabilis*, espécie do gênero *Crotalaria* avaliada no trabalho, produziu, em média, 383 kg ha⁻¹ de biomassa seca. Os autores atribuíram a baixa produção de biomassa das leguminosas ao menor número de plantas da leguminosa por área no consórcio e à competição interespecífica com o milho.

A espécie volúvel *Calopogonium mucunoides*, quando consorciada com culturas anuais ou perenes, apresenta produção de biomassa seca reduzida, se comparada com a produção de biomassa seca do cultivo solteiro. Em experimento com monocultivo da leguminosa, Teodoro et al. (2011) observaram produção de 9,2 t ha⁻¹ de biomassa seca de calopogônio.

O desenvolvimento do calopogônio em sistemas consorciados foi descrito na literatura. Matos et al. (2008) observaram valores de biomassa seca da espécie variando entre 1,5 e 2,5 t ha⁻¹ em consórcio com a cultura do café. Quando consorciado com o milho, cultura mais agressiva devido ao rápido crescimento vegetativo e metabolismo C4, a produção de biomassa seca de calopogônio obtida por Correia et al. (2012) foi semelhante à observada no presente trabalho, com rendimento inferior a 1,0 t ha⁻¹.

O gênero *Stylosanthes*, nativo da flora brasileira, apesar de destacar-se pela ampla adaptação e resistência às pressões bióticas e abióticas (BARCELLOS et al. 2001), apresentou baixo rendimento de biomassa seca nas condições deste experimento. Em comparação com as outras leguminosas testadas, estilosantes cv. Campo Grande apresenta ciclo de desenvolvimento mais lento, florescendo entre abril e maio (EMBRAPA, 2007). A interferência negativa da cana-de-açúcar no desenvolvimento de *Stylosanthes* cv. Campo Grande foi possivelmente superior se comparada às espécies de crescimento inicial mais acelerado, como a *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*. Nos estágios iniciais do desenvolvimento de estilosantes, a

cana-de-açúcar estava ainda mais desenvolvida e com maior habilidade em competir por luz, água, espaço e nutrientes.

A produção de biomassa seca de *Arachis pinto* foi inferior à das demais espécies devido, dentre outros fatores, ao ataque de formigas logo após a germinação da leguminosa. Essa leguminosa possui como pragas mais comuns os crisomelídeos, as formigas e algumas larvas de lepidópteros, sendo que, quando cultivada para forragem, essas pragas geralmente não afetam a persistência e produtividade do *Arachis pinto* (CALEGARI et al., 1995). Entretanto, por se tratar de área de produção orgânica, a incidência de formigas cortadeiras é elevada devido à ausência de métodos alternativos de controle eficazes (SOARES et al., 2010). Os artrópodes-praga mostraram predileção pelo amendoim forrageiro, possivelmente devido ao estágio inicial de desenvolvimento da leguminosa, que apresentava folhas jovens e tenras (ROCKWOOD, 1976).

Além do ataque de pragas, o amendoim forrageiro sofreu interferência da competição com a cultura comercial, assim como as outras leguminosas testadas no presente experimento. Em trabalho com cultivo de milho consorciado com leguminosas, Correia et al. (2012) observaram reduzida produção de biomassa seca de amendoim forrageiro, não alcançando acúmulo de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$, semelhante aos resultados obtidos neste experimento.

Apesar da produção de biomassa seca reduzida nas condições do presente experimento, Espindola et al. (2006) obtiveram $4,2 \text{ t ha}^{-1}$ de produção de biomassa seca de *Arachis pinto* na estação chuvosa em cultivo solteiro. Teodoro et al. (2011), em experimento com monocultura na época chuvosa, também constataram o potencial de produção de *Arachis pinto* que, aos 180 dias de ciclo, acumulou $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa seca.

Observou-se neste experimento, portanto, que a competição interespecífica em função do avançado estágio de desenvolvimento da cana-de-açúcar no momento da semeadura destaca-se como principal razão da dificuldade de desenvolvimento das leguminosas nas condições de cultivo consorciado. Dentre os fatores mais preponderantes, destaca-se a baixa disponibilidade de luz para as leguminosas. O sombreamento intenso ocasiona redução na produção de matéria seca, na fixação biológica de nitrogênio e no conteúdo de nutrientes de leguminosas utilizadas como adubo

verde/ferragem (SOUTO et al., 1970; WONG; WILSON, 1980; FUJITA et al., 1993; IZAGUIRRE-MAYORAL et al., 1995).

A maior taxa de crescimento da cana-de-açúcar, planta de ciclo fotossintético C4, quando comparadas com as leguminosas, plantas de ciclo fotossintético C3 figura como um dos fatores da vantagem da cana-de-açúcar no consórcio com leguminosas. As plantas de metabolismo C4 apresentam eficiência fotossintética e de uso da água de duas a três vezes maior que as espécies de metabolismo C3, além de aumentarem a fotossíntese mesmo para um nível de radiação solar considerado saturado para espécies C3 e não realizarem fotorrespiração, processo com alto gasto energético (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

Adicionalmente, a cultura da cana-de-açúcar, no período compreendido entre outubro e maio, que na região dos Cerrados coincide com a época chuvosa, encontra-se na fase de crescimento rápido, em que 75% da matéria seca é acumulada (MACHADO et al., 1982). Esse período de elevado crescimento vegetativo da cana-de-açúcar coincidiu com o período de cultivo das leguminosas, o início das chuvas. Sendo assim, a época de introdução das leguminosas no consórcio pode ter influenciado a produção de biomassa seca destas.

3.2. Biomassa seca de plantas daninhas e eficiência de controle

Houve diferença significativa na biomassa seca de plantas daninhas nos três períodos avaliados, 29, 85 e 142 dias após a semeadura das leguminosas (DAS) (Figura 1.4; Tabela 1.3).

Apesar do baixo acúmulo de biomassa seca de leguminosas, a presença dessas espécies nas entrelinhas da cana-de-açúcar reduziu significativamente o acúmulo de biomassa seca das plantas daninhas presentes na área experimental.

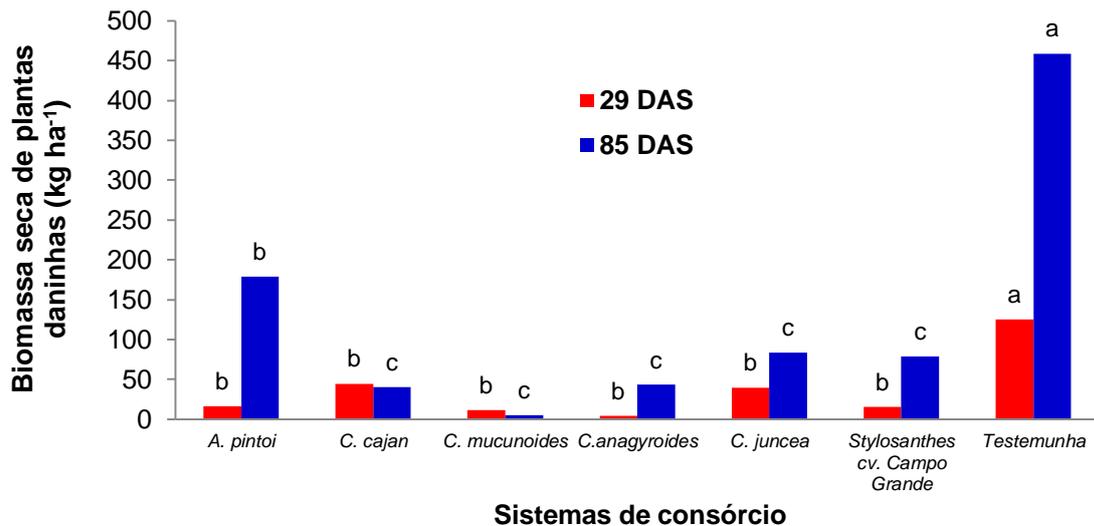


Figura 1.4. Biomassa seca de plantas daninhas em sistemas de consórcio de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas aos 29 e 85 dias após a semeadura das leguminosas (DAS). Barras de mesma cor com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ¹Testemunha sem leguminosa e sem capina.

Na avaliação realizada no início do desenvolvimento das leguminosas, aos 29 DAS, a biomassa seca de plantas daninhas foi relativamente baixa em todos os tratamentos e na testemunha sem leguminosa e sem capina, quando comparada à avaliação aos 85 DAS. Essa biomassa seca reduzida pode ser atribuída ao controle mecânico com cultivador realizado na entrelinha da cultura antes da instalação do experimento, complementado por capina manual. Portanto, no estágio inicial de desenvolvimento das leguminosas, não se pode atribuir a interferência na incidência de plantas daninhas apenas à semeadura das leguminosas na entrelinha.

Na segunda avaliação, aos 85 DAS, todos os tratamentos com cultivo consorciado diferiram da testemunha sem leguminosa e sem capina, mostrando capacidade de supressão de plantas daninhas.

As espécies *Arachis pintoi* e *Stylosanthes cv. Campo Grande*, apesar de apresentarem baixo desenvolvimento em comparação com as demais espécies aos 85 DAS, não promovendo boa cobertura do solo, foram capazes de reduzir a biomassa seca de plantas daninhas. Essa capacidade deve-se, possivelmente, à presença de compostos alelopáticos no tecido vegetal das leguminosas (SOUZA FILHO et al., 1997; ROSA et al., 2011; TEODORO et al., 2011).

Com relação às espécies com maior produção de biomassa seca, diversos autores descreveram seus efeitos na redução da incidência de plantas daninhas. Severino e Christoffoleti (2001), em experimento avaliando banco de sementes do solo, constataram efeitos inibitórios do guandu-anão na emergência de plantas daninhas em cultivo solteiro. Nesse experimento, a leguminosa não havia sido cortada e incorporada ao solo, sendo os efeitos inibitórios relacionados ao tempo de convivência entre leguminosas e plantas daninhas no campo, o que corrobora com o presente experimento.

Todavia, Nascimento e Mattos (2007), avaliando a dinâmica de plantas daninhas no cultivo solteiro de guandu-anão, com a biomassa seca da leguminosa incorporada ou não ao solo, constataram elevada redução na incidência de plantas daninhas quando a biomassa seca foi incorporada, porém baixa redução da incidência com a biomassa seca não incorporada. Os resultados obtidos neste experimento discordam dos autores supracitados, em que houve alta redução na incidência de plantas daninhas sem corte e incorporação ao solo dos resíduos vegetais da leguminosa.

Em cultivo consorciado com o milho, Martins (1994) constatou a eficiência de guandu de porte alto na redução da densidade e da biomassa seca de plantas daninhas, com a semeadura da leguminosa aos 21 dias após a semeadura do milho. Resultado semelhante foi obtido no presente estudo, que constatou a redução na biomassa seca de plantas daninhas nos tratamentos com semeadura de *Cajanus cajan* na entrelinha da cultura comercial.

Fernandes et al. (1999) constataram efeitos supressivos de calopogônio solteiro sobre as plantas daninhas, comparando-se em cultivos menos adensados e mais adensados. A biomassa seca de plantas daninhas foi reduzida de aproximadamente 3,5 t ha⁻¹ em cultivo menos adensado (10 plantas/m²) para menos de 1,0 t ha⁻¹ em cultivos mais adensados (160 plantas/m²). Souza Filho et al. (2003), em experimento com aplicação de extrato aquoso de calopogônio, constataram o efeito supressivo de compostos secundários sobre a germinação de sementes de plantas daninhas, com destaque para *Mimosa pudica* e *Senna occidentalis*.

Correia et al. (2012), estudando o consórcio entre milho e calopogônio, concluíram que o sistema não afetou a ocorrência de plantas daninhas,

possivelmente devido à baixa produção de biomassa seca da leguminosa. Esse resultado discorda do obtido no presente experimento, em que houve diferença significativa na incidência de plantas daninhas mesmo com baixa produção de biomassa seca de calopogônio.

Diversos autores relatam a eficiência de *Crotalaria juncea* no controle de plantas daninhas. Timossi et al. (2011), avaliando métodos de semeadura da leguminosa solteira e supressão de plantas daninhas, concluíram que houve redução no desenvolvimento da comunidade infestante. Queiroz et al. (2010), avaliando diferentes coberturas vegetais na supressão de plantas daninhas em cultivo orgânico de milho-verde, constataram que *C. juncea* proporcionou maior redução da biomassa seca e população de plantas daninhas, além de promover o aumento na produtividade de espigas.

Em trabalho com consórcio de cana-de-açúcar e *Crotalaria juncea*, Kathiresan et al. (2000) constataram a redução na incidência de plantas daninhas, com eficiência de controle de 43,3%, com somente uma linha de semeadura da leguminosa. Esses resultados corroboram com os obtidos neste experimento, em que *Crotalaria juncea* mostrou-se eficiente na redução de biomassa seca de plantas daninhas.

Aos 142 dias após a semeadura, todas as leguminosas cultivadas na entrelinha reduziram a incidência de plantas daninhas, quando comparadas à testemunha sem capina e sem leguminosa ($p < 0,05$).

Tabela 1.3. Matriz de correlação entre a biomassa seca de plantas daninhas em sistemas consorciados com leguminosas e a biomassa seca de plantas daninhas na testemunha sem capina e sem leguminosa, amostradas aos 142 DAS.

Sistemas consorciados	Testemunha sem capina; sem leguminosa
	p-valor
Testemunha sem capina; sem leguminosa	-
<i>Arachis pintoi</i>	0,0202
<i>Cajanus cajan</i>	0,0139
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0,0180
<i>Crotalaria anagyroides</i>	0,0180
<i>Crotalaria juncea</i>	0,0459
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	0,0180

Para comparação entre as amostras não pareadas, foi aplicado o teste não-paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Apesar de não ter completado o ciclo de desenvolvimento neste experimento devido à incidência de doença fúngica, o consórcio com *Crotalaria anagyroides* promoveu a redução na incidência de plantas daninhas aos 142 DAS. Isso se deve, possivelmente, às alterações promovidas pela leguminosa na dinâmica populacional de plantas daninhas no período em que a espécie permaneceu viva no consórcio. Becker e Johnson (1997), em experimento com rotação em arroz de terras altas, observaram que a espécie *Crotalaria anagyroides* suprimiu plantas daninhas, em condições de boa produção de biomassa seca da leguminosa.

Apesar da baixa produção de biomassa seca das leguminosas, todos os sistemas de consórcio mostraram-se eficientes no controle de plantas daninhas em comparação com a ausência de controle, aos 142 dias após a semeadura das leguminosas (Tabela 1.4).

Aos 29 DAS, a eficiência de controle foi superior a 70% em todos os tratamentos. Entretanto, essa eficiência não pode ser atribuída apenas ao sistema de consórcio com leguminosas, mas também à operação mecânica com cultivador realizada antes do plantio e a operação de sulcação manual para semeadura das leguminosas.

Tabela 1.4. Eficiência das leguminosas no controle de plantas daninhas em três períodos em sistemas de cultivo consorciado com cana-de-açúcar orgânica e leguminosas. DAS – dias após a semeadura das leguminosas.

Tratamentos	Eficiência do controle (%)		
	Períodos (dias após o plantio)		
	29 DAS	85 DAS	142 DAS
Testemunha sem capina; sem leguminosas	0b	0c	0b
<i>Arachis pintoi</i>	92,1a	60,4b	95,7a
<i>Cajanus cajan</i>	75,4a	88,2a	100,0a
<i>Calopogonium mucunoides</i>	83,7a	97,4a	83,7a
<i>Crotalaria anagyroides</i>	89,9a	92,8a	91,3a
<i>Crotalaria juncea</i>	87,7a	81,0ab	100,0a
<i>Stylosanthes capitata</i> x <i>S. macrocephala</i>	88,3a	98,8a	98,9a
CV (%)	35,55	26,55	10,16

Médias seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Aos 85 DAS, a eficiência de controle dos sistemas consorciados pode ser observada para todas as espécies. O amendoim forrageiro, em função do baixo desenvolvimento devido, principalmente, ao ataque de formigas, mostrou-se menos eficiente que as demais leguminosas.

Aos 142 DAS, o consórcio com todas as espécies leguminosas testadas apresentou alta eficiência de controle, superior a 80%.

Singh e Lal (2008), avaliando a eficiência de sistemas consorciados no controle de plantas daninhas, obtiveram eficiência de controle de até 45% nos tratamentos testados (consórcio com *Vigna unguiculata*, *Vigna radiata* e *Vigna mungo*) em comparação com cana-de-açúcar em monocultivo, valor inferior ao obtido neste experimento.

Essa diferença na eficiência de controle de plantas daninhas pode ser atribuída, dentre outros fatores, ao fato das espécies apresentarem diferenças em termos de capacidade competitiva. Durante o desenvolvimento vegetativo das plantas, os efeitos competitivos e alelopáticos podem influenciar o desenvolvimento de plantas daninhas. A competição é dependente de variáveis como as espécies competidoras, as diferenças morfológicas e fisiológicas da espécie cultivada, determinante na habilidade competitiva com as plantas daninhas (RADOSEVICH et al., 1997; MENEZES; SILVA, 1998).

Ademais, a ação alelopática possui efeito mais ou menos específico, portanto as plantas consorciadas, seja em crescimento vegetativo ou em decomposição, exercem inibição interespecífica sobre determinadas espécies (OVERLAND, 1966), o que depende do padrão de infestação da área.

3.3. Produtividade de colmos e açúcar e qualidade do caldo

O consórcio entre cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes e a incidência de plantas daninhas não interferiu na produtividade de colmos, na produção de açúcar e nos parâmetros de qualidade do caldo de cana-planta e de cana-soca (Tabelas 1.5 e 1.6).

Resende et al. (2003), em experimento com consorciação em cana-de-açúcar, obtiveram resultados contrastantes com o deste experimento. Os autores constataram que crotalária juncea influenciou negativamente o rendimento da cultura comercial. Assim como o trabalho supracitado, Ambrosano et al. (2013) constataram influência negativa de crotalária juncea consorciada na produtividade de colmos.

Tabela 1.5. Produtividade de colmos e produção de açúcar em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.

Sistemas de consórcio	Produtividade de colmos	Produção de açúcar
	t ha ⁻¹	
	Cana-planta	
Sem leguminosa, sem capina	136,8a	17,2a
Sem leguminosa, com capina	127,0a	15,7a
<i>Arachis pintoii</i>	123,2a	16,7a
<i>Cajanus cajan</i>	122,4a	15,7a
<i>Calopogonium mucunoides</i>	126,7a	15,7a
<i>Crotalaria anagyroides</i>	124,6a	16,9a
<i>Crotalaria juncea</i>	130,6a	15,8a
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	133,7a	15,4a
CV (%)	9,0	12,6
	Cana-soca	
Sem leguminosa, sem capina	117,1a	14,3a
Sem leguminosa, com capina	106,4a	13,2a
<i>Arachis pintoii</i>	106,8a	13,4a
<i>Cajanus cajan</i>	106,7a	13,3a
<i>Calopogonium mucunoides</i>	115,9a	14,1a
<i>Crotalaria anagyroides</i>	113,8a	13,8a
<i>Crotalaria juncea</i>	104,5a	12,5a
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	108,0a	13,4a
CV (%)	15,5	15,5

Médias seguidas de mesma letra em cada coluna e ciclo de cana-de-açúcar não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os resultados diferem do obtido neste experimento devido, possivelmente, ao período de introdução das leguminosas no consórcio. Enquanto os autores acima mencionados semearam a crotalária juncea concomitantemente com o plantio de cana-planta ou cana-soca, neste trabalho a semeadura da espécie leguminosa foi realizada oito meses após o plantio da cana-de-açúcar, reduzindo o período de convivência entre as duas espécies. Esse atraso na semeadura é justificado pela ocorrência de período seco na região do Cerrado, impedindo o crescimento das leguminosas.

Além do período de introdução, a baixa produção de biomassa seca das leguminosas no consórcio não interferiu no desenvolvimento da cana-de-açúcar. Enquanto Resende et al. (2003) e Ambrosano et al. (2013) obtiveram produtividade da leguminosa no consórcio variando entre 1,4 e 2,8 t ha⁻¹, no presente experimento a produção de biomassa seca de *Crotalaria juncea* foi inferior a 900 kg ha⁻¹.

Tabela 1.6. Análise tecnológica do caldo realizada em amostras de cana-de-açúcar orgânica cultivada em sistema de consorciação com leguminosas adubos verdes.

Sistema de consórcio	Brix	Pureza	Pol Cana	Fibra
	%			
	Cana-planta			
Sem leguminosa; sem capina	18,1a	91,7a	16,4a	12,6a
Sem leguminosa; com capina	18,0a	90,9a	16,5a	12,9a
<i>Arachis pinto</i>	18,7a	89,8a	16,8a	12,9a
<i>Cajanus cajan</i>	18,6a	90,7a	16,9a	12,6a
<i>Calopogonium mucunoides</i>	18,8a	89,7a	16,9a	12,8a
<i>Crotalaria anagyroides</i>	18,3a	90,3a	16,5a	12,5a
<i>Crotalaria juncea</i>	18,5a	88,5a	16,4a	12,8a
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	17,9a	90,1a	16,2a	12,5a
CV (%)	2,4	2,3	3,3	3,9
	%			
	Cana-soca			
Sem leguminosa; sem capina	16,6a	86,0a	12,2a	11,5a
Sem leguminosa; com capina	16,6a	87,4a	12,4a	11,3a
<i>Arachis pinto</i>	16,6a	88,5a	12,6a	11,4a
<i>Cajanus cajan</i>	16,6a	87,9a	12,4a	11,6a
<i>Calopogonium mucunoides</i>	16,5a	85,3a	12,0a	11,4a
<i>Crotalaria anagyroides</i>	16,4a	86,8a	12,2a	11,6a
<i>Crotalaria juncea</i>	15,9a	87,5a	11,9a	11,4a
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	16,6a	86,6a	12,3a	11,6a
CV (%)	2,8	2,4	3,2	4,1

Médias seguidas de mesma letra em cada coluna e ciclo de cana-de-açúcar não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância.

Assim como o obtido por Yang et al. (2013), em experimento testando o consórcio entre cana-de-açúcar e soja, não houve efeito significativo na qualidade do caldo da cana-de-açúcar. Singh e Lal (2008), em consonância com os resultados obtidos neste trabalho, não observaram diferenças significativas nos parâmetros de qualidade do caldo.

A baixa de interferência das plantas daninhas sobre a cana-de-açúcar na parcela sem leguminosa e sem capina pode ser justificada pela baixa incidência de espécies invasoras na área e ainda pela habilidade competitiva da própria cultura. Singh e Lal (2008) obtiveram resultados distintos ao deste experimento, com redução de 31,4% no rendimento de cana-de-açúcar nas parcelas sem controle de plantas daninhas.

4. CONCLUSÕES

1. As leguminosas apresentaram produção de biomassa seca distinta em sistema consorciado com cana-de-açúcar, com destaque para as espécies *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* e *Calopogonium mucunoides*.

2. Todas as leguminosas reduziram a biomassa seca de plantas daninhas em sistema de consorciação com cana-de-açúcar sob manejo orgânico;

3. As leguminosas semeadas nas entrelinhas da cana-de-açúcar orgânica não interferiram na produtividade de colmos, produção de açúcar e qualidade do caldo, em cana-planta e na primeira soqueira;

5. REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E.J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; SCHAMMAS, E.A.; DIAS, F.L.F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; SACHS, R.C.C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v.70, n.4, p. 810-818, 2011.

AMBROSANO, E.J.; CANTARELLA, H.; ROSSI, F.; SCHAMMAS, E.A.; SILVA, E.C.; AMBROSANO, G.M.B.; DIAS, F.L.F.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n.3, p. 80-90, 2013.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoii* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 3, p. 439-445, 1999.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.

ARÉVALO, R.A. **Plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Araras: IAA/PLANALSUCARCOSUL, 1979. 46p.

BARCELLOS, A.O.; ANDRADE, R.P.; KARIA, C.T.; VILELA, L. Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: PEIXOTO, A.M.; PEDREIRA, C.G.S.; FARIA, V.P.(Eds). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.365-426.

BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008.

BECKER, M.; JOHNSON, D.E. Legume as dry season fallow in upland rice-based systems of West Africa. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, p. 358-367, 1998.

BOKHTIAR, S.M.; GAFUR, M.A.; RAHMAN, A.B.M.M. Effects of *Crotalaria* and *Sesbania aculeata* green manures and N fertilizer on soil fertility and the productivity of sugarcane. **Journal of Agricultural Science**, v. 140, p.305-309, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (IAPAR. Circular, 80).

CARVALHO, A. M.; BURLE, M.L.; PEREIRA, J. Manejo de adubos verdes no Cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (Embrapa Cerrados), v. 4, p. 1-28, 1999.

CARVALHO, F.T; MORETTI, T.B. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) cultivada com a operação de quebra-lombo visando à colheita mecanizada. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.9, n.1, p. 1-8, 2010.

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS, A.C.M. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. p. 57-78

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CONSECAN, 2006. **Manual de Instruções**. 5º ed. Piracicaba, Consecana-SP. 112p.

COPERSUCAR. **Boletim Técnico da sétima geração de variedades de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Copersucar, 1999. 16p. (Edição Especial).

CORREIA, N.M.; FUZITA, W.E.; DANIEL, B. Cultivo consorciado de milho com amendoim forrageiro e calopogônio e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Semina**, v. 33, p. 575-586, 2012.

DUARTE JÚNIOR, J.B.; COELHO, F.C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v.67, n.3, p.723-732, 2008.

EMBRAPA. **Cultivo e uso do estilosantes Campo Grande**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007. 11p. (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 105).

ERASMO, E.A.L.; AZEVEDO, W.R.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, A.M.; GARCIA, S.L.R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.22, p.337-342, 2004.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.321-328, 2006.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1355–1362, 2001.

FERNANDES, M.F.; BARRETO, A.C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p. 1593-1600, 1999.

FERREIRA, D.J.; DIAS, P.F.; SOUTO, S.M. Efeitos de sombreamento em acessos de amendoim forrageiro (*Arachis spp.*) recomendados para o estado do Rio de Janeiro. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (Embrapa Agrobiologia), v.23, p. 1-21, 2007.

FUJITA, K.; MATSUMOTO, K.; OFOSU-BUDU, G.K.; OGATA, S. Effect of shading on growth and dinitrogen fixation of kudzu and tropical pasture legumes. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.39, p.43-54, 1993.

HEINRICHS, R.; VITTI, G.C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P.A.M.; FANCELLI, A.L.; CORAZZA, E.J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n. 1, p. 71-79, 2005.

IBGE. Empresa Brasileira de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

IZAGUIRRE-MAYORAL, M.L.; VIVAS A.I.; OROPEZA, T. New insights into the symbiotic performance of native tropical legumes: I. Analysis of the response of thirty-seven native legume species to artificial shade in a Neotropical savanna. **Symbiosis**, v. 19, p.111-129, 1995.

KATHIRESAN, G. Evaluation of cultural methods of weed control in sugarcane (*Saccharum officinarum*). **Indian Journal of Agronomy**, v.45, p.804-807, 2000.

KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.C.L.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LI, X.; MU, Y.; CHENG, Y.; LIU, X.; NIAN, H. Effects of intercropping sugarcane and soybean on growth, rhizosphere soil microbes, nitrogen and phosphorus availability. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 1113-1119, 2013.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cana-de-açúcar. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA, 1983, Piracicaba. **Anais...**, São Paulo: COPERSUCAR, 1983. p. 59-73.

MACHADO, E.C. PEREIRA, A.R.; FAHAL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.1323-1329, 1982.

MARTINS, D. Comunidade infestante no consórcio de milho com leguminosas. **Planta Daninha**, v.12, n.2, 1994.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.C.; COELHO, M.S.; MATEUS, R.F.; CARDOSO, I.M. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: Characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 2027-2035, 2008.

MENEZES, V.; SILVA, P.R.F. Manejo de arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 16, n. 1, p. 45-57, 1998.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INACIO, E.M.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 85-95, 2009.

NASCIMENTO, A.F.; MATTOS, J.L.S. Produtividade de biomassa e supressão de plantas espontâneas por adubos verdes. **Agroecologia**, v. 2, p. 33-38, 2007.

NIXON, D.J.; SIMMONDS, L.P. The impact of fallowing and green manuring on soil conditions and the growth of sugarcane. **Experimental Agriculture**, v.40, p. 127-138, 2004

OVERLAND, L. The role of allelopathic substances in the "smother crop". **American Journal of Botany**, v. 53, p. 423-432, 1966.

PRELLWITZ, W.P.V.; COELHO, F.C. Produtividade de colmos, índice de área foliar e acúmulo de N na soca de cana-de-açúcar em cultivo intercalar com *Crotalaria juncea* L. **Revista Ceres**, v.58, n.6, p.773-780, 2011.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F.A. 2003. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: Editora UFV. 150 p.

QUEIROZ, L.R., GALVÃO, J.C.C., CRUZ, J.C., OLIVEIRA, M.F.; TARDIN, F.D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v.28, n.2, p. 263-270, 2010.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**. 2 ed. New York: Wiley, 1997. 588 p.

RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugarcane. **Biology and Fertility of Soils**, v.37, p. 215-220, 2003.

RINCÓN, C.A.; CUESTA, M.P.A.; PEREZ, B.R.; LASCANO, C.E.; FERGUSON, J. **Maní forrajero perenne (*Arachis pintoii* Krapovickas e Gregory): Una alternativa para ganaderos e agricultores**. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, 1992. 23p. (Boletín Técnico, 219)

ROCKWOOD, L.L. Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (*Atta*). **Ecology**, v. 57, p. 48-61, 1976.

RODRIGUES, I.C.; BATALHA, M.O.; NEVES, M.R. A adoção de eco-estratégia no setor sucroalcooleiro: a produção de açúcar orgânico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., 2000, São Paulo. **Anais...**, p.205.

ROSA, D.M.; NÓBREGA, L.H.P.; LIMA, G.P.; MAULI, M.M.; COELHO, S.R.M. Action of dwarf mucuna, pigeon pea and stylosanthes on weed under field and laboratory conditions. **Interciencia**, v.36, n.11, p. 841-847, 2011.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's Guide. Versão 9.2. Cary: SAS Institute, 2009. 7869p.

SCHUMANN, R.A.; MEYER, J.H.; VAN ANTWERPEN, R. A review of green manuring practices in sugarcane production. **Procedures of South African Sugar Technology Assessment**, v.74, p. 93-100, 2000.

SEVERINO, F.J.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 223-228, 2001.

SIMEHGO. **Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás**. Secretaria de Ciência e Tecnologia de Goiás (SECTEC-GO). Disponível em: <<http://www.simehgo.sectec.go.gov.br>>. Acesso em: 02 mar. 2014.

SINGH, A.K.; LAL, M. Weed management in spring planted sugarcane (*Saccharum spp hybrid*)-based intercropping systems. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 8, n. 1, p. 35-39, 2008.

SOARES, R.A.B; GARCIA, J.C.; ZANATTA, G.S.C.C.; BRITO, M.C. Produção de cana orgânica. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, G.A. **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p. 763-789.

SOUTO, S.M.; FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J. Influência da intensidade de luz solar na simbiose e desenvolvimento de siratro (*Phaseolus atropurpureus* D. C.). In: Reunião Latino Americana de Rhizobium, 5., 1970. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: DNPEA-MA/IPEACS, 1970. p.55-65.

SOUZA FILHO, A.P.S.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, v. 15, n. 1, p. 53-60, 1997.

SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M.; FIGUEIREDO, F.J.C. Efeitos alelopáticos do calopogônio em função de sua idade e da densidade de sementes da planta receptora. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.211-218, 2003.

SPADOTTO, C.A. **Gestão de Resíduos: realizações e desafios no setor sucroalcooleiro**. 2007. EMBRAPA Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/360.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2014.

STOREL JÚNIOR, A.O. **A potencialidade do mercado de açúcar orgânico para a agroindústria canavieira no Estado de São Paulo**. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento econômico, espaço e meio ambiente) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L.; SILVA, D.M.N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M.A.L. Aspectos agrônômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.635-643, 2011.

TIMOSSI, P.C.; WISINTAINER, C.; SANTOS, B.J.; PEREIRA, V. A.; PORTO, V. S. Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalaria, em função de métodos de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n. 4, p. 525-530, 2011.

WONG, C.C.; WILSON, J.R. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 31, p. 269-285, 1980.

WUTKE, E. B.; ARÉVALO, R. A. **Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. 28p. (Série Tecnológica, Boletim Técnico, IAC, 198).

YADAV, D.V.; YADUVANSHI, N.P.S. Integration of green manure intercropping and fertilizer-N for yield and juice quality and better soil conditions in sugarcane grown after mustard and wheat in different plant arrangements. **Journal of Agricultural Science**, v.136, 199-205, 2001.

YANG, W.; LI, Z.; WANG, J.; WU, P.; ZHANG, Y. Crop yield, nitrogen acquisition and sugarcane quality affected by interspecific competition and nitrogen application. **Field Crop Research**, v.146, p. 44-50, 2013.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; GOMES, F. C.; SILVA, M. P. Estabelecimento de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciada com estilosantes em diferentes taxas de semeadura e métodos de plantio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, UFG, 2005.

CAPÍTULO 2 - CONSÓRCIO DE CANA-DE-AÇÚCAR ORGÂNICA E LEGUMINOSAS: SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO E DECOMPOSIÇÃO DOS RESTOS CULTURAIS

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar o suprimento de nitrogênio e a decomposição dos restos culturais em consórcios entre cana-de-açúcar orgânica e leguminosas. As espécies *Arachis pintoii*, *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria anagyroides*, *Crotalaria juncea* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande foram semeadas em novembro de 2012 na entrelinha da cana-de-açúcar plantada em março de 2012. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições. Foram avaliados o teor de nitrogênio, a biomassa seca e o acúmulo de nitrogênio das leguminosas. Foram calculados o decaimento de biomassa e a meia-vida dos resíduos vegetais na testemunha sem leguminosa e com capina e em dois sistemas de consórcio, com semeadura de *Cajanus cajan* e de *Calopogonium mucunoides*. O teor de nitrogênio não diferiu entre as leguminosas e o acúmulo de nitrogênio foi maior em *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* e *Crotalaria juncea*. O teor de nitrogênio na folha da cana-soca foi superior ao verificado pela cana-planta em todos os tratamentos e testemunhas. Em virtude da baixa produção de biomassa seca e nitrogênio acumulado pelas leguminosas, não houve efeito nos teores foliares de nitrogênio de cana-de-açúcar. O decaimento da biomassa seca e a meia-vida dos resíduos vegetais no sistema de consorciação com leguminosas não diferiram da cana-de-açúcar em cultivo solteiro.

Palavras-chave: cana-crua, manejo cultural, adubos verdes, plantas de cobertura

ORGANIC SUGARCANE-LEGUMES INTERCROPPING SYSTEMS: NITROGEN SUPPLY AND DECOMPOSITION OF SUGARCANE HARVEST RESIDUES

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the nitrogen supply of and the decomposition of crop residues in organic sugarcane-legumes intercropping systems. The species *Arachis pintoii*, *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria anagyroides*, *Crotalaria juncea* and *Stylosanthes* cv. Campo Grande were sown in November 2012 in the sugarcane interrows planted in March 2012. The experimental design was

randomized blocks with four replications. The nitrogen content, the dry matter and nitrogen accumulation of legumes were evaluated. The biomass decay and the half-life of crop residues were calculated for the control without legumes and weeds and for two intercropping systems, with *Cajanus cajan* and with *Calopogonium mucunoides* sown in the interrows. The nitrogen content didn't differ between legumes and nitrogen accumulation was highest in *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* and *Calopogonium mucunoides*. Nitrogen content in ratoon leaf was higher than the plant leaf in all treatments and in the control without legumes and weeds. There was no effect on foliar nitrogen concentration of sugar cane due the low production of dry biomass and nitrogen accumulation by legumes. The decay of dry biomass dry in intercropping system didn't differ with the monocrop sugar cane.

Keywords: green cane harvesting, crop management, green manures, cover crops

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar destaca-se com uma das mais importantes da economia brasileira, sendo o Brasil atualmente o maior produtor mundial, com produtividade média da safra 2013/2014 de 74,8 t/ha. Com relação à área plantada, a cana-de-açúcar ocupa 8.811,4 mil hectares distribuídos entre todos os Estados produtores (CONAB, 2014).

A cadeia produtiva sucroalcooleira, almejando espaço no mercado, passou a investir na oferta de produtos diferenciados, com alto valor agregado e, nesse cenário, surge o açúcar orgânico, o mesmo produto obtido através de um processo de produção diferente (RODRIGUES et al., 2000).

A produção orgânica de cana-de-açúcar, iniciada na década de 90 no Brasil, encontra-se atualmente entre as culturas mais plantadas nesse sistema de manejo, com mais de 30.000 ha cultivados, entre áreas já convertidas e áreas em conversão, sendo que 95% da produção concentra-se em grandes usinas (IBD, Comunicação pessoal)³.

Dentre as razões da conversão de canaviais convencionais em orgânicos podem ser citadas a crescente preocupação com o meio ambiente, o retorno econômico da atividade e a utilização de adubos e compostos

³ Comunicação pessoal com Jorge Vailati, gerente do IBD, em 5 de julho de 2013, via correio eletrônico.

orgânicos obtidos no processamento da cana-de-açúcar, na própria usina (RODRIGUES et al., 2000; STOREL JÚNIOR, 2003; BARBOSA, 2010).

Como não é permitido o uso de fertilizantes químicos, um dos gargalos da produção orgânica de cana-de-açúcar é a nutrição da cultura. Entretanto, o setor sucroalcooleiro utiliza os resíduos obtidos da própria produção de açúcar e etanol, mais especificamente a torta de filtro e a vinhaça, na adubação dos canaviais (SPADOTTO, 2007), sendo estas as principais fontes de nutrientes para a cultura em manejo orgânico.

Existem algumas limitações na utilização desses resíduos. A torta de filtro, apesar de apresentar em sua composição matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e enxofre, os teores são variáveis, dependendo da variedade da cana, época de maturação, tipo de solo, processo de clarificação, entre outros (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011).

No caso da vinhaça, a composição química também é variável, dependendo de diversos fatores como a natureza e composição da matéria-prima, sistema usado no preparo do mosto, método de fermentação adotado, sistema de condução da fermentação alcoólica, raça da levedura utilizada, tipo de aparelho destilatório utilizado e modo de destilação adotado (Almeida, 1952 *apud* SILVA, 2009). Além disso, a construção de canais e a instalação de bombas e tubulações para distribuição da vinhaça na propriedade exige investimento elevado (ORLANDO FILHO, 1981), o que pode limitar a distribuição desse insumo em toda a área de produção.

O uso de leguminosas em consórcio com a cana-de-açúcar vem sendo estudado como fonte alternativa para obtenção de nitrogênio e outros nutrientes à cultura (RESENDE et al., 2003; XAVIER et al., 2003; LI et al., 2013).

Ademais, o “input” de nitrogênio no sistema promovido pelo cultivo de leguminosas na entrelinha da cana-planta favorece a decomposição mais acelerada da palha da cana-de-açúcar. Com isso, o excesso de palhada não prejudica a brotação de soqueiras e os nutrientes dos resíduos vegetais da cultura são disponibilizados mais rapidamente para aos ciclos subsequentes (XAVIER, 2002; XAVIER et al., 2003).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o suprimento de nitrogênio e a decomposição dos resíduos culturais em sistemas de consorciação com leguminosas adubos verdes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

O experimento foi conduzido em área cultivada com cana-de-açúcar sob manejo orgânico na usina Goiasa, em Goiatuba-GO, localizado a 18°0'5.951" de latitude Sul, 49°44'22.161" de longitude Oeste e altitude de 651 m. O clima da região é classificado como Aw (Köppen), com duas estações bem definidas (seca e chuvosa), com possibilidade de ocorrência de veranicos (Figura 2.1). A estação meteorológica da usina localiza-se a 49°41'04" de longitude Oeste e 18°04'12" de latitude Sul e altitude de 619 m (SIMEHGO, 2014).

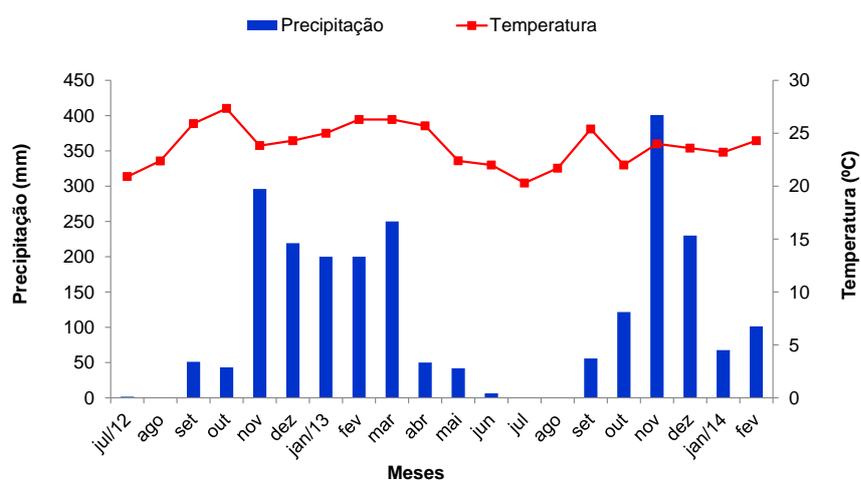


Figura 2.1. Precipitação pluviométrica acumulada e temperatura média mensal na área durante período de condução do experimento. Fonte: SIMEHGO (2014).

O relevo caracteriza-se como plano, a vegetação original é de Cerrado e o solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006). Para análise química do solo foram retiradas da área amostras (0–20 cm), com as seguintes características: pH em água de 7,0; 2,18 mg dm⁻³ de P (Mehlich 1); 152 mg dm⁻³ de K; 3,7 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,58 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,02 cmol_c dm⁻³ de Al.

2.2. Experimento

2.2.1. Plantio e colheita da cana-de-açúcar

As operações de preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar incluíram subsolagem, seguida de gradagem pesada. Posteriormente, nos meses de setembro e outubro de 2011, foram realizadas duas operações com grade intermediária. Um mês antes do plantio de *Crotalaria spectabilis*, foi realizada uma operação com grade niveladora.

Em dezembro de 2011 foram semeadas a lanço 10 kg ha⁻¹ de sementes de *Crotalaria spectabilis*. A leguminosa foi incorporada ao solo 140 dias após a semeadura, no início do florescimento (antes do enchimento das vagens) com grade niveladora.

A cana-de-açúcar foi plantada em março de 2012 e a variedade utilizada foi a SP86-155, variedade de alta produtividade, maturação média, elevada exigência em fertilidade, bom perfilhamento e brotação da soca, porém sensibilidade ao ataque de cigarrinhas e ao mosaico (COPERSUCAR, 1999). Foram utilizados rebolos produzidos na própria usina para plantio do talhão. A profundidade do sulco foi de 30 cm e o espaçamento entrelinhas de 1,5 m.

A área experimental foi adubada no sulco de plantio com 18,6 t ha⁻¹ de composto (torta de filtro e cinzas de caldeira) e 300 m³ ha⁻¹ de vinhaça. Após 60 dias do plantio realizou-se a operação de quebra-lombo, retornando o solo das entrelinhas para o sulco de plantio.

A colheita da cana-de-açúcar foi realizada na primeira quinzena de junho de 2013. A primeira soqueira foi adubada com 14 t ha⁻¹ de composto orgânico (torta de filtro e cinzas de caldeira) em cobertura e foram aplicados 300 m³ ha⁻¹ de vinhaça. No fim de outubro de 2013 foi realizado um repasse de 183,4 m³ ha⁻¹ de vinhaça na área. A colheita da primeira soca foi realizada no fim de maio de 2014.

2.2.2. Semeadura das leguminosas adubos verdes

No início de novembro de 2012, foram semeadas duas linhas de leguminosas nas entrelinhas da cana-de-açúcar. As espécies utilizadas foram: amendoim forrageiro cv. Amarillo (*Arachis pintoi*), calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), crotalária anagiróide (*Crotalaria anagyroides*), crotalária juncea

(*Crotalaria juncea*), estilosantes cv. Campo Grande (mistura física de sementes de *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) e guandu-anão (*Cajanus cajan*). As sementes das leguminosas foram provenientes da coleção de adubos verdes da Embrapa Cerrados, à exceção das sementes de amendoim forrageiro e estilosantes cv. Campo Grande, que foram adquiridas comercialmente.

Antes da semeadura, realizou-se o teste de germinação das sementes de leguminosas, considerando o valor da porcentagem de germinação no cálculo de sementes por metro linear.

As densidades de plantio e profundidade do sulco estão descritas na Tabela 2.1. O sulcamento do solo e a semeadura das espécies leguminosas foram realizados manualmente, com auxílio de enxadas, para sulcos mais profundos e de estacas de madeira pontiagudas, para sulcos mais rasos. O espaçamento entre as duas linhas semeadas foi de 0,5 m para todas as espécies, distando assim 0,5 m das linhas de cana.

Para sementes de calopogônio, procedeu-se a escarificação conforme as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 100% por 10 minutos.

Tabela 2.1. Densidade de semeadura e profundidade do sulco das leguminosas na entrelinha da cana-de-açúcar.

Leguminosas	Densidade de semeadura	Profundidade do sulco	Germinação
	Sementes viáveis m ⁻¹	Cm	%
<i>Arachis pinto</i>	5	3	68
<i>Cajanus cajan</i>	25	3	56
<i>Calopogonium mucunoides</i>	40	1	67
<i>Crotalaria anagyroides</i>	30	2	80
<i>Crotalaria juncea</i>	20	2	82
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	3,5 ¹	1	76

Fonte: RINCÓN et al., 1992; CARVALHO et al., 1999 ZIMMER et al., 2005. ¹ kg ha⁻¹ de sementes.

As sementes de todas as espécies, à exceção de estilosantes, que nodula eficientemente com estirpes nativas, foram inoculadas com inoculante específico obtido no Laboratório de Microbiologia dos Solos da Embrapa Cerrados. Foi utilizado coquetel das estirpes CPAC C2, CPAC B10 e CPAC P2. A inoculação foi realizada na noite anterior à semeadura na proporção de

1 kg de inoculante para 25 kg de sementes, empregando-se solução de água + açúcar a 10% para adesão do inoculante turfoso às sementes.

Para melhor uniformidade na semeadura, foi misturada areia fina às sementes das espécies *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande, em razão da quantidade reduzida das sementes.

As dimensões das parcelas experimentais foram de 7,5 m x 15 m (112,5 m² de área total). A área total de cada parcela compreendeu cinco linhas de cana-de-açúcar e dez linhas de leguminosas.

2.3. Avaliações

2.3.1. Biomassa seca da parte aérea das leguminosas

Aos 142 dias após a semeadura foram cortadas rente ao solo quatro linhas de leguminosas com comprimento de 1 m para quantificação da biomassa seca. Os pontos de amostragem estão descritos na Figura 2.2.

As amostras coletadas foram depositadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, até atingirem peso constante e, em seguida, foram pesadas.

Para análise dos teores de nutrientes das leguminosas, a parte aérea das espécies foi moída em moinho tipo Willey com peneira de 20 mesh.

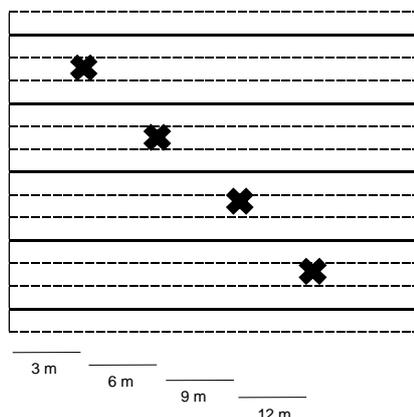


Figura 2.2. Pontos de amostragem das leguminosas nas parcelas experimentais.

2.3.2. Amostragem foliar de cana-de-açúcar

Em abril de 2013 foi realizada amostragem foliar, segundo sistema de Kuijper *apud* van Dillewijn (1952). Nesse sistema, as folhas coletadas foram

as primeiras da haste ou barbela da bainha, conhecidas como folha +1 (primeira com colarinho visível).

Foram retiradas 30 folhas da área útil de cada parcela (Figura 2.3). A parte central da folha, medindo aproximadamente 30 cm, foi cortada e o restante da amostra, desprezado. Dos 30 cm de folha foi retirada a nervura central, restando apenas o limbo foliar. Essas amostras foram depositadas em sacos de papel e encaminhadas para a estufa de ar forçado a 65°C e mantidas por 72h. Depois, foram moídas em moinho tipo Willey equipado com peneira de 20 mesh.

Essa amostragem foi realizada novamente para a primeira soca, em maio de 2014.

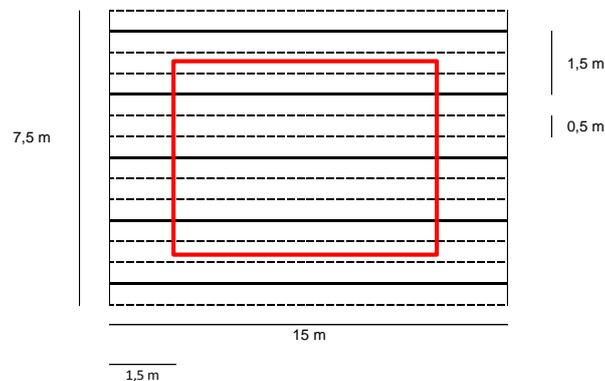


Figura 2.3. Área útil das parcelas experimentais para amostragem das folhas +1 de cana-de-açúcar.

2.3.3. Nitrogênio foliar

A análise de nitrogênio foi realizada no Laboratório de Química Analítica de Plantas (LQAP) da Embrapa Cerrados. O teor de nitrogênio da parte aérea das leguminosas e da amostra de folhas +1 da cana-de-açúcar foi quantificado pelo método semimicro de Kjeldahl (SILVA; QUEIROZ, 2006).

2.3.4. Decomposição dos resíduos culturais em sistemas consorciados

Os sistemas consorciados escolhidos para avaliação da decomposição dos resíduos vegetais foram aqueles com semeadura de *Cajanus cajan* e de *Calopogonium mucunoides* na entrelinha da cana-de-açúcar. A escolha dos tratamentos foi definida com base na maior produção de biomassa seca das espécies, logística de retiradas no campo, limitando o número de *litterbags* a

serem transportados e hábito de crescimento (uma espécie volúvel e uma espécie ereta). Além dos tratamentos com leguminosas, a avaliação da decomposição dos resíduos vegetais (palhiço da cana-de-açúcar) foi realizada na testemunha sem leguminosa e com capina.

Para a avaliação da decomposição da palhada de cana-de-açúcar e da mistura de palhada e leguminosas, foram confeccionados sacos de tela de náilon de malha 2 x 2 mm e de dimensões de 30 x 30 cm (sacos de serapilheira ou *litterbags*) (SANTOS; WHITFORD, 1981)

A biomassa seca das espécies leguminosas *Cajanus cajan* e *Calopogonium mucunoides* foi coletada, conforme descrito no subitem 2.3.1, seca em estufa a 65°C por 72h, até atingir peso constante. Os ponteiros e a palha (folha seca) de dez colmos de cana foram coletados na colheita da cana-de-açúcar e encaminhados para a estufa de ar forçado a 65°C e mantidas por 72h, até atingirem peso constante. Antes de adicionar os resíduos vegetais aos sacos de serapilheira, as amostras foram picadas manualmente para simulação da colheita mecanizada da cana-crua. O material vegetal seco foi adicionado aos sacos e, em seguida, lacrado com auxílio de seladora térmica. A composição dos sacos de serapilheira está descrita na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Composição e quantidade de material vegetal adicionado aos sacos de serapilheira.

Sacos de serapilheira	Composição	Quantidade (g)
Apenas palhada de cana	50% de ponteiros e 50% palha	30
Palhada de cana e leguminosa	37,5% ponteiros, 37,5% palha e 25% leguminosas ¹	30

¹ Parte aérea das leguminosas *Cajanus cajan* e *Calopogonium mucunoides*.

A composição de resíduos dos sacos de serapilheira foi definida conforme proporção no campo. No caso dos sacos com a mistura cana + leguminosas, a quantidade de resíduos vegetais de leguminosas foi aumentada, simulando maior produção de biomassa seca no consórcio.

No período de estiagem (julho de 2013), foram colocados na superfície do solo, nas respectivas parcelas e cobertos pelos resíduos vegetais dois sacos de serapilheira, para cada retirada programada. Os sacos foram dispostos nas parcelas conforme a Figura 2.4. Os *litterbags* contendo apenas

a palhada da cana foram colocados somente na testemunha com capina e sem leguminosa, enquanto os sacos contendo a mistura de cana e leguminosa foram colocados somente em seus respectivos tratamentos.

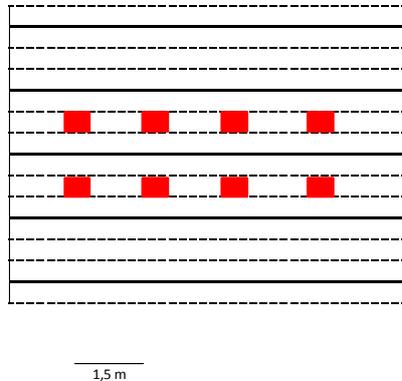


Figura 2.4. Posicionamento dos sacos de serapilheira nas parcelas experimentais.

A coleta das amostras foi realizada aos 77, 111, 169 e 205 dias após a implantação no campo. Após a retirada do campo, procedeu-se a limpeza do excesso de solo. O material vegetal foi retirado de dentro dos sacos de náilon, acondicionado em sacos de papel e encaminhado para estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, até atingirem peso constante. Após a secagem, foi realizada a pesagem para cálculo da diferença de massa.

Depois de seco e pesado, uma amostra do material foi queimada na mufla a 600 °C por período mínimo de 8 horas para obtenção do conteúdo inorgânico final das espécies vegetais e do solo.

O cálculo da porcentagem de decaimento da biomassa em cada período e tratamento foi efetuado de acordo com Santos e Whitford (1981). A constante de decomposição (k) foi calculada conforme modelo exponencial $X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$, em que X_t = é peso seco remanescente após t dias, X_0 = o peso seco colocado inicialmente nos sacos no tempo 0 ($t = 0$) (THOMAS; ASAKAWA, 1993). O coeficiente desse modelo exponencial e as curvas de decaimento de biomassa seca (decomposição) de cada resíduo foram estimados com o programa Microsoft® Excel® 2010. O tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) desse resíduo foi calculado mediante a equação $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$, em que k é a constante de decomposição citada acima (REZENDE et al., 1999).

2.4. Análises estatísticas

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com oito tratamentos e quatro repetições, em que os tratamentos são representados pelas seis leguminosas cultivadas em consórcio, testemunha com capina e sem leguminosa e testemunha sem capina e sem leguminosa.

Os dados de biomassa seca de leguminosas e teor de nitrogênio foram transformados mediante equação $y = \log(x)$, em que y = valor transformado e x = valor amostrado.

O dado de acúmulo de nitrogênio, obtido através do produto entre o teor de nitrogênio da parte aérea e a biomassa seca das leguminosas, foi transformado mediante equação $y = \log(x + 1)$. A transformação dos dados foi realizada para atender os pressupostos da análise de variância (normalidade, homogeneidade e independência dos resíduos).

Para a análise de variância dos dados de biomassa seca de leguminosas, teor e acúmulo de nitrogênio nas folhas de leguminosas foi utilizado o procedimento ANOVA na versão 9.2 do SAS, com comparação de médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Para análise de variância dos dados de teor de nitrogênio foliar da cana-de-açúcar, com amostragem repetida no tempo (cana-planta e cana-soca) foi utilizado o procedimento MIXED na versão 9.2 do SAS, com comparação entre as médias pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade (SAS INSTITUTE, 2009).

Para comparação das curvas de decaimento de biomassa seca foi adotada o teste de identidade de modelos, a fim de avaliar se as estimativas dos parâmetros a e k do modelo $y = ae^{-kt}$ são iguais, onde y é a porcentagem de biomassa seca remanescente (variável explicativa), a é a biomassa seca remanescente no tempo $t=0$ (para início do período chuvoso), e é o logaritmo natural, k é a constante de decomposição e t é o tempo em dias. As análises foram realizadas no programa estatístico R versão 3.1.1 (R Development Core Team, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Teor e acúmulo de nitrogênio nas leguminosas

O teor e o acúmulo de nitrogênio (N) nas leguminosas são apresentados na Tabela 2.3. Não houve diferença entre as espécies leguminosas quanto ao teor de N na parte aérea, porém as espécies diferiram entre si quanto ao acúmulo de N. Essa diferença se deve à baixa produção de massa seca de *Arachis pintoii* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande comparada às demais espécies. A quantificação do teor de nitrogênio da parte aérea de *Crotalaria anagyroides* não foi possível devido ao ataque severo de *Colletotrichum crotalariae*, ocasionando a morte da espécie.

Os teores de nitrogênio na parte aérea, ligeiramente inferiores aos obtidos por Amabile et al. (1999) e Cavalcante et al. (2012), mostraram que as espécies leguminosas *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* apresentaram boa capacidade de fixação de nitrogênio via rizóbios e/ou absorção de nitrogênio dos solos, mesmo em sistemas consorciados.

As espécies *Arachis pintoii*, *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande apresentaram valores inferiores aos descritos na literatura. Matos et al. (2011), em experimento com cultivo de leguminosas herbáceas em sistemas agroflorestais, obtiveram 26,4 g kg⁻¹, 33 g kg⁻¹ e 30,7 g kg⁻¹ de N no tecido vegetal de amendoim forrageiro, calopogônio e estilosantes, respectivamente. Comparando com os dados do presente experimento, o teor de N no tecido vegetal de *Arachis pintoii*, *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande foi, respectivamente, 32,6%, 42,7% e 46,6% inferior ao do experimento em sistemas agroflorestais.

A competição interespecífica por água, luz, nutrientes e espaço, de forma geral, pode ter afetado mais severamente as espécies perenes, com crescimento inicial lento (GUERRA et al., 2007), como amendoim forrageiro, calopogônio e estilosantes cv. Campo Grande.

Tabela 2.3. Teor de nitrogênio, biomassa seca e acúmulo de nitrogênio na parte aérea de leguminosas em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.

Espécies leguminosas	Teor de N ²	Biomassa ² seca	Acúmulo de N ³
	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	
<i>Arachis pinto</i>	17,8a	32c	0,5b
<i>Cajanus cajan</i>	23,5a	795a	18,4a
<i>Calopogonium mucunoides</i>	18,9a	625a	12,3a
<i>Crotalaria anagyroides</i> ¹	-	-	-
<i>Crotalaria juncea</i>	15,5a	852a	14,3a
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	16,4a	97b	1,5b
CV (%)	11,7	9,8	24,8

¹*Crotalaria anagyroides* não sobreviveu ao ataque de doença fúngica *Colletotrichum crotalariae*. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A baixa absorção foliar de nitrogênio no consórcio com *Arachis pinto* pode ser atribuída ao baixo desenvolvimento no consórcio em parte devido ao ataque de formigas cortadeiras no sistema orgânico de produção. Ademais, com a redução do índice de área foliar da leguminosa, a fixação biológica de N₂ foi prejudicada, reduzindo os teores acumulados na parte aérea do nutriente (MIRANDA et al., 2008).

O crescimento da cana-de-açúcar, lento no período seco, foi restabelecido no período chuvoso, momento da semeadura das leguminosas na entrelinha da cultura. Dessa forma, o aumento do índice de área foliar, com fechamento da entrelinha pelas folhas de cana e a retomada do crescimento radicular da cultura, com maior absorção de água e nutrientes (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010; VASCONCELOS; CASAGRANDE, 2010), podem ter limitado o desenvolvimento das leguminosas, e conseqüentemente, processos como a fixação biológica de nitrogênio.

A baixa produção de biomassa seca pelas leguminosas interferiu diretamente no acúmulo de N, reduzindo a capacidade de ciclagem desse nutriente nos sistemas consorciados. As espécies leguminosas de maior produção de biomassa seca, *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides* e *Crotalaria juncea*, acumularam, em média, 15 kg ha⁻¹ de N, contrastando com valores obtidos por outros autores em cultivo solteiro. Carsky (1989) *apud* Carvalho et al. (1999) obtiveram, para guandu e calopogônio, 229 e 142 kg ha⁻¹ de N acumulado (parte aérea e grãos), respectivamente, quando em

monocultivo. Teodoro et al. (2011), em experimento avaliando diferentes leguminosas para adubação verde no Cerrado, obtiveram, para crotalária juncea em monocultivo, 514 kg ha⁻¹ de N acumulado na parte aérea.

Em contrapartida, experimentos utilizando leguminosas em consórcio obtiveram valores de acúmulo de N inferiores, próximos ao deste trabalho, em razão do menor desenvolvimento das espécies na entrelinha de outras culturas. Matos et al. (2008), em experimento com café consorciado com leguminosas, obtiveram aproximadamente 67 kg ha⁻¹ de N acumulado pelo calopogônio. Para crotalária juncea e guandu-anão, Paulino et al. (2009) obtiveram estimativas de 55,5 e 9 kg ha⁻¹ de N total, respectivamente, com as espécies cortadas entre 74 e 81 dias após a semeadura, em experimento com consórcio em pomar orgânico de mangueira e gravioleira.

3.2. Teor foliar de N na cana-de-açúcar

O teor foliar de nitrogênio na cana-planta diferiu entre os tratamentos, sendo os sistemas consorciados com *Arachis pintoi* e *Crotalaria anagyroides* aqueles em que a cana absorveu menos esse nutriente. Todavia, na primeira soca, o teor de nitrogênio no tecido foliar não diferiu entre os tratamentos. Na comparação entre os ciclos da cana-de-açúcar (cana-planta e primeira soca) houve incremento significativo no teor de nitrogênio foliar na cana-soca, quando comparada à cana-planta (Tabela 2.4).

Na ocasião da amostragem das folhas na cana-planta, as espécies leguminosas ainda estavam vivas na entrelinha da cultura. Portanto, a disponibilização do nitrogênio restringia-se à decomposição de material senescente e de raízes mortas ou por mecanismos de transferência direta, como produtos nitrogenados excretados pelas raízes e por fluxo de nitrogênio através das hifas de micorriza, que podem interconectar as raízes de duas espécies (CANTARUTTI; BODDEY, 1997).

Tabela 2.4. Teor de nitrogênio foliar de cana em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.

Sistemas de consórcio	Teor foliar de N	
	g kg ⁻¹	
	Cana-planta	Cana-soca
Sem leguminosa, sem capina	15,9aB	17,5aA
Sem leguminosa, com capina	15,9aB	17,1aA
<i>Arachis pintoii</i>	15,2bB	17,0aA
<i>Cajanus cajan</i>	15,9aB	17,3aA
<i>Calopogonium mucunoides</i>	15,6abB	17,0aA
<i>Crotalaria anagyroides</i>	15,2bB	17,1aA
<i>Crotalaria juncea</i>	15,8abB	17,5aA
<i>Stylosanthes</i> cv. Campo Grande	15,7abB	17,3aA
Médias	15,6B	17,2A
CV (%)	2,5	

Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na mesma linha e minúsculas na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade.

O teor de nitrogênio nas folhas de cana-planta em sistema consorciado com *Arachis pintoii* e *Crotalaria anagyroides* foi inferior ao sistema com *Cajanus cajan*. O *Arachis pintoii*, diferente de *Cajanus cajan*, apresentou baixo desenvolvimento no consórcio devido, principalmente, ao ataque de formigas cortadeiras, acumulando biomassa seca inferior a 40 kg ha⁻¹. Miranda et al. (2008) destacaram que, em época seca ou chuvosa, a redução da área foliar diminui a fixação de nitrogênio das leguminosas e, portanto, sua capacidade de ciclagem desse nutriente. A espécie *Crotalaria anagyroides*, por ter sido severamente atacada por doença fúngica, não completou seu ciclo de desenvolvimento. Os restos culturais da espécie, deixados na superfície do solo, possivelmente não contribuíram significativamente na disponibilização de nitrogênio quando decompostos.

As testemunhas com capina e sem leguminosa e sem capina e sem leguminosa foram semelhantes aos sistemas consorciados com *Cajanus cajan*, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria juncea* e *Stylosanthes* cv. Campo Grande. Rossetto e Dias (2005) destacaram que a cana-planta possui diversas fontes de suprir sua demanda por nitrogênio, como o N da matéria orgânica, mineralizado na ocasião do preparo do solo, o N fornecido pela *Crotalaria spectabilis* e restos da própria cultura na reforma do canavial, o N contido na muda de cana-de-açúcar, que pode fornecer até 12 kg ha⁻¹ do

nutriente, além da contribuição da fixação biológica do N atmosférico. Essas fontes alternativas são a possível razão da ausência de resposta na cana-planta ao *input* de N pelas leguminosas neste experimento.

Na cana-soca, os sistemas consorciados com leguminosas e os tratamentos com ausência de semeadura de leguminosas apresentaram valores semelhantes quanto ao teor foliar de nitrogênio. A ausência de resposta ao *input* de nitrogênio pela mineralização dos resíduos vegetais das leguminosas pode ser explicada pela baixa produção de biomassa seca dessas espécies, com baixo acréscimo do nutriente ao sistema.

Todavia, houve diferença significativa entre os dois ciclos, cana-planta e cana-soca, quanto ao teor foliar de nitrogênio, com maiores teores na soqueira. Essa diferença pode ser atribuída, dentre outros fatores, à mineralização dos resíduos vegetais da palhada da cana colhida crua. Dessa forma, o N orgânico, contido na matéria orgânica, é lentamente liberado no processo de decomposição (AMADO et al., 2000), beneficiando as soqueiras da cana.

Conforme exposto acima, os resíduos vegetais de leguminosas acumulam quantidades de N que variam conforme a espécie. Os resíduos culturais da cana-crua, que são compostos por pedaços de colmo, folhas secas, ponteiros e rizomas, podem fornecer anualmente entre 40-120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, aumentando assim o teor de matéria orgânica e nutrientes do solo (TRIVELIN et al., 1996; WOOD, 1991; OLIVEIRA et al., 2002).

Todavia, a disponibilização do nitrogênio depende da mineralização da palhada. Na literatura, alguns autores mensuraram a taxa de recuperação do nitrogênio pela cultura. Fortes et al. (2011), em experimento avaliando a absorção do nitrogênio dos resíduos culturais e da ureia pela cultura da cana, constataram que 23 e 17% do nitrogênio proveniente da palhada e dos rizomas, respectivamente, foram absorvidos nas três soqueiras seguintes. Vitti et al. (2011), em experimento semelhante ao anteriormente citado, obtiveram recuperação de nitrogênio de, aproximadamente, 13,9 e 6,4% do nitrogênio proveniente da parte aérea e sistema radicular.

Para os dois ciclos, a absorção foliar de nitrogênio pela cana-de-açúcar foi inferior à faixa de suficiência do nutriente, que deve variar entre 1,8 e 2,5% (RAIJ et al., 1996), porém apresentou valores variando entre 1,5 e 1,7%. Esse

comportamento sugere imobilização de nitrogênio na forma orgânica, não suprindo a demanda da cultura, devido à lenta liberação do nutriente durante o ciclo da cana-de-açúcar (AMADO et al., 2000).

3.3. Decomposição dos resíduos vegetais

Os resíduos vegetais mantidos sobre a superfície do solo após a colheita foram avaliados quanto ao decaimento de biomassa, taxa de decomposição e o tempo de meia-vida (Figura 2.5; Tabela 2.5).

Na estação seca, a biomassa seca dos resíduos vegetais decai pouco, com decomposição quase estagnada. Esse período de estiagem é característica climática do Bioma Cerrado, quando a atividade dos microrganismos é baixa, desacelerando o processo de decomposição (CARVALHO, 2005; CARVALHO et al., 2013).

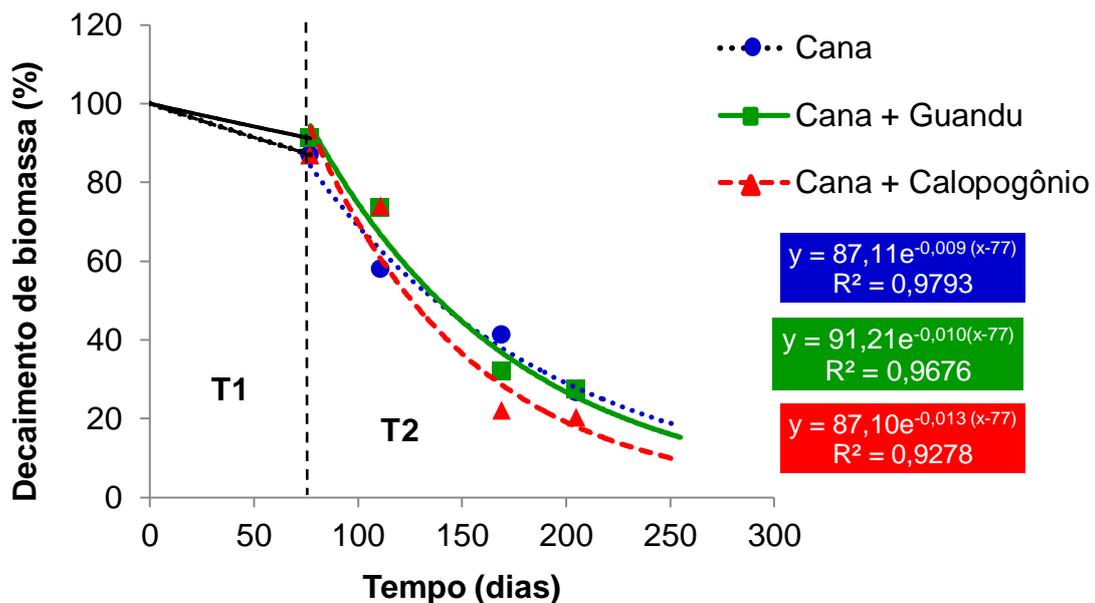


Figura 2.5. Decaimento da biomassa dos resíduos vegetais de cana-de-açúcar, cana-de-açúcar consorciada com guandu-anão e cana-de-açúcar consorciada com calopogônio. T1 – período seco; T2 – período chuvoso.

Tabela 2.5. Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida (t_{1/2}) dos restos culturais em sistemas consorciados de cana-de-açúcar orgânica e leguminosas adubos verdes.

Sistemas de consórcio	Parâmetros de decomposição ¹	
	K	t _{1/2}
	g.g dia ⁻¹	Dias
Sem leguminosa; com capina	0,0090	77,02
<i>Cajanus cajan</i>	0,0100	69,31
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0,0130	53,32

¹Parâmetros da função exponencial de decomposição referentes ao período chuvoso.

A porcentagem de decaimento de biomassa seca dos resíduos de cana-de-açúcar e dos resíduos de cana e leguminosas nos sistemas consorciados apresentaram curvas de regressão exponencial semelhantes entre si a partir do início do período chuvoso. Com o decorrer do tempo, os resíduos remanescentes em sistemas consorciados com *Calopogonium mucunoides* mostra tendência em decompor mais rapidamente, enquanto na testemunha sem leguminosa e com capina e no consórcio com *Cajanus cajan* a decomposição é mais lenta.

Todavia, a comparação estatística das curvas de regressão exponencial não constatou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as curvas de decaimento de biomassa seca. Nas comparações entre o parâmetro “a” das curvas de cana e da mistura cana e guandu anão, os valores não diferiram estatisticamente ($p > 0,27$). O mesmo ocorre na comparação entre o parâmetro “a” das curvas de cana e da mistura cana e calopogônio ($p > 0,55$) e das curvas das misturas cana e guandu e cana e calopogônio ($p > 0,89$).

O parâmetro “k” da curva de regressão exponencial também não difere entre a testemunha com capina e sem leguminosa e os tratamentos com leguminosas consorciadas. Nas comparações entre o parâmetro “k” das curvas de cana e da mistura cana e guandu anão, os valores não diferiram estatisticamente ($p > 0,56$). O mesmo ocorre na comparação entre o parâmetro “k” das curvas de cana e da mistura cana e calopogônio ($p > 0,38$) e das curvas das misturas cana e guandu e cana e calopogônio ($p > 0,59$).

Para o teste estatístico do modelo, nenhuma das curvas difere significativamente, em que o p-valor da comparação entre cana e a mistura de cana e guandu, entre cana e a mistura de cana e calopogônio e entre a

mistura de cana e guandu e a mistura de cana e calopogônio foram, respectivamente, maiores que 0,50, 0,64 e 0,74.

A ausência de diferença significativa entre as curvas de decaimento de biomassa seca pode ser explicada pela quantidade reduzida de pontos da amostragem, com apenas quatro períodos avaliados (GOMEZ; GOMEZ, 1984) e, possivelmente, pelo baixo acúmulo de biomassa seca das leguminosas quando comparado ao acúmulo de biomassa seca de cana-de-açúcar no sistema de consorciação avaliado, em que o *input* de nitrogênio foi proporcionalmente baixo.

A decomposição dos resíduos vegetais da cana-de-açúcar depende de fatores ambientais como temperatura, umidade e aeração e, principalmente da composição química desse material, como a relação entre carbono e nitrogênio e teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis (NG KEE KWONG et al., 1987; SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Como a palhada da cana-de-açúcar apresenta alta relação C/N (em torno de 100:1) e alto teor de carboidratos estruturais, a mineralização líquida dos resíduos vegetais é lenta (FORTES et al., 2012), visto que para relação C/N superior a 20:1 e alto teor de hemicelulose, celulose e lignina ocorre intensa imobilização de N no solo (SMITH; DOUGLAS, 1971; JENKINSON; AYANABA, 1977; SIQUEIRA; FRANCO, 1988; OLIVEIRA et al., 1999).

No presente experimento, a redução da biomassa seca após 128 dias de avaliação no período chuvoso foi de, aproximadamente, 60%. Resultados semelhantes para cana solteira foram obtidos por Vitti et al. (2008), que obtiveram redução de biomassa seca em torno de 63%, no período de um ano agrícola, na testemunha sem adição de fertilizante nitrogenado. Carvalho et al. (2013), em experimento com decomposição de resíduos culturais da cana-de-açúcar em solos de Cerrado, constataram que aproximadamente 40% da biomassa inicial permanecia no solo aos 205 dias de avaliação.

A tendência a decompor mais lentamente dos resíduos vegetais no consórcio entre cana-de-açúcar e guandu anão em relação ao calopogônio pode ser explicada pela qualidade dos resíduos vegetais, ou seja, a presença de teores elevados de composto de carbono dos grupos aromáticos e alquilas (mais recalcitrantes), contribuindo assim para menor taxa de decomposição

de *Cajanus cajan* (CARVALHO et al., 1996; CARVALHO, 2005; BURLE et al., 2006).

O sistema consorciado de cana-de-açúcar com calopogônio apresentou tendência à decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais, possivelmente em virtude da baixa relação C/N da leguminosa, de aproximadamente 13:1 (XAVIER, 2002; MATOS et al., 2008; MATOS et al., 2011). Como restos culturais que apresentam relação C/N inferior a 20:1 disponibilizam mais facilmente o nitrogênio para o solo (TRIVELIN et al., 1995), a mineralização desse material transcorre de forma rápida.

A constante de decomposição dos resíduos vegetais em sistema de consorciação com calopogônio demonstrou que a perda de biomassa seca nesse tratamento foi ligeiramente superior à testemunha sem leguminosa e com capina e ao sistema de consórcio com semeadura de guandu-anão. Consequentemente, o tempo de meia-vida dos resíduos vegetais nesse sistema de consorciação foi ligeiramente menor (aproximadamente 53 dias para decompor 50% dos resíduos depositados na superfície do solo).

Os valores obtidos no presente experimento para o tempo de meia-vida dos resíduos da testemunha sem leguminosa e com capina foram inferiores aos apresentados por Xavier et al. (2003). Os autores obtiveram tempo de meia-vida de 256 dias para resíduos de cana-de-açúcar sem leguminosa e sem adição de fertilizante nitrogenado, avaliando a dinâmica de decomposição por 160 dias após a instalação de *litterbags*. Carvalho et al. (2013) obtiveram tempo de meia-vida para os resíduos de cana-de-açúcar próximo ao do presente trabalho (118 dias). Essa diferença no tempo de meia-vida e, conseqüentemente, na decomposição dos resíduos vegetais entre os trabalhos citados, pode ser atribuída à aplicação de adubos nitrogenados no experimento conduzido por Carvalho et al. (2013).

Xavier et al. (2003), avaliando a constante de decomposição e tempo de meia-vida da palhada de cana-de-açúcar sob influência do consórcio com as leguminosas *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea*, constataram que o tempo de meia-vida dos resíduos foi reduzido em até 158 dias em comparação com a testemunha sem leguminosas e sem adição de fertilizante nitrogenado, dados contrastantes com os deste trabalho quanto à aceleração da decomposição na presença de leguminosas consorciadas. Apesar do

tempo de meia-vida dos resíduos vegetais nos tratamentos consorciados ser inferior ao tempo de meia-vida dos resíduos de cana-de-açúcar solteira, não diferem significativamente entre si.

A tendência na aceleração da decomposição da cobertura vegetal promovida pela semeadura de leguminosas nas entrelinhas da cana-de-açúcar, em especial, a espécie *Calopogonium mucunoides*, é benéfica do ponto de vista da aceleração da ciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos, disponibilizando-os para os cortes subsequentes. Essa rápida disponibilização dos resíduos é vantajosa nos sistemas orgânicos de produção, em virtude da proibição do uso de fertilizantes químicos, altamente solúveis e com nutrientes prontamente disponíveis. Xavier et al. (2003), avaliando o sistema de consorciação de cana-de-açúcar e leguminosas, constataram o favorecimento do consórcio com leguminosas na rápida liberação de nutrientes como Ca, N e P.

Além da alteração na disponibilização dos nutrientes, o balanço na dinâmica da palhada depositada no solo com a introdução de leguminosas intercalares permite melhor brotação e perfilhamento, com menor interferência da biomassa seca dos resíduos vegetais da cana no desenvolvimento das soqueiras. Campos et al. (2010), em experimento testando diferentes sistemas de manejo da palhada, constataram que a manutenção dos resíduos da colheita na área total prejudicou o desenvolvimento das soqueiras, com redução na produtividade e biomassa de perfilhos.

4. CONCLUSÕES

1. Em virtude da baixa produção de biomassa seca e, conseqüentemente, acúmulo de nitrogênio pelas leguminosas, não houve efeito nos teores foliares de nitrogênio na cana-de-açúcar no sistema de consorciação avaliado;

2. A introdução de leguminosas nas entrelinhas da cana-de-açúcar orgânica não interferiu no processo de decomposição dos resíduos vegetais de cana-de-açúcar no sistema de consorciação avaliado.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, A. B., NASCIMENTO, C.W.A.; SOBRAL, M.F.; SILVA, F.B.V.; GOMES, W.A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidade num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 837-845, 1999.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de suprimento de nitrogênio ao milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.179-189, 2000.

BARBOSA, L.A. **Impactos de sistema de cultivo orgânico e convencional da cana-de-açúcar nos atributos do solo**. 2010. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BURLE, M.L., CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Ed). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CAMPOS, L.H.F.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; FORTES, C.; SILVA, J.S. Sistemas de manejo da palhada influenciam acúmulo de biomassa e produtividade da cana-de-açúcar (var. RB855453). **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 2, p. 345-350, 2010.

CANTARRUTI, R.B.; BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 431-446.

CARVALHO, A. M.; CORREIA, J. R.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, L. R. S.; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R.F. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob cerrado. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa-CPAC, 1996. p. 384-388.

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

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo:** composição química e decomposição dos resíduos vegetais, disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

CARVALHO, A.M.; COELHO, M.C.; SÁ, M.A.C.; SANTOS JR., J.D.G.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A. Decomposição de resíduos vegetais de cana-de-açúcar no Cerrado. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC: SBCS, 2013.

CAVALCANTE, V.S.; SANTOS, V.R.; SANTOS NETO, A.L.; SANTOS, M.A.L.; SANTOS, C.G.; COSTA, L.C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p. 521-528, 2012.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar - Safra 2013/2014 – Quarto Levantamento – Abril/2014.** Brasília: CONAB, 2014. 19p.

COPERSUCAR. **Boletim Técnico da sétima geração de variedades de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Copersucar, 1999. 16p. (Edição Especial).

DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugarcane.** Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; FERREIRA, D.A.; FRANCO, H.C.J.; OTTO, R. Recovery of nitrogen (15N) by sugarcane from previous crop residues and urea fertilization under a minimum tillage system. **Sugar Technology**, v. 13, p. 42-46, 2011.

FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo State Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 42, p. 189-198, 2012.

GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. **Statistical procedures for agricultural research.** 2 ed. New York: John Willey, 1984. 680p.

GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L.; ASSIS, R.L. **Desempenho de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo: avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva de solo.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 39p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

JENKINSON, D.S.; AYANABA, A. Decomposition of carbon-14 labeled plant material under tropical conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v.41, p.912-915, 1977.

LI, X.; MU, Y.; CHENG, Y.; LIU, X.; NIAN, H. Effects of intercropping sugarcane and soybean on growth, rhizosphere soil microbes, nitrogen and

phosphorus availability. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 1113-1119, 2013.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.C.; COELHO, M.S.; MATEUS, R.F.; CARDOSO, I.M. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: Characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 2027-2035, 2008.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; CARDOSO, I.M.; LIMA, P.C.; FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 141-149, 2011.

MIRANDA, E. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R.. **Amendoim forrageiro**: importância, usos e manejo. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 92 p. (Documentos, 259).

NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J. Residual fertilizer nitrogen as influenced by timing and nitrogen forms in a silty clay soil under sugarcane. **Fertilizer Research**, v.14, p.219-226, 1987.

OLIVEIRA, A.L.M.; URQUIAGA, S.; DÖBEREINER, J.; BALDANI, J.I. The effect of inoculating endophytic N₂-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. **Plant and Soil**, v.242, p.205-215, 2002.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C. P.; PICCOLLO, M. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 2359-2362, 1999.

ORLANDO FILHO, J. Sistema de aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar. **Revista Álcool & Açúcar**. v.1, n.1, p.28-36, 1981.

PAULINO, G.M.; ALVES, B.J.R.; BARROSO, D.G. URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J.A.A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p. 1598-1607, 2009.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing, reference index version 3.0.1**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. 3604p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugar cane. **Biology and Fertility of Soils**, v.37, p. 215-220, 2003.

REZENDE, C.P.; CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; TARRE, R.; MACEDO, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K.E.; BODDEY, R.M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.54, p.99-112, 1999.

RODRIGUES, I.C.; BATALHA, M.O.; NEVES, M.R. A adoção de eco-estratégia no setor sucroalcooleiro: a produção de açúcar orgânico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., 2000, São Paulo. **Anais...**, p.205.

ROSSETTO, R; DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. Encarte do Informações Agrônomicas, n.110, junho de 2005.

SANTOS, P.F.; WHITFORD, W.G. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuazhuan ecosystem. **Ecology**, v. 62, p. 654-663, 1981.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's Guide. Versão 9.2. Cary: SAS Institute, 2009. 7869p.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. de A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomico, 2010. p. 47-56.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235p.

SILVA, V.L. **Estudo econômico das diferentes formas de transporte de vinhaça em fertirrigação na cana-de-açúcar**. 2009. 46f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2009.

SIMEHGO. **Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás**. Secretaria de Ciência e Tecnologia de Goiás (SECTEC-GO). Disponível em: <<http://www.simehgo.sectec.go.gov.br>>. Acesso em: 02 mar. 2014.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Lavras: ESAL/FAEP, 1988. p.235.

SMITH, J.H.; DOUGLAS, C.L. Wheat straw decomposition in the field. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.35, p.269-272, 1971.

SPADOTTO, C.A. **Gestão de Resíduos**: realizações e desafios no setor sucroalcooleiro. 2007. EMBRAPA Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/360.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2014.

STOREL JÚNIOR, A.O. **A potencialidade do mercado de açúcar orgânico para a agroindústria canavieira no Estado de São Paulo**. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento econômico, espaço e meio ambiente) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

TEODORO, R.B.; OLIVEIRA, F.L.; SILVA, D.M.N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M.A.L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.635-643, 2011.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, p. 1351-1361, 1993.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.12, p.1375-1385, 1995.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.C.S.; VICTORIA, R.L. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n.2, p. 89-99, 1996.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A. Fisiologia do sistema radicular. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Eds.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2010. p.79-98.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M.O.; TOVAJAR, J.G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.2757-2762, 2008.

VITTI, A.C.; FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FERREIRA, D.A.; OTTO, R.; FORTES, C.; FARONI, C.E. Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 287-293, 2011.

WOOD, A.W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north Queensland. **Soil and Tillage Research**, v. 20, p. 69-85, 1991.

XAVIER, R. P. **Adubação verde em cana-de-açúcar: influência na nutrição nitrogenada e na decomposição dos resíduos da colheita**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2002.

XAVIER, R.P.; COELHO, C.H.M.; QUESADA, D.M.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Influência dos adubos verdes na decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar. **Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 13-18, 2003.

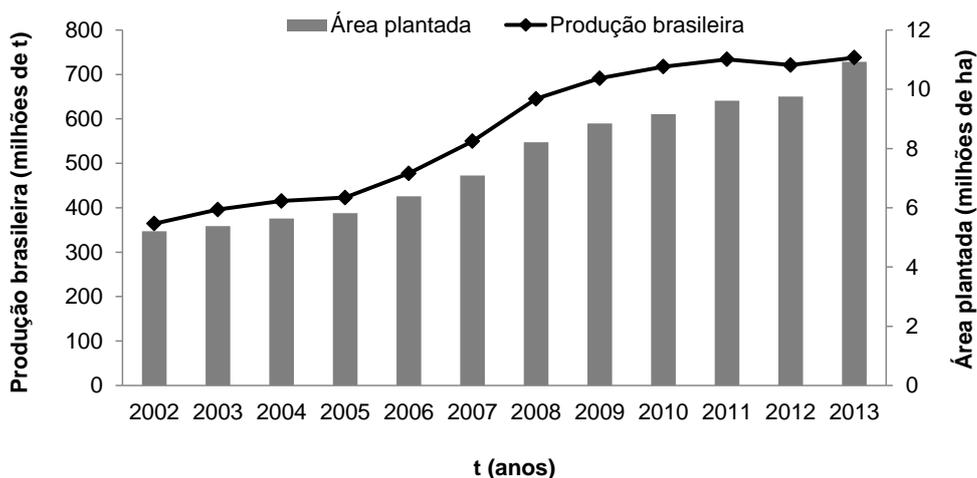
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A época de semeadura das leguminosas nas entrelinhas da cana-de-açúcar neste experimento foi definida para o início das águas, em função da operação de quebra-meio ou quebra-lombo, realizada entre 60 e 90 dias após o plantio da cana, em que o terreno é uniformizado para o trabalho da máquina colhedora, movendo o solo das entrelinhas da cultura para as linhas de plantio (CARVALHO; MORETTI, 2010). Além disso, a cana-de-açúcar foi plantada no final das chuvas, impedindo a semeadura das leguminosas em período de disponibilidade hídrica.

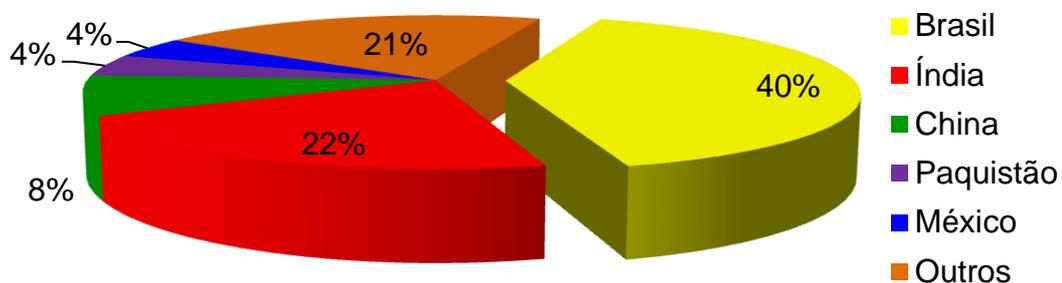
Existem diversos períodos para a introdução das espécies leguminosas nas entrelinhas da cana-de-açúcar, como a descrita neste trabalho. Outras possibilidades podem ser testadas objetivando maior produção de biomassa seca das leguminosas adubos verdes. Uma dessas possibilidades seria a semeadura das leguminosas na entrelinha da cana de ano, logo após a operação de quebra-lombo, aproveitando parte do período chuvoso para germinação e estabelecimento dessas espécies.

ANEXOS

Anexo A. Evolução da produção e da área plantada no Brasil no período compreendido entre os anos 2002- 2013.....	97
Anexo B. Maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo.....	97
Anexo C. Área experimental delimitada em talhão de produção orgânica, na ocasião da semeadura das leguminosas.....	98
Anexo D. Semeadura das leguminosas na entrelinha da cana-de-açúcar orgânica.....	98
Anexo E. <i>Cajanus cajan</i> na entrelinha de cana-de-açúcar spb sistema orgânico aos 29 dias após a semeadura.....	99
Anexo F. <i>Crotalaria juncea</i> na entrelinha de cana-de-açúcar spb sistema orgânico aos 29 dias após a semeadura.....	99



Anexo A. Evolução da produção e da área plantada no Brasil no período compreendido entre os anos 2002-2013.



Anexo B. Maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo. Fonte: Food and Agriculture Organization (FAO), 2009. FAOSTAT - ProdSTAT- - Brazil, sugar cane. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>



Anexo C. Área experimental delimitada em talhão de produção orgânica, na ocasião da semeadura das leguminosas. Novembro/2012.



Anexo D. Semeadura das leguminosas na entrelinha da cana-de-açúcar orgânica. Novembro/2012.



Anexo E. *Cajanus cajan* na entrelinha de cana-de-açúcar spb sistema orgânico aos 29 dias após a semeadura. Dezembro/2012.



Anexo F. *Crotalaria juncea* na entrelinha de cana-de-açúcar spb sistema orgânico aos 29 dias após a semeadura. Dezembro/2012.