

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CONSÓRCIO MILHO/BRAQUIÁRIAS
E EFEITO SOBRE O FEIJÃO DE INVERNO EM SUCESSÃO NO CERRADO

NÍDIA RAQUEL COSTA
Engenheira Agrônoma

Ilha Solteira – SP
Novembro/2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CONSÓRCIO MILHO/BRAQUIÁRIAS
E EFEITO SOBRE O FEIJÃO DE INVERNO EM SUCESSÃO NO CERRADO

NÍDIA RAQUEL COSTA
Orientada

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI
Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP
Novembro/2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

C837a Costa, Nídia Raquel.
Adubação nitrogenada no consórcio milho/braquiárias e efeito sobre o feijão de inverno em sucessão no Cerrado / Nídia Raquel Costa. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2010.
96 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2010

Orientador: Marcelo Andreotti
Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Capim-braquiária. 3. Feijão comum. 4. Integração lavoura-pecuária. 5. Plantio direto.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Adubação nitrogenada no consórcio milho/braquiárias e efeito sobre o feijão de inverno em sucessão no cerrado.

AUTORA: NÍDIA RAQUEL COSTA

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ELCIO HIROYOSHI YANO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Data da realização: 19 de novembro de 2010.

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais Antonio e Mariza que sempre me garantiram total apoio, incentivo, compreensão e carinho, proporcionando todas as condições necessárias para que eu pudesse alcançar meus objetivos em todos os momentos de minha vida. A vocês, ofereço sempre minha eterna gratidão, meu sincero amor, respeito e, principalmente minha total admiração pelo exemplo de vida.

À minha irmã Nara por sua presença importantíssima em minha vida, tornando os dias mais agradáveis, pela amizade, pelos conselhos, pelas vivências inesquecíveis, e por todo o carinho.

À minha avó Maria, pelo amor e todo o cuidado que tem oferecido a mim durante todos estes anos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela graça e benção concedidos, por estar presente em todos os momentos da minha vida e iluminar meus caminhos;

Ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti, pelo profissionalismo, competência, orientação, amizade e empenho na realização deste trabalho. Seus exemplos serão referências para todo meu futuro, onde certamente todos os ensinamentos serão sempre lembrados;

À Faculdade de Engenharia (FE/Unesp) – Campus de Ilha Solteira, meus sinceros agradecimentos pelas condições oferecidas e possibilidade de engrandecimento profissional;

Aos Departamentos de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia e Biologia e Zootecnia pelo apoio.

À Sementes Matsuda pelo fornecimento das sementes dos capins e à Monsanto do Brasil pelo fornecimento das sementes de milho utilizadas no presente trabalho;

Aos Professores Salatiér Buzetti, Morel de Passos e Carvalho, Maria Aparecida Anselmo Tarsitano, Marco Eustáquio de Sá, Elcio Hiroyoshi Yano, Enes Furlani Júnior, Edson Lazarini, João Antonio da Costa Andrade, Orivaldo Arf, Marlene Cristina Alves, Walter Veriano Valério Filho e Fernando Tadeu de Carvalho pela amizade e conhecimentos transmitidos;

Ao Professor Dr. Rogerio Perez Soratto da FCA/Unesp – Campus de Botucatu, por aceitar o convite para participar da comissão examinadora desta defesa de Mestrado;

A todos os funcionários da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, sendo em especial: Carlinhos e João (técnicos do laboratório de fertilidade do solo), Sidival (técnico do laboratório de bromatologia), Valdivino (técnico do laboratório de física do solo) e Marcelo (técnico do laboratório de nutrição de plantas) pela amizade e auxílio na realização de análises em seus respectivos laboratórios;

À Fazenda de Ensino e Pesquisa da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, assim como a todos os seus funcionários, pelo auxílio na concessão da área experimental e de condições para a realização do trabalho;

Ao Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, em especial, o diretor João Josué Barbosa e Cristina, pelo auxílio na normatização e elaboração da ficha catalográfica dessa dissertação;

À Rafael Montanari por todo o carinho e incentivo, estando sempre ao meu lado durante a condução deste trabalho;

Às colegas Cleisy Ferreira do Nascimento, Fernanda Garcia do Santos, Francielli Aparecida Cavasano, Lívia Maria Fermino de Souza, Roberta de Aquino Gameiro e ao colega Nelson de Araújo Ulian, pela amizade, competência e inestimável ajuda nos experimentos do grupo de estágio sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Andreotti;

Aos colegas de Mestrado e Doutorado, Ana Eliza da Silva Lima, Cassia Maria de Paula Garcia, Cleiton Gredson Sabin Benett, Cristiano Magalhães Pariz, Janaína Fabris Marinho, Katiane Santiago Silva, Máila Terra Gioia, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Ronaldo Cintra Lima e Stéfán Sasset Monteiro pela convivência e amizade, além do clima profissional propiciado ao longo do curso;

Aos professores de graduação Ronan Gualberto, Alexandre de Moura Guimarães, Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, Luciano Soares de Souza, Márcio Christian Serpa Domingues e demais professores, os quais tiveram participação essencial em minha formação acadêmica;

A todos meus amigos de graduação Alessandra, Ana Cláudia, Elaine, Gabi, Gabisinha, Jean, Darwin e Lívia, que durante esses anos estiveram sempre comigo e foram de extrema importância em tornar os dias mais agradáveis. Saudades;

Aos amigos da cidade de Pereira Barreto-SP, que sempre me incentivaram para minha formação e nunca deixaram de manter contato durante o período em que estive ausente de minha cidade natal;

Enfim, a todos àqueles que mantiveram ótimos relacionamentos de amizade, bem como, aos que deram sua importante contribuição para minha formação acadêmica.

RESUMO

Como alternativa para aumento da produtividade dos sistemas de produção, surgiu o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. Desta maneira, objetivou-se avaliar em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico: 1) os teores nutricionais e leituras ICF em folhas de milho, assim como os componentes da produção e produtividade de grãos da cultura em consórcio com duas espécies de braquiárias (*B. brizantha* cv. MG-5 e *B. ruziziensis*) submetidos a doses de N em cobertura; 2) avaliar a produtividade de fitomassa das espécies forrageiras após a colheita do milho, também submetidas à doses de N, assim como os teores nutricionais, composição bromatológica e a taxa de decomposição da palhada das braquiárias; 3) avaliar os teores nutricionais e leituras ICF em folhas de feijoeiro de inverno cultivado em sucessão, assim como os componentes da produção e produtividade de grãos; e 4) avaliar o desempenho econômico do sistema de ILP, considerando o milho consorciado, a pastagem e o feijão em sucessão. Para tanto, foram conduzidos três experimentos sequenciais, durante o ano agrícola de 2008/2009 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia - Unesp, Campus de Ilha Solteira, em condições irrigadas no Cerrado, com histórico de oito anos sob SPD. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 5. Constatou-se que a *B. ruziziensis* proporcionou maior competição com o milho em consórcio quando comparada à *B. brizantha*, causando redução dos teores de N e S foliares e no comprimento da espiga e massa de 100 grãos do milho. Porém, esta competição não interferiu na produtividade de grãos da cultura do milho o que também ocorreu com relação às doses de N aplicadas em cobertura. A *B. brizantha* produziu maior quantidade de massa seca comparada à *B. ruziziensis*, o que ocorreu também de modo linear com o aumento das doses de N em cobertura para ambas as espécies. Por outro lado, a *B. ruziziensis* apresentou melhor composição bromatológica e nutricional, sendo a mais indicada para a nutrição animal ou o fornecimento de nutrientes às culturas em sucessão. Com relação à decomposição da palhada das espécies forrageiras, independentemente das doses de N em cobertura fornecidas às braquiárias, estas apresentaram tempo de decomposição semelhante, garantindo um remanescente de palha satisfatório de 40 a 70% para o sistema plantio direto aos 120 dias após manejo de corte. A produtividade média do feijoeiro de inverno, cultivado sobre ambas as espécies de braquiárias foi satisfatória (4.110 kg ha⁻¹) e bem acima da média nacional (1.079 kg ha⁻¹), sendo que, de maneira geral, as espécies forrageiras melhoraram a fertilidade

do solo, com incremento dos teores de Ca e Mg. O sistema de cultivo avaliado apresentou índices de lucratividade positivos para todos os tratamentos, sendo indicada a adubação com $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N parcelados em duas épocas de aplicação em cobertura, ou seja, metade da dose aplicada no consórcio e a outra metade aplicada nas braquiárias após a colheita do milho, sendo feito o cultivo do feijoeiro de inverno em sucessão.

Palavras-chave: *Zea mays*. *Brachiaria brizantha*. *Brachiaria ruziziensis*. *Phaseolus vulgaris*.
Integração Lavoura-Pecuária. Sistema Plantio Direto.

ABSTRACT

As an alternative to increasing the productivity of production systems, the use of Crop-Livestock Integration (CLI) is increasing. Thus, it was evaluated in an Oxisol: 1) the nutritional content and readings of ICF in corn leaves, and yield components and grain yield of the crop in a consortium with two species of *Brachiaria* (*B. brizantha* . MG-5 and *B. ruziziensis*) submitted to sidedress N rates, 2) to evaluate the productivity of forage biomass after harvest of corn, also submitted to N, as well as the nutritional content, chemical composition and the rate decomposition of the straw of *Brachiaria*, 3) to assess the nutritional content and readings of ICF of common bean leaves of winter crop in rotation, as well as yield components and grain yield, and 4) to evaluate the economic performance of the CLI system, considering intercropped corn/grassland and common bean in succession. For this, three experiments were conducted in sequence, during the 2008/2009 agricultural year at the Experimental Station of Engineering Faculty - UNESP, Ilha Solteira Campus, in irrigated conditions in the Cerrado, with a history of eight years under no till. The experimental design was a randomized complete block with four replications in a 2 x 5 scheme. It was found that *B. ruziziensis* provided greater competition with corn intercropping compared to *B. brizantha*, causing reduction in N and S leaf, ear length and weight of 100 grains of corn. However, this competition did not affect the grain yield of corn, which also occurred with respect to N rates applied in bands. *B. brizantha* produced a greater amount of dry mass compared to *B. ruziziensis*, which also occurred in order linear with increasing doses of N topdressing for both species. Moreover, *B. ruziziensis* showed better chemical composition and nutritional status, being more suitable for animal nutrition or nutrient supply to crops in succession. With respect to the decomposition of the straw of grass species, regardless of N rates on coverage provided to *Brachiaria*, they showed similar decomposition time, ensuring a satisfactory balance of straw from 40 to 70% for tillage to 120 days after cut management. The yield of winter common bean crop sowed on both species of *Brachiaria* was satisfactory (4,110 kg ha⁻¹) and well above the national average (1,079 kg ha⁻¹), and, in general, improved forage species soil fertility, an increase in Ca and Mg. The cropping systems evaluated showed positive levels of profitability for all treatments and was recommended to fertilization with 100 kg ha⁻¹ yr⁻¹ N split in two application periods in coverage, half the dose applied to the

consortium and the other half applied in *Brachiaria* after the corn harvest, which made the cultivation of winter common bean in succession.

Key words: *Zea mays*. *Brachiaria brizantha*. *Brachiaria ruziziensis*. *Phaseolus vulgaris*.
Crop livestock system. No-tillage system.

LISTA DE FIGURAS

1. Dados climáticos obtidos junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP, no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul. Período de Novembro/2008 a Setembro/2009..... 30
2. Produtividade de massa seca das espécies de braquiárias remanescente no solo até 120 DAM em função da adubação nitrogenada. Selvíria. Mato Grosso do Sul, 2009..... 61
3. Percentual de palha das espécies de braquiárias remanescente no solo até 120 DAM, em função da adubação nitrogenada. Selvíria. Mato Grosso do Sul, 2009..... 63
4. Custo operacional total (COT), receita bruta (RB) e lucro operacional (LO) para a produção do consórcio milho/braquiárias e feijão em sucessão, obtidos em todos os tratamentos. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009..... 77
5. Índice de lucratividade para a produção do consórcio milho/braquiárias e feijão em sucessão, obtidos em todos os tratamentos. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009..... 79

LISTA DE TABELAS

1. Teores nutricionais e leituras ICF em plantas de milho em função do consórcio com espécies de braquiárias e adubação nitrogenada em cobertura. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	43
2. Estande final de plantas (EFP), número de espigas (NE), altura de plantas (ALTP), altura de inserção da espiga principal (AIE) e diâmetro basal do colmo (DBC) das plantas de milho em função do consórcio com espécies de braquiárias e adubação nitrogenada em cobertura. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	46
3. Comprimento de espigas (CE), número de fileiras (NF), de grãos por fileira (NGF), de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (M100), produtividade de grãos (PG) de milho e produtividade de massa seca da parte aérea (PMS) das espécies de braquiárias em função do consórcio e adubação nitrogenada em cobertura. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	48
4. Produtividades de massa verde (PMV) e massa seca (PMS) em espécies de braquiárias, implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	50
5. Teores percentuais dos componentes bromatológicos em espécies de braquiárias implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	53
6. Teores nutricionais e relação lignina/N total na parte aérea de espécies de braquiárias implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	55
7. Extração de macronutrientes pela parte aérea de espécies de braquiárias implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	57
8. Teores nutricionais, leituras ICF e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) em feijoeiro de inverno cv. Pérola cultivado sobre palhada de espécies de braquiárias adubadas com doses de N. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	63
9. População de plantas (POP), número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) do feijoeiro de inverno cv. Pérola cultivado sobre palhada de espécies de braquiárias, adubadas com doses de N. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	70
10. Médias dos atributos da fertilidade do solo na camada de 0-0,20 m na área cultivada com feijoeiro de inverno cv. Pérola sobre palhada de espécies de braquiárias adubadas com doses de N. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.....	72

11. Estimativa do custo operacional total da produção de milho e feijão para o tratamento (M/Bb-F 1) em um hectare em ILP sob SPD. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009..... 75
12. Produtividade, preços pagos ao produtor na região e indicadores de lucratividade para todos os tratamentos obtidos com a ILP sob SPD. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009..... 76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Cultivo consorciado do milho com braquiárias no sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP).....	19
2.2	Estabelecimento de pastagens consorciadas com o milho em sistema de ILP submetidos à adubação nitrogenada.....	21
2.3	Formação de palhada para o SPD e decomposição dos resíduos vegetais.....	22
2.4	Produtividade do feijoeiro de inverno sobre palhada de braquiárias em SPD.....	24
2.5	Desempenho econômico de sistemas de ILP.....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Localização da área experimental e caracterização do local.....	29
3.2	Experimento I – Adubação nitrogenada no consórcio milho/braquiárias em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado.....	30
3.2.1	<i>Tratamentos e delineamento experimental.....</i>	30
3.2.2	<i>Instalação e condução do experimento.....</i>	31
3.2.3	<i>Obtenção dos resultados.....</i>	32
<i>a)</i>	<i>Determinação das leituras ICF com clorofilômetro.....</i>	32
<i>b)</i>	<i>Determinação dos teores nutricionais em folhas de milho.....</i>	32
<i>c)</i>	<i>Determinação das características morfológicas, componentes da produção e produtividade de grãos da cultura do milho.....</i>	33
<i>d)</i>	<i>Determinação da produtividade de massa seca da parte aérea das espécies de braquiárias.....</i>	33
3.2.4	<i>Análise estatística.....</i>	34
3.3	Experimento II – Adubação nitrogenada em espécies do gênero <i>Brachiaria</i> implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho..	34
3.3.1	<i>Tratamentos e delineamento experimental.....</i>	34
3.3.2	<i>Condução do experimento.....</i>	35
3.3.3	<i>Obtenção dos resultados.....</i>	35

a)	<i>Determinação da produtividade e porcentagem de massa seca das espécies de braquiárias.....</i>	35
b)	<i>Determinação da composição bromatológica das espécies de braquiárias.....</i>	36
c)	<i>Determinação dos teores nutricionais da parte aérea das espécies de braquiárias.....</i>	36
d)	<i>Avaliação da taxa de decomposição da palhada das espécies de braquiárias...</i>	37
3.3.4	<i>Análise estatística.....</i>	37
3.4	Experimento III – Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada de braquiárias submetidas à adubação nitrogenada.....	38
3.4.1	<i>Tratamentos e delineamento experimental.....</i>	38
3.4.2	<i>Instalação e condução do experimento.....</i>	38
3.4.3	<i>Obtenção dos resultados.....</i>	39
a)	<i>Determinação das leituras ICF com clorofilômetro.....</i>	39
b)	<i>Determinação dos teores nutricionais em folhas de feijoeiro.....</i>	39
c)	<i>Determinação das características morfológicas, componentes da produção e produtividade de grãos do feijoeiro.....</i>	39
d)	<i>Caracterização final do solo.....</i>	40
3.4.4	<i>Análise estatística.....</i>	40
3.5	Desempenho econômico do sistema de ILP no ano agrícola 2008/2009, sob condições irrigadas no Cerrado.....	41
3.5.1	<i>Custos de produção e avaliação econômica.....</i>	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1	Experimento I – Adubação nitrogenada no consórcio milho/braquiárias em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado.....	43
4.2	Experimento II – Adubação nitrogenada em espécies do gênero <i>Brachiaria</i> implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho..	49
4.3	Experimento III - Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada de braquiárias submetidas à adubação nitrogenada.....	66
4.4	Desempenho econômico do sistema de ILP na safra 2008/2009, sob condições irrigadas no Cerrado, envolvendo os experimentos I, II e III.....	74
5	CONCLUSÕES.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

Em regiões de inverno seco e quente, a irregularidade e a baixa precipitação pluvial prejudicam o bom desenvolvimento dos sistemas de cultivo. Portanto, dificultam também o estabelecimento do sistema plantio direto (SPD), pois proporcionam baixa produtividade de fitomassa e em virtude do clima quente favorecem a rápida decomposição dos resíduos vegetais. Desta maneira, a utilização e a ocupação agrícola dessas regiões, têm como necessidades básicas a utilização de práticas fundamentadas essencialmente em bases conservacionistas.

Assim, o uso de plantas de cobertura é uma excelente alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial pela decomposição dos seus resíduos.

No Cerrado, as áreas utilizadas para produção de grãos permanecem em pousio por aproximadamente oito meses do ano, quando se adota apenas uma safra por ano agrícola, em virtude das condições climáticas no início do outono, principalmente relacionado à deficiência hídrica. Como alternativa para solucionar esse problema, muitos agricultores estão optando pela adoção do sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), onde é feito o cultivo consorciado principalmente de espécies do gênero *Brachiaria* com culturas produtoras de grãos, destacando-se o milho. Este sistema garante a produção de forragem no inverno e a formação de cobertura morta para a próxima estação chuvosa, melhorando de maneira geral o sistema de cultivo e garantindo utilização mais eficiente da área agrícola. Desta forma, a introdução da braquiária nos sistemas de produção de grãos é uma das alternativas mais utilizadas atualmente como forma de intensificar a exploração, principalmente, das áreas destinadas à agropecuária no Brasil.

Neste contexto, o cultivo de forrageiras em regiões de inverno seco seria importante também para o estabelecimento do SPD no verão. Desta maneira, os trabalhos com Integração Lavoura-Pecuária na região de Cerrado, visando à produção de forragem de qualidade, anterior à semeadura de culturas anuais como o feijão, e principalmente o uso dos resíduos destas atuando na proteção dos solos, são essenciais, pois o clima pode prejudicar o desenvolvimento das culturas e favorecer a rápida decomposição da palhada. Em virtude deste fato, a velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Assim, quanto mais rápida for a sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Por outro lado, quanto mais altos forem os conteúdos de lignina (LIG) e a relação C/N nos resíduos, tanto mais lenta será a sua decomposição.

Deste modo, o estudo da adubação nitrogenada nestes sistemas de produção é de grande importância, podendo aumentar a produção forrageira e o desempenho animal, visto que as braquiárias destacam-se pela boa composição bromatológica, rápida cobertura do solo, adequada produção de fitomassa e excelente reciclagem de nutrientes, favorecendo assim o desenvolvimento de culturas em sucessão e garantindo palhada de alta qualidade.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar em um Latossolo Vermelho Distroférico: 1) os teores nutricionais e leituras ICF em folhas de milho, assim como os componentes da produção e produtividade de grãos da cultura em consórcio com duas espécies de braquiárias (*B. brizantha* cv. MG-5 e *B. ruziziensis*) submetidos a doses de N em cobertura; 2) avaliar a produtividade de fitomassa das espécies forrageiras após a colheita do milho, também submetidas à doses de N, assim como os teores nutricionais, composição bromatológica e a taxa de decomposição da palhada das braquiárias; 3) avaliar os teores nutricionais e leituras ICF em folhas de feijoeiro de inverno cultivado em sucessão, assim como os componentes da produção e produtividade de grãos; e 4) avaliar o desempenho econômico do sistema de ILP, considerando o milho consorciado, a pastagem e o feijão em sucessão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo consorciado do milho com braquiárias no sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP)

No passado, a integração de culturas produtoras de grãos com a atividade pecuária limitava-se a restritas opções. Contudo, atualmente, existem mais opções tecnológicas que se aplicam às mais diversas situações sócio-econômicas dos produtores, onde a integração pode ser feita pelo consórcio, sucessão ou ainda rotação de culturas anuais com espécies forrageiras. Deste modo, os objetivos da integração na atividade pecuária vão desde a recuperação de pastagens degradadas, a manutenção de altas produtividades das pastagens e, principalmente, a produção forrageira na entressafra, enquanto na exploração lavoureira, objetiva-se a quebra do ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas, redução via supressão física ou alelopática de doenças das plantas cultivadas com origem no solo, melhoria na conservação de água, redução na variação da temperatura no solo e a possibilidade de agregar valor ao sistema (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003).

Assim, a integração é a forma mais rentável de recuperação das pastagens degradadas, pois esta tem sido um dos maiores problemas enfrentados ao longo dos anos pela atividade agropecuária. De acordo com Cezar (2007), existe uma estimativa onde, aproximadamente dos 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil, 80% apresentam algum grau de degradação e 60% já estão degradadas com perda do vigor, e, portanto, redução da capacidade de produção em quantidade e qualidade de forragem. Normalmente, essa degradação ocorre em áreas de solos de baixa fertilidade e é mais visível no Cerrado brasileiro onde existe a maior área de pastagem cultivada.

Desta maneira, a utilização da consorciação/sucessão de culturas é um dos meios para se elevar a produtividade de sistemas de produção, devido aos efeitos benéficos que tal prática

proporciona sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ALTIERI, 1987). Tem ainda, a vantagem de baratear o custo da renovação das pastagens e ofertar alimento para o gado num período de entressafra da forrageira.

Neste contexto, em áreas de lavoura com solos devidamente corrigidos, foi preconizado o sistema consorciado de culturas de grãos com forrageiras na Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Esse sistema apresenta grandes vantagens, pois não altera o cronograma de atividades do produtor, é de baixo custo e não exige equipamentos especiais para sua implantação. O consórcio é estabelecido anualmente, podendo ser implantado simultaneamente a semeadura da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência desta (KLUTHCOUSKI et al., 2000), sendo o consórcio de culturas produtoras de grãos e forrageiras tropicais somente possível graças ao diferencial de tempo e espaço existente, no acúmulo de biomassa entre as espécies (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003).

No cerrado, o cultivo de culturas graníferas no outono (safrinha) pode ser inviabilizado principalmente por déficits hídricos. Assim, o consórcio de milho com forrageiras perenes, principalmente às do gênero *Brachiaria* no verão, é uma opção para produção de forragem do outono à primavera (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003), em que o corte dessa para fornecimento como volumoso aos animais, é uma alternativa ao invés de armazená-las na forma de silagem. No entanto, de acordo com Pariz et al. (2009), apesar das vantagens que esse sistema pode proporcionar em relação a sistemas não-integrados de produção, seu sucesso depende do adequado conhecimento sobre o sistema como um todo. Nesse contexto, conforme Balbinot Júnior et al. (2009), sistemas de ILP pressupõem a prática de cinco fundamentos básicos: 1) Correção da acidez e fertilidade do solo; 2) Uso do Sistema Plantio Direto (SPD); 3) Rotação de culturas; 4) Uso de genótipos de animais e vegetais melhorados que apresentem produtividade elevada com parâmetros qualitativos e de rusticidade desejados; e 5) Manejo correto da pastagem, principalmente em termos de adubação e altura de pastejo.

Deste modo, o uso de áreas agrícolas durante todo o ano está sendo viabilizado pela Integração Lavoura-Pecuária em sistema plantio direto (SPD), envolvendo o cultivo de culturas graníferas e a produção pecuária, com resultados sócio-econômicos e ambientais positivos (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). Assim, nesse sistema de cultivo consorciado, o estudo da adubação nitrogenada é de suma importância e pesquisas envolvendo espécies de braquiária podem viabilizar a utilização dessas forrageiras em sistemas de ILP. Existem também relatos dos benefícios do efeito residual da adubação na

ILP (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2007), sendo que esses autores não ignoram a importância da adubação nitrogenada da pastagem.

2.2 Estabelecimento de pastagens consorciadas com o milho em sistemas de ILP submetidos à adubação nitrogenada

Uma visão objetiva e sucinta da pecuária de corte tradicional no Cerrado indica que a produção de forragem e, conseqüentemente, a produção animal são baixas e bastante aquém do potencial das gramíneas forrageiras tropicais (MARTHA JÚNIOR; VILELA; BARCELLOS, 2006), podendo gerar muitos problemas relacionados principalmente a degradação física, biológica e química do solo.

Como alternativa para aumento da produtividade das pastagens, surgiu o Sistema de Integração Lavoura Pecuária, que fundamenta-se na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, sorgo, milheto, arroz e soja, com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria*, tanto no Sistema Plantio Direto (SPD) como no convencional, em áreas de lavoura, com solo parcial ou devidamente corrigido (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Devido aos grandes investimentos necessários para a formação, recuperação e reforma de pastagens, têm-se buscado diversas técnicas visando à redução desses investimentos (JAKELAITIS et al., 2005). Desta maneira, a ILP tem se tornado opção vantajosa, beneficiando duas atividades de importância econômica (produção de grãos e pecuária), proporcionando ganhos mútuos ao produtor, principalmente nas regiões do bioma Cerrado (LANDERS, 2007).

Nestes sistemas, as culturas anuais apresentam bom desempenho no desenvolvimento inicial, exercendo com isto, alta competição sobre as forrageiras, evitando assim redução significativa nas suas capacidades produtivas de grãos. A competição existente entre as espécies pode inviabilizar o cultivo consorciado, porém, o conhecimento do comportamento destas na competição por fatores de produção torna-se de grande importância para o êxito na formação da pastagem e produtividade satisfatória da cultura de grãos (BARREIRO; CRUSCIOL; BORGHI, 2006).

Desta forma, dos nutrientes considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas, o N é um dos que promove os maiores aumentos da produção de forragem, sendo que a necessidade desse nutriente é maior após o desenvolvimento inicial da gramínea, quando passa a contribuir expressivamente para a produtividade de massa seca e a concentração de N

na planta, pois causam diversas alterações fisiológicas, como o número, tamanho, massa e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, além do alongamento do colmo, fatores estes importantes na produção de massa seca e valor nutritivo da planta forrageira (SILVA; MONTEIRO, 2007), além de ser necessário à síntese de ácidos nucléicos, proteínas, hormônios, clorofila e vários outros compostos essenciais ao desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2004). Assim, as doses economicamente viáveis, em que as espécies possam produzir mais sem que outros fatores limitantes possam interromper o seu desenvolvimento, ainda não foram completamente esclarecidas, principalmente quanto às novas tecnologias empregadas nos sistemas de produção que envolvem espécies forrageiras, como pastagens irrigadas e métodos de renovação/recuperação como o sistema de integração com lavouras anuais.

Diante do exposto, o manejo apropriado da pastagem é um fator de extrema importância para o sucesso de sistemas de ILP. Em relação à adubação, é inegável que a maioria das espécies forrageiras exibe elevada resposta produtiva frente à melhoria da disponibilidade de nutrientes. A deficiência de N limita a produtividade de massa seca, principalmente em gramíneas (GARAY et al., 2004), além disso, a adubação nitrogenada pode melhorar o desempenho de culturas semeadas em sucessão, devido ao aproveitamento de N residual, como observado por Assmann et al. (2003).

2.3 Formação de palhada para o SPD e decomposição dos resíduos vegetais

Para o sucesso do sistema plantio direto, um dos requisitos indispensáveis é a boa formação da palhada na superfície do solo. A correta escolha da espécie vegetal a ser utilizada é extremamente importante, uma vez que devem ser considerados os fatores climáticos característicos de cada região e tipo de solo. No cerrado, o clima é caracterizado por inverno seco, altas temperaturas no decorrer do ano que aliado à precipitação dificulta a implantação dessas espécies de cobertura e principalmente a permanência da palha sobre a superfície do solo.

Portanto, em regiões de clima tropical, a maior limitação na manutenção de palhada é a rapidez com que a massa vegetal se decompõe (LANDERS, 1995). Mesmo quando a palhada é basicamente constituída de gramíneas, a sua decomposição é mais rápida, de forma que a manutenção de uma camada de cobertura do solo nesse ambiente torna-se uma atividade

complexa, exigindo conhecimento e experiência do produtor que adota o SPD (ALVARENGA et al., 2001).

O uso de espécies forrageiras como as do gênero *Brachiaria* para a formação de palha, vêm despertando o interesse de muitos agricultores e pesquisadores (TORRES, 2003; ANDRIOLI, 2004). Estas gramíneas são de grande potencial na manutenção da palha sobre o solo devido a sua alta relação C/N e lignina/N total, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, como o Cerrado brasileiro. Estas espécies se destacam ainda pela excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, facilidade de estabelecimento, considerável produção de biomassa o que proporciona excelente cobertura vegetal do solo.

A decomposição de resíduos das culturas é uma variável importante na ciclagem de nutrientes em sistema plantio direto e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo, uma vez que o conhecimento desta ciclagem, resultará em sua utilização mais eficiente pelas culturas e principalmente na redução dos impactos negativos causados ao meio ambiente. As taxas de decomposição das plantas de cobertura dependem da natureza do material vegetal, do volume, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e das condições climáticas, representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA., 2006). Esta palhada funciona também, como um reservatório de nutrientes que são liberados gradualmente principalmente pela ação dos microorganismos às culturas em sucessão.

A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Quanto mais rápida for a sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Por outro lado, quanto mais altos forem os conteúdos de lignina e a relação C/N nos resíduos, tanto mais lenta será a sua decomposição (FLOSS, 2000). Podem-se, portanto, agrupar as espécies vegetais em duas classes, uma de decomposição rápida (leguminosas) e outra de decomposição lenta (gramíneas), sendo bem aceito um valor de relação C/N próximo a 25, como referência de separação entre elas (WIEDER; LANG, 1982).

O manejo dos resíduos culturais, em superfície ou incorporação no solo, resulta em diferentes velocidades de decomposição. Todavia, não existe consenso na literatura com relação ao melhor método para avaliação desta decomposição, sendo a concentração de N e as relações C/N e lignina/N sugeridas por alguns autores (MELLILO; ABER; MURATORE, 1982; BERG, 1986). Outros autores avaliaram esta decomposição por meio da incubação de material vegetal com solo, em laboratório ou no campo, sendo esta taxa estimada pela perda

de massa decorrente da liberação de carbono na forma de CO₂ (SILVA et al., 1997; SCHUNKE, 1998).

2.4 Produtividade do feijoeiro de inverno sobre palhada de baquiárias em SPD

O feijoeiro comum é a espécie mais cultivada no mundo, entre as demais do gênero *Phaseolus*, e o Brasil é seu maior produtor. Destaca-se também por ser uma importante fonte protéica na dieta humana. Apesar da baixa produtividade média no país, em torno de 850 kg ha⁻¹, o feijoeiro vem sendo explorado numa diversidade de sistemas de produção, obtendo-se produtividades superiores a 3000 kg ha⁻¹, principalmente em cultivos de inverno (YOKOYAMA, 2002). A cultura está entre as principais espécies anuais em adaptação ao SPD e tem sido a mais importante, em área cultivada, nos sistemas irrigados por aspersão, no período de entressafra, com semeadura em maio a junho (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

Neste contexto, a utilização do SPD em 2003 na região dos Cerrados já representava cerca de 41% dos sistemas de produção, sendo que, atualmente esse percentual já ultrapassou 65% em 2008/2009 (MACEDO, 2009). O grande avanço desse sistema de cultivo se deu pelas vantagens comparativas com os sistemas tradicionais, em termos agronômicos, econômicos e ambientais. Em condições tropicais, uma das maiores preocupações no SPD tem sido a manutenção de palhada sobre o solo aliada à reciclagem de nutrientes dessa. Assim, inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos na busca de espécies forrageiras com esta dupla aptidão, principalmente em condições do Cerrado brasileiro.

Assim, uma das melhores alternativas para produção de palha para o SPD é o uso de forrageiras tropicais utilizadas como pastagens, sendo que a adubação destas pode incrementar a produção de massa seca e a ciclagem de nutrientes na área de cultivo. Desta maneira, existem várias fontes de N que podem ser utilizadas em pastagens, dentre elas destaca-se a uréia, tendo como vantagem o menor custo por quilograma de N, alta concentração (44 a 46% N), fácil manipulação, além de causar menor acidificação no solo, o que a torna potencialmente superior a outras fontes, do ponto de vista econômico, embora, comumente apresente maior perda por volatilização (PRIMAVESI et al., 2004).

A dose de N, na adubação do feijoeiro, pode estar condicionada ao tipo de cobertura vegetal (gramínea ou leguminosa) presente na superfície do solo, pois a relação C/N dos resíduos agrícolas determinam o destino do nitrogênio dos resíduos orgânicos do solo

(FREIRE et al., 2001). As forrageiras tropicais, apesar de exaurirem os nutrientes residuais deixados pelas lavouras na superfície do solo, reciclam os nutrientes do subsolo, repõem a matéria orgânica e promovem a aração biológica do mesmo, decorrente da abundância e agressividade de seus sistemas radiculares e da atividade biológica decorrente (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

A decomposição de resíduos das culturas atuam na ciclagem de nutrientes em SPD e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo. Poucos estudos de campo, envolvendo a perda de massa e a liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos forrageiros foram desenvolvidos, e menos ainda são aqueles com enfoque na dinâmica de distribuição de nutrientes nos vários compartimentos do sistema palhada-solo ao longo do tempo. O conhecimento da ciclagem dos nutrientes nos agrossistemas resulta em sua utilização mais eficiente pelas culturas e na redução dos impactos negativos ao ambiente (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006).

Segundo Silveira et al. (2005), as palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazos, especialmente na camada superficial. São exemplos os aumentos significativos dos teores de P e K nas camadas superficiais do solo no SPD. Em condições de Cerrado, Kluthcouski; Aidar (2003) consideraram que as principais vantagens da palhada de braquiária para o SPD são: maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água e menor variação na temperatura do solo; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle/minimização das doenças, tais como o mofo branco, podridão de *Fusarium* e podridão de *Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos; e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes.

Em sistemas conservacionistas, como o sistema plantio direto, onde há a presença de resíduos vegetais na superfície do solo, acredita-se que a eficiência de recuperação do N pode ser melhorada ao se identificar o momento de liberação de N dos resíduos vegetais devido aos processos de mineralização e imobilização do N pela fauna microbiana do solo. Em função desses processos, tem sido sugerido aumentar as doses de N ou antecipar toda dose deste nutriente em relação à sementeira, seja por alguns dias ou mesmo na cultura antecessora. Os resultados obtidos nesses estudos em diferentes regiões demonstraram que não há diferenças entre aplicar o N em pré-semeadura daqueles obtidos pelas técnicas convencionais de adubação na sementeira e/ou em cobertura (BARBOSA FILHO; COBUCCI; MENDES,

2005). Entretanto, esse efeito significativo da antecipação de adubação nitrogenada em pré-semeadura advém, em sua maioria, de trabalhos em regiões mais frias do Brasil (Sul) e com culturas de gramíneas em sucessão, sendo escassos os trabalhos desta prática cultural na cultura do feijão em condições de Cerrado.

2.5 Desempenho econômico de sistemas de ILP

A sustentabilidade agropecuária, a redução nos custos de produção e a agregação de valor ao sistema, podem ser alcançadas através do uso de áreas agrícolas, durante todo o ano, em sistemas de cultivo integrados ou consorciados de produção agrícola. Desta maneira, torna-se necessário, além de análises técnicas, realizarem-se também avaliações econômicas para que se possa medir a lucratividade e a rentabilidade de cada sistema.

Assim, devido aos grandes investimentos para a formação, recuperação, reforma, adubação e irrigação de pastagens, têm-se buscado técnicas visando a diminuição desses custos, sendo que a ILP sob SPD em diversas regiões do mundo tem se tornado opção vantajosa, beneficiando a produção de grãos e a pecuária, além de proporcionar resultados sócio-econômicos e ambientais positivos (KLUTHCOUSKI et al., 2000; LANDERS, 2007; TRACY; ZHANG, 2008), uma vez que buscam além da produção de grãos também melhorar a taxa de lotação animal ($UA\ ha^{-1}$) e o desempenho animal ($@/animal/ano$). Desta forma, a Integração Lavoura-Pecuária em SPD são técnicas utilizadas pelos produtores considerados de médio nível tecnológico e são praticadas em lavouras comerciais (RICHETTI; CECCON, 2010).

Conforme Martha Júnior e Vilela (2007), a ILP passa a ser alternativa para viabilizar a correção da fertilidade do solo em pastagens e minimizar o risco de oscilações nos preços dos fertilizantes nos empreendimentos pastoris, visto que o preço relativo insumo-produto na produção de grãos, tem sido mais estável do que na pecuária. Portanto, o risco associado ao uso de fertilizantes em pastagens na ILP é reduzido, em resposta a um ambiente menos dependente do uso de fertilizantes, sendo que com excessão do nitrogênio (N), geralmente o efeito residual das adubações na cultura de grãos, dispensa em curto e médio prazo (um a dois anos e meio) a adubação com fósforo e bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+}).

Desta maneira, dentre as espécies mais utilizadas em consórcio na ILP destaca-se o milho, que é o cereal mais produzido no Brasil, possui área cultivada na safra 2009/2010, de

7.724 mil hectares, com redução de 16,7% em relação à área cultivada na safra de 2008/2009. Estima-se que a produtividade média prevista para a safra 2009/2010, foi de aproximadamente 4.412 kg ha⁻¹, 21,5% maior que a alcançada na safra anterior. Da mesma forma, considerando a terceira safra de feijão em 2009/2010 (“feijão de inverno”), estima-se que a área cultivada foi de 721,9 mil hectares, 5,9% menor que a safra anterior, sendo a produtividade média do feijão estimada foi de 1.079 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010).

De acordo com Pariz et al. (2009), avaliando a produtividade de grãos e os resultados econômicos de sistemas de cultivo do milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* na ILP sob SPD, determinaram as modalidades de cultivo mais viáveis. Verificaram que com excessão dos capins Mombaça e Marandu, consorciados, simultaneamente à semeadura do milho, os demais sistemas de cultivo não reduziram a produtividade de grãos, em relação ao milho cultivado sem o consórcio. E com relação aos benefícios técnico-econômicos, visando à utilização em sistemas de ILP, o consórcio mais recomendado foi o de milho com capim Tânzania, principalmente em semeadura simultânea ao milho.

Cruz et al. (2009), analisando o consórcio entre milho e *Brachiaria decumbens*, em diferentes preparos de solo, nas condições edafoclimáticas da região da Zona da Mata do Estado de Alagoas, puderam concluir que as melhores condições químicas de solo apresentadas pelos sistemas cultivo mínimo e semeadura direta proporcionaram as maiores produtividades para o milho.

No entanto, Richetti e Ceccon (2010) avaliaram o custo de produção do milho safrinha em consórcio, que quando comparado ao solteiro, foi maior em apenas 3,2%, correspondendo a 2 sacas de milho por hectare. Esta diferença embora não significativa, tendo em vista os benefícios advindos do consórcio deve ser considerada de interesse para manutenção do SPD, pela palhada resultante das forrageiras em consórcio. Os autores ressaltam ainda que a utilização de tecnologia de forma criteriosa resultou, quase sempre, em uso mais adequado de insumos e, por consequência, em menor custo de produção, já que o pleno conhecimento do custo total da atividade, os percentuais de sua evolução e do custo unitário por saca produzida contribuem para melhorar a tomada de decisão, bem como para verificar a rentabilidade do negócio. Da mesma forma, Muniz et al. (2007) e Macedo (2009) demonstraram que a ILP é uma atividade economicamente lucrativa, sendo uma opção viável para investidores do agronegócio na região dos Cerrados.

Desse modo, a escolha pela adubação de pastagens na ILP acarreta maiores gastos ao produtor, principalmente os relacionados a preços desfavoráveis (produtos e insumos), porém,

aumentam o retorno econômico quando as condições ambientais e econômicas são favoráveis em comparação à adubação em pastos exclusivos. A adubação nitrogenada da pastagem na ILP também pode incrementar a produção animal e a produtividade de grãos da cultura subsequente (MARTHA JÚNIOR; VILELA; BARCELLOS, 2006), proporcionando vantagens econômicas em relação a sistemas de produção não-integrados, que apresentam somente produção vegetal ou animal de forma isolada (FONTANELI et al., 2000; ENTZ et al., 2002; MORAES et al., 2004; RUSSELLE; ENTZ; FRANZLUEBBERS, 2007; SULC; TRACY, 2007), além da diversificação de renda, resultante da produção vegetal e animal na mesma área (FONTANELI et al., 2000), redução de riscos de insucesso econômico e maior diversificação de atividades econômicas (AMBROSI et al., 2001). Isso ocorre devido ao uso contínuo das áreas agrícolas (ASSMANN et al., 2003; MORAES et al., 2004) e à redução de custos de produção ocasionados pelas vantagens biológicas.

No tocante às culturas, há resultados de pesquisa que comprovam que, quando o sistema de ILP é desenvolvido seguindo seus fundamentos básicos, a produção é igual ou superior a sistemas constituídos somente com o cultivo exclusivo (NICOLOSO; LANZANOVA; LOVATO, 2006). Portanto, torna-se de fundamental importância, em sistemas complexos como a ILP, o conhecimento dos custos de produção, para auxiliar na tomada de decisão, quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento na produtividade, resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi composta de três experimentos sequenciais instalados em uma área que apresentava um histórico de oito anos sob SPD (fase inicial/transição) com culturas anuais e perenes para formação de palhada (milho, soja, sorgo forrageiro, guandu anão, *Brachiaria brizantha*, milho), sendo a cultura anterior feijão de inverno. A área foi irrigada por aspersão (pivô central), quando necessário, em função de déficits hídricos, durante todo o período experimental.

3.1 Localização da área experimental e caracterização do local

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2008/2009, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pertencente à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (FE/Unesp), área de Produção Vegetal, localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul (20°20'05"S e 51°24'26"W, altitude de 335 m). O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Na Figura 1 estão apresentados os dados de precipitação pluvial e de temperatura no período de realização do experimento.

O solo da área é um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, classificado conforme EMBRAPA (2006). Os atributos físicos e químicos anteriormente à instalação do experimento na camada de 0,00 a 0,20 m do solo apresentaram os seguintes valores: densidade do solo = 1,31 kg dm⁻³; macro, micro e porosidade total = 0,147; 0,334 e 0,481 m³ m⁻³, respectivamente; pH (CaCl₂) = 5,1; M.O. = 28 g dm⁻³; H+Al=22,2 mmol_c dm⁻³; P (resina) = 18 mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ = 3,2; 19,0 e 11,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e V=59,9%.

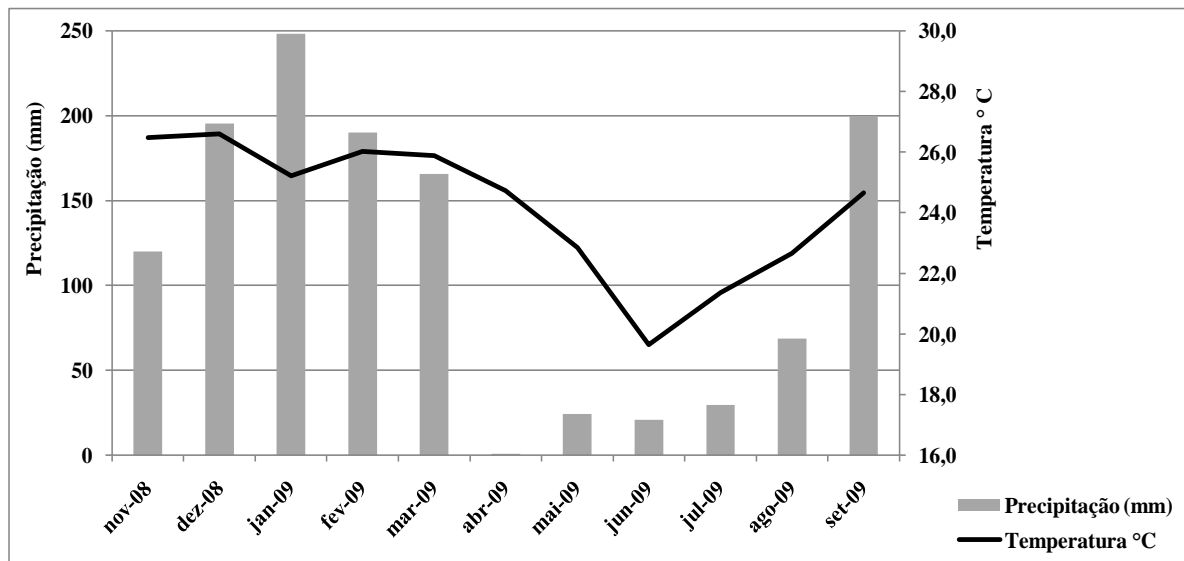


Figura 1. Dados climáticos obtidos junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP, no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul. Período de Novembro/2008 a Setembro/2009.

3.2 Experimento I – Adubação nitrogenada no consórcio milho/braquiárias em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado

Este experimento foi conduzido no ano agrícola de 2008/2009.

3.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos pelo consórcio do milho (híbrido simples DKB 390 YG) com duas espécies de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. MG-5 e *Brachiaria ruziziensis*), adubados em cobertura com doses crescentes de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N), utilizando-se como fonte a uréia (45% de N). Portanto, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 5, ou seja, duas espécies forrageiras e cinco doses de N aplicadas em cobertura no consórcio com a cultura do milho.

As parcelas continham 36 m², ou seja, foram constituídas por 4 linhas do milho (3,6 m) com 10 m de comprimento. Para as avaliações dos componentes da produção e produtividade

de grãos do milho, foram consideradas duas linhas centrais desprezando-se um metro em cada extremidade.

3.2.2 Instalação e condução do experimento

Antes da semeadura do milho (10/11/2008), a área foi dessecada com herbicida Glyphosate na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹. A cultura do milho foi semeada mecanicamente por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD no dia 18/11/2008, a uma profundidade de aproximadamente 0,05 m, espaçamento de 0,90 m e cerca de 5,4 sementes m⁻¹, objetivando-se atingir um estande final próximo a 55.000 plantas ha⁻¹. Foi realizada adubação de semeadura no milho com aplicação de 300 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 (24 kg ha⁻¹ de N, 84 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente). Como tratamento de sementes, foi feita a aplicação de 150 g L⁻¹ i. a. imidacloprido + 450 g L⁻¹ i.a. tiodicarbe.

A semeadura das forrageiras foi realizada simultaneamente ao milho, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, onde foram semeadas duas linhas dos capins nas entrelinhas da cultura produtora de grãos. As sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,08 m, espaçadas em 0,34 m, utilizando-se aproximadamente 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (VC=76%), localizando-se, dessa forma, abaixo da semente de milho, seguindo as recomendações de Kluthcouski et al. (2000).

A emergência do milho ocorreu em 25/11/2008, enquanto que os capins do gênero *Brachiaria* tiveram sua emergência em 29/11/2008, dada a sua maior profundidade de deposição no solo em comparação às sementes de milho.

Em 23/12/2008, quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico V4 (quatro folhas totalmente desenvolvidas), procedeu-se a adubação de cobertura, aplicando-se manualmente a lança as doses de 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N, além da testemunha (ausência de adubação nitrogenada). A adubação de cobertura foi realizada próxima às linhas do milho, utilizando-se a uréia como fonte, sendo feita após a adubação, irrigação da área experimental, evitando assim perdas excessivas de N por volatilização.

A colheita manual do milho para avaliação dos componentes da produção e produtividade (área útil da parcela) foi realizada em 25/03/2009, correspondendo a 121 dias após a emergência (DAE) do milho.

3.2.3 Obtenção dos resultados

a) Determinação das leituras ICF com clorofilômetro

No período do florescimento, após a emissão da inflorescência feminina, ou seja, momento em que mais de 50% das plantas encontravam-se pendoadas e com a presença de estilo-estigmas (cabelo), determinou-se as leituras ICF utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker). As leituras foram realizadas no terço médio das folhas da base da espiga, utilizando-se em média 10 folhas por parcela (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

b) Determinação dos teores nutricionais em folhas de milho

Para a diagnose foliar, as 10 folhas utilizadas para determinação do teor de clorofila foram coletadas, sendo posteriormente descartados os terços inferiores e superiores da folha, seguindo a metodologia proposta por Cantarella, Raij e Camargo (1996). Os terços médios das folhas foram acondicionados em sacos de papel e secados em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante 72 horas. Posteriormente, o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm, e em seguida, foram determinadas as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

c) Determinação das características morfológicas, componentes da produção e produtividade de grãos da cultura do milho

Foram determinados um dia antes da colheita o estande final de plantas (EFP) e o número de espigas (NE) por hectare. Realizou-se então a contagem do número de plantas e do número de espigas contidas na área útil da parcela (duas linhas centrais desprezando-se um metro nas extremidades) em cada unidade experimental.

A altura de plantas (ALTP) e da inserção da espiga principal (AIE) foram determinadas mediante medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a inserção do pendão floral e a distância entre o colo da planta e a espiga principal, respectivamente. O diâmetro basal do colmo (DBC) foi determinado no segundo entrenó acima do solo com o auxílio de paquímetro. Estas determinações foram efetuadas em 10 plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada unidade experimental, por ocasião da avaliação do estande final de plantas.

O comprimento da espiga principal (CE) foi medida com régua graduada em centímetros, em dez espigas escolhidas aleatoriamente em cada unidade experimental. Posteriormente foi contado o número de fileiras por espiga (NF) e o número de grãos por fileira (NGF). O número de grãos por espiga (NGE) foi calculado multiplicando-se o NF e o NGF, em dez espigas por parcela. A massa de 100 grãos (M100) foi determinada pela média dos grãos de quatro amostras de 100 grãos, e os resultados foram corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida).

A produtividade de grãos (PG) foi determinada colhendo-se manualmente todas as espigas das plantas contidas na área útil da parcela. Após a colheita, as espigas foram debulhadas mecanicamente, pesando-se os grãos e posteriormente calculou-se a PG em kg ha⁻¹ corrigida para o teor de 13% de umidade.

d) Determinação da produtividade de massa seca da parte aérea das espécies de braquiárias

Um dia após a colheita do milho foram realizadas amostragens para determinação da produtividade de massa seca das forrageiras em consórcio (PMS). Coletou-se então 0,25 m² em pontos dentro de cada unidade experimental com auxílio de um quadrado de metal (0,50

m x 0,50 m), adotando-se como referência 0,05 m em relação à superfície do solo, afim da determinação da massa seca residual (palha). Em cada uma das amostragens o material cortado foi pesado e a amostra colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante, para a quantificação da PMS (extrapolada para kg ha⁻¹).

3.2.4 Análise estatística

Os atributos referentes ao milho e às braquiárias tiveram os resultados médios, em função das espécies forrageiras, submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05) e as médias comparadas pelo teste “t” de Student a 5% de probabilidade. O efeito de doses de N no consórcio foi avaliado por análise de regressão polinomial. Todos os cálculos foram efetuados utilizando-se o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 1999).

3.3 Experimento II – Adubação nitrogenada em espécies do gênero *Brachiaria* implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho

Este experimento foi conduzido no ano de 2009 após a colheita de grãos da cultura do milho.

3.3.1 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos por duas espécies de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. MG-5 e *Brachiaria ruziziensis*), após o consórcio com a cultura do milho, adubadas com doses crescentes de N, ou seja, 0 (testemunha, sem aplicação de N), 50, 100, 150 e 200 kg N ha⁻¹. Portanto, o delineamento experimental utilizado também foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 5, ou seja, duas espécies forrageiras e cinco doses de N aplicadas após o consórcio com a cultura do milho.

Cada unidade experimental foi constituída por 3,6 m de largura x 10 m de comprimento, totalizando 36 m².

3.3.2 Condução do experimento

Após a operação de colheita do milho (25/03/2009), as plantas forrageiras foram uniformizadas com roçadora mecânica, adotando-se como referência aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo. Esse manejo teve por objetivo estimular o perfilhamento e padronizar a idade fenológica dos capins, simulando um corte de homogeneização sem remoção do material da área, permanecendo a palhada sobre a superfície do solo.

No dia 29/04/2009 procedeu-se então a adubação das braquiárias com as doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha⁻¹, utilizando-se como fonte a uréia (45 % de N), a qual foi aplicada manualmente a lanço, irrigando-se a área em seguida.

3.3.3 Obtenção dos resultados

a) Determinação da produtividade e porcentagem de massa seca das espécies de braquiárias

Foram realizadas amostragens para determinação da produtividade de massa seca (PMS) e porcentagem de matéria seca (%MS), cerca de 40 dias após a adubação nitrogenada (08/06/2009), antes da área ser manejada com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton), realizando-se assim um segundo corte. Coletou-se então 0,25 m² em pontos dentro de cada unidade experimental com auxílio de um quadrado de metal (0,50 m x 0,50 m), adotando-se como referência 0,05 m em relação à superfície do solo, afim da determinação da massa seca residual (palha). Para tanto, os capins foram ceifados com ancinho, e no restante utilizou-se roçadora mecânica. Em cada uma das amostragens, o material cortado foi pesado e a amostra foi colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante, para a quantificação da PMS (extrapolada para kg ha⁻¹) e da %MS.

b) Determinação da composição bromatológica das espécies de braquiárias

Após o corte dos capins para quantificação da PMS e da %MS, retirou-se uma subamostra de cada tratamento, onde esta foi posteriormente moída em moinho tipo “Willey” com peneira de malha de 1,0 mm, pesada e colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 105°C até massa constante para determinação da segunda massa seca ou massa seca definitiva (MS a 105°C) e desta foram determinados os componentes bromatológicos.

Realizaram-se análises laboratoriais para determinação dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), conforme metodologia descrita por Silva; Queiroz (2002).

A estimativa dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada por meio da fórmula sugerida por Cappelle et al. (2001), descrita por:

$$\text{NDT} = 83,79 - 0,4171 \times \text{FDN}$$

Onde:

NDT – teor de nutrientes digestíveis totais;

FDN – teor de fibra em detergente ácido, determinada em laboratório

Para a obtenção da digestibilidade da matéria seca (DMS), foi utilizada a equação proposta por Linn e Kuehn (1997):

$$\text{DMS} = 88,9 - 0,779 \times \text{FDA}$$

Onde:

DMS – digestibilidade da matéria seca;

FDA – fibra em detergente ácido, determinada em laboratório

Todas essas determinações bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Engenharia/Unesp – Campus de Ilha Solteira.

c) Determinação dos teores nutricionais da parte aérea das espécies de braquiárias

Na massa seca a 65°C foram determinadas também as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Essas

determinações foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas, da Faculdade de Engenharia (FE/Unesp) – Campus de Ilha Solteira.

d) Avaliação da taxa de decomposição da palhada das espécies de braquiárias

Quantidade proporcional de massa fresca das espécies forrageiras de cada parcela determinada no último corte (40 dias após adubação nitrogenada) foi acondicionada dentro de sacos de nylon denominados “Litter Bags” de 0,06 m² (0,30 m de comprimento por 0,20 m de largura), sendo estes depositados em contato direto com o solo da respectiva parcela da área experimental logo após a dessecação das forrageiras em 08/06/2009 (com um total de 4 amostras por tratamento). As quantidades de palha, colocadas dentro de cada saquinho, foram proporcionais à massa seca produzida por área, de acordo com as espécies de braquiárias e adubação nitrogenada.

Aos 30, 60, 90 e 120 dias após dessecação, um “Litter Bag” foi retirado de cada parcela, a fim de avaliar o remanescente de palha no interior do mesmo, para determinação do tempo de decomposição da massa seca durante um período de 120 dias. Para isso, foi coletada a massa fresca de dentro de cada “Litter Bag”, limpo em peneira e determinada a massa seca (estufa a 65°C até massa constante).

O uso do “Litter Bag” ao invés do método do quadrado de metal, para avaliação do tempo de decomposição da palha, foi devido ao fato da área estar sendo cultivada em SPD à aproximadamente oito anos, onde no momento das avaliações pode ocorrer contaminação das amostras com palha de cortes anteriores ao objeto de estudo.

3.3.4 Análise estatística

Os atributos referentes às espécies de braquiária tiveram os resultados médios, submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste “t” de Student a 5% de probabilidade. O efeito de doses de N e decomposição da palhada foram avaliados por análise de regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 1999).

3.4 Experimento III – Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada de braquiárias submetidas à adubação nitrogenada

Este experimento foi conduzido no ano agrícola de 2009, após a dessecação e manejo dos capins do experimento II.

3.4.1 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram constituídos da semeadura da cultura do feijão (cultivar Pérola) sobre a palhada das duas espécies forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. MG-5 e *Brachiaria ruziziensis*) e cinco doses de nitrogênio aplicadas nas plantas forrageiras anteriormente ao cultivo do feijão (0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha⁻¹). Portanto, utilizou-se o mesmo delineamento experimental e tamanho das parcelas dos experimentos anteriores.

3.4.2 Instalação e condução do experimento

Em 08/06/2009 a área foi dessecada com herbicida Glyphosate na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹, sendo posteriormente, o feijão semeado mecanicamente com uso de uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD no dia 19/06/2009, em espaçamento de 0,45 m, distribuindo-se aproximadamente 15 sementes m⁻¹. Foi feita adubação de semeadura com 20 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, com aplicação de 250 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16. Como tratamento de sementes utilizou-se 50 g i.a. Carboxina + 50 g i.a. Tiram/100 kg de sementes. Como adubação em cobertura aos 30 dias após a emergência utilizou-se 70 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia.

Em 15/07/2009, efetuou-se a aplicação de 10 g L⁻¹ i. a. deltametrina + 350 g L⁻¹ i. a. triazofós, e 15 dias após, foi aplicada a mistura de 12,5 g L⁻¹ i.a. beta-ciflutrina + 100 g L⁻¹ i.a. imidacloprido e 800 g kg⁻¹ i. a. mancozebe, conforme as necessidades da cultura.

3.4.3 Obtenção dos resultados

a) Determinação das leituras ICF com clorofilômetro

Realizou-se no florescimento do feijoeiro (V4-R5), leituras indiretas do teor foliar de clorofila, utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker), equipamento portátil que permite medições instantâneas na folha através de leituras ICF. As leituras foram feitas no terceiro trifólio completamente desenvolvido, com uma média de 10 leituras por folíolo, em cinco plantas/parcela.

b) Determinação dos teores nutricionais em folhas de feijoeiro

O teor de N foliar foi determinado usando-se as mesmas folhas coletadas após as leituras ICF, sendo estas destacadas e acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas, levadas ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C até atingir massa constante. Também foram coletados uma média de 20 trifólios/parcela aleatoriamente com o objetivo de se realizar análises dos teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), efetuando-se os mesmos procedimentos descritos anteriormente para secagem das folhas. As mesmas foram moídas em moinho tipo Wiley para determinação dos teores de macronutrientes conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

c) Determinação das características morfológicas, componentes da produção e produtividade de grãos do feijoeiro

Ao final do ciclo da cultura (17/09/2009), as plantas da área útil de cada parcela (4 linhas centrais com 2 m de comprimento) foram colhidas e avaliados quanto ao número de plantas por unidade experimental (em 4 m de linha), afim da determinação do estande final,

além da determinação da altura de inserção da primeira vagem que foi realizada com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, em cerca de 10 plantas por parcela.

Para determinação dos componentes da produção, foram utilizadas as 10 plantas colhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela experimental. Portanto foi determinado, o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos que foi obtida pela média dos grãos de quatro amostras de 100 grãos, sendo os resultados corrigidos para o teor de 13% de umidade. Para determinação da produtividade de grãos (PG), todas as plantas da área útil da parcela foram colhidas, trilhadas mecanicamente, pesadas, e posteriormente calculada e extrapolada para kg ha^{-1} e corrigidos para o teor de 13% de umidade.

d) Caracterização final do solo

Foi feita uma caracterização do solo após um período de 50 dias da dessecação das espécies forrageiras, para avaliar o efeito de decomposição da palha sobre a fertilidade na camada de 0,0 a 0,20 m. Para tanto, foram coletadas cinco amostras simples por parcela, nas entrelinhas da cultura do feijão, com auxílio de um trado de rosca.

3.4.4 Análise estatística

Os atributos referentes ao feijão tiveram os resultados médios, em função das espécies de braquiárias, submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste “t” de Student a 5% de probabilidade. O efeito das doses de N (anteriores ao cultivo do feijão) foi avaliado por análise de regressão. Todos os cálculos foram efetuados utilizando-se o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 1999).

3.5 Desempenho econômico do sistema de ILP no ano agrícola 2008/2009, sob condições irrigadas no Cerrado

3.5.1 Custo de produção e avaliação econômica

A metodologia de cálculo de custo utilizada foi a do custo operacional de produção de acordo com Montes et al. (2006), que é constituído da soma das despesas diretas de custeio: operações realizadas, insumos (adubos, sementes, defensivos, etc.), mão-de-obra, maquinário e irrigação, denominada de custo operacional efetivo (COE). Para as despesas indiretas, como depreciações, encargos sociais e financeiros, considerou-se 5% do COE resultando, portanto, no custo operacional total (COT).

Os indicadores de lucratividade foram calculados conforme a metodologia de Martin et al. (1998), ou seja, calculou-se a renda bruta (RB), o lucro operacional (LO) e índice de lucratividade (IL). Para a elaboração dos custos de produção de cada tratamento, bem como dos indicadores de lucratividade, consideraram-se os preços pagos em 2009 (AGRIANUAL, 2009; CONAB, 2010) ajustados àqueles vigentes em lavouras comerciais em São Paulo para o ano agrícola 2008/2009.

A receita bruta (RB) do milho e do feijão foi estimada através da produtividade média obtida em cada tratamento, multiplicando-se pelo preço pago aos produtores e somado às receitas dos dois cultivos realizados durante o ano. A receita que seria proveniente da engorda do gado com fornecimento da forragem não foi considerada, pois o objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade da atividade no domínio das culturas produtoras de grãos, visando principalmente à formação de palhada para o SPD.

Para as operações mecanizadas (hora-máquina - HM), foram considerados os valores médios de aluguel praticados na região, nos quais já estão incluídos: a mão-de-obra do tratorista, os gastos com combustíveis e lubrificantes, bem como a depreciação de máquinas e equipamentos. Os coeficientes técnicos e os valores unitários utilizados foram obtidos junto aos técnicos e produtores regionais que trabalham com essas culturas e apresentam nível tecnológico semelhante.

A nomenclatura utilizada no presente trabalho corresponde e difere entre si pelas espécies de braquiária e doses de N em cobertura no milho e na forrageira, sendo: **1)** M/Bb-F 0 = milho em consórcio com *B. brizantha*, dose zero de N e feijão em sucessão; **2)** M/Bb-F 1

= milho em consórcio com *B. brizantha*, 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **3)** M/Bb-F 2 = milho em consórcio com *B. brizantha*, 200 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **4)** M/Bb-F 3 = milho em consórcio com *B. brizantha*, 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **5)** M/Bb-F 4 = milho em consórcio com *B. brizantha*, 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **6)** M/Br-F 0 = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, dose zero de N e feijão em sucessão; **7)** M/Br-F 1 = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **8)** M/Br-F 2 = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 200 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **9)** M/Br-F 3 = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **10)** M/Br-F 4 = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão, respectivamente, onde a adubação nitrogenada foi parcelada em duas épocas distintas, sendo metade da dose de N aplicada em cobertura no consórcio milho/braquiárias e a outra metade aplicada em cobertura nas braquiárias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Adubação nitrogenada no consórcio milho/braquiárias em sistema de Interação Lavoura-Pecuária no Cerrado

De maneira geral, não houve interação entre os atributos avaliados em nenhuma variável analisada nos três experimentos. Desta maneira, verificam-se na Tabela 1, os teores foliares de macronutrientes do milho, assim como os valores do índice ICF em função do consórcio com espécies de braquiária e adubação nitrogenada em cobertura. Pode-se constatar que as espécies forrageiras influenciaram somente os teores foliares de N e S, não afetando os demais.

Tabela 1. Teores nutricionais e leituras ICF em plantas de milho em função do consórcio com espécies de braquiárias e adubação nitrogenada em cobertura. Selvíria, Mato Grosso do Sul, 2009.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	ICF
	g kg ⁻¹						
Espécie	*	ns	ns	ns	ns	**	**
<i>B. brizantha</i>	27,8 a	5,8	19,7	3,6	2,3	1,03 a	65,9 a
<i>B. ruziziensis</i>	25,7 b	5,4	19,1	3,8	2,3	0,78 b	60,5 b
N	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
0	23,6 ⁽¹⁾	5,2	19,2	3,7	2,4	0,82	53,9 ⁽²⁾
50	26,5	5,8	19,7	3,9	2,5	0,94	61,6
100	27,4	5,7	19,6	3,7	2,2	0,92	63,5
150	27,5	5,8	19,4	3,8	2,3	0,91	65,7
200	28,7	5,6	19,0	3,5	2,2	0,95	71,2
CV(%)	11,2	11,3	6,5	15,3	15,8	16,3	7,0

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (p<0,01), (p<0,05) e (p>0,05), respectivamente.

⁽¹⁾ N foliar= 24,5 + 0,0225N (r²= 0,844**)

⁽²⁾ ICF= 55,4 + 0,0773N (r²= 0,939**)

Os melhores resultados foram obtidos quando o milho foi cultivado simultaneamente à *B. brizantha*, onde os teores foliares de N variaram de 23,6 a 28,7 g kg⁻¹ na massa seca, estando próximos aos recomendados por Malavolta; Vitti; Oliveira (1997) como níveis considerados ótimos de N para o milho (27,5-32,5 g kg⁻¹ na massa seca). De acordo com Borghi e Crusciol (2007), em virtude da grande exigência de N por ambas as espécies quando consorciadas simultaneamente, pode haver grande competição pelo nutriente, o que foi verificado no presente trabalho, onde o consórcio com a *B. ruziziensis* resultou em menores teores de nutrientes foliares à cultura do milho.

Os teores de S situaram-se entre 0,70 – 1,03 g kg⁻¹, estando abaixo do preconizado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) como teores ideais nas folhas de milho (1,5- 2,0 g kg⁻¹ na massa seca). Apesar dos teores de S nas folhas estarem abaixo do recomendado, não foi observado sintomas de deficiência deste nutriente nas plantas. Os baixos níveis de S nas folhas foram ocasionados, pela não aplicação de fontes alternativas deste nutriente no solo e pelo uso contínuo somente de uréia como fonte de N, onde tal fato pode ter limitado também as respostas nutricionais em folhas de milho à adubação nitrogenada em cobertura.

Assim como o verificado para o teor de N, as leituras ICF em clorofilômetro também foram influenciadas pelas plantas forrageiras, com valores variando de 53,8 a 71,2 (Tabela 1). Estes resultados estão, em sua maioria, acima dos 55,0-58,0 considerados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) como adequados para o mesmo estágio de desenvolvimento da cultura e aos 62,8 e 59,5 verificados por Rambo et al. (2008) em dois anos de avaliação, aplicando até 300 kg ha⁻¹ de N (20% na semeadura e o restante em cobertura no estágio V3 da cultura do milho). Portanto, pode-se considerar que os índices ICF do presente trabalho foram elevados, além do que, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), para atingir 100% de colheita relativa de grãos da cultura do milho seria necessário em torno de 53,83 SPAD que correspondem a 63,83 ICF.

As doses crescentes de N aplicadas em cobertura influenciaram de maneira significativa somente os teores de N foliares e os valores ICF, apresentando aumento linear em função das doses de N (Tabela 1). Esse comportamento demonstrou que, como o N faz parte da molécula de clorofila, o aumento de N foliar reflete diretamente na leitura ICF do clorofilômetro, que no presente trabalho apresentou correlação positiva de $r = 0,745^{**}$.

Considerando-se que no consórcio pode ocorrer competição pelo N entre a planta produtora de grãos e a forrageira, o manejo adequado da adubação nitrogenada deve atender a demanda pelo elemento nos estádios cruciais das espécies consorciadas, sem prejudicar a produtividade de ambas. Contudo, estudos relacionados ao manejo da adubação nitrogenada

nesse sistema de produção são escassos. Nesse contexto, Argenta et al. (2002) destacaram a possibilidade de se inferir sobre o estado nutricional de N em milho a partir de leituras com clorofilômetro. Dessa forma, o emprego do medidor portátil de clorofila (equipamento que permite medições instantâneas e indiretas do teor de clorofila na folha por meio dos índices SPAD ou ICF), constitui alternativa promissora para avaliação do teor de N nas plantas, com possibilidade no manejo mais eficiente da adubação nitrogenada. Além disso, é possível a sincronização da aplicação do N com a época de demanda do nutriente pela planta.

No entanto, na literatura, não foram encontrados trabalhos que tenham utilizado as leituras ICF para prever a dose de N a ser aplicada, quando detectada sua deficiência pelo clorofilômetro. Nesse sentido, há, portanto, a necessidade de condução de mais trabalhos em outros ambientes e situações de manejo a fim de melhor avaliar a possibilidade de utilização deste equipamento.

O estande final de plantas (EFP) de milho, não sofreu a interferência do consórcio com as espécies forrageiras e adubação nitrogenada (Tabela 2), diferentemente dos resultados obtidos por Borghi e Crusciol (2007), que observaram em decorrência de uma maior população de *B. brizantha* proporcionado pelo consórcio simultâneo na entrelinha do milho, uma diminuição no EFP para o mesmo espaçamento entrelinhas utilizado no presente trabalho (0,90 m), em virtude da maior competição exercida pelo capim, principalmente no período inicial de desenvolvimento do milho. O mesmo não foi observado no presente ensaio, uma vez que não foi constatada competição inicial das espécies forrageiras com a cultura produtora de grãos, sendo verificada também excelente germinação e emergência da cultura do milho e somente alguns dias após, a emergência das braquiárias, pois estas foram semeadas à maior profundidade comparada ao milho, a fim de evitar maiores problemas com competição no período de desenvolvimento inicial das culturas.

De acordo com Kluthcouski et al. (2000), a deposição do fertilizante de semeadura, misturado com as sementes da espécie forrageira, em maiores profundidades (0,07 a 0,10 m), permitiu o atraso da emergência, de maneira a diminuir a competição com a cultura produtora de grãos. Portes et al. (2000), ao avaliar a consorciação de espécies de braquiárias com o milho, relataram que a deposição das sementes de braquiária a 0,10 m de profundidade, com o fertilizante, retardou a emergência das plântulas da forrageira em aproximadamente cinco dias, e com plantas debilitadas, em virtude do sombreamento provocado pelo milho durante o período de consorciação. Ainda de acordo com Portes et al. (2000), a forrageira apresentou crescimento lento, em especial pelo fato de ambas as espécies possuírem metabolismo C4 de fixação do CO₂, característica que as faz exigentes por luz e proporciona ao milho

possibilidade de completar o seu ciclo e de produzir satisfatoriamente com menor competição com as braquiárias.

Tabela 2. Estande final de plantas (EFP), número de espigas (NE), altura de plantas (ALTP), altura de inserção da espiga principal (AIE) e diâmetro basal do colmo (DBC) das plantas de milho em função do consórcio com espécies de braquiárias e adubação nitrogenada em cobertura. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.

Tratamento	EFP	NE	ALTP	AIE	DBC
	(plantas ha ⁻¹)	(espigas ha ⁻¹)	(m)	(m)	(mm)
Espécie	ns	ns	ns	ns	ns
<i>B. brizantha</i>	52.111	52.111	2,76	1,40	25,2
<i>B. ruziziensis</i>	51.389	51.778	2,72	1,41	24,7
N	ns	ns	ns	ns	ns
0	51.944	51.667	2,72	1,40	25,0
50	50.556	51.528	2,77	1,45	24,3
100	51.806	52.639	2,72	1,41	25,1
150	52.917	52.917	2,73	1,38	25,4
200	51.580	50.972	2,76	1,39	25,0
CV(%)	8,9	8,5	3,2	4,4	5,9

^{ns} médias não diferem entre si pelo teste “t” de Student ao nível de 5 % de probabilidade (p>0,05).

Outra vantagem constatada no consórcio, foi que a ótima germinação e emergência dos capins (VC= 76%), fizeram com que estes ocupassem homogeneamente a área, diminuindo a incidência de luz no solo, reduzindo ao longo do ciclo a incidência de plantas daninhas sem a necessidade de utilização de herbicidas comumente utilizados na cultura do milho.

De maneira geral, o crescimento da planta de milho não foi influenciado pelas espécies forrageiras (Tabela 2), pela não variação da altura de inserção da espiga principal (AIE), altura de plantas (AP) e diâmetro basal do colmo (DBC). Com relação ao número de espigas ha⁻¹ (NE) e altura de inserção da espiga principal (AIE), Borghi e Crusciol (2007) também não verificaram a interferência do consórcio neste mesmo espaçamento.

Os resultados do presente trabalho contrastam aos obtidos por Pariz (2010), onde foram verificadas diferenças significativas com relação à altura de plantas (AP) e diâmetro basal do colmo (DBC) na consorciação do milho com espécies de braquiária, demonstrando neste aspecto a homogeneidade do híbrido de milho avaliado nesta pesquisa, além de se ter obtido valores de altura de plantas (AP) e altura de inserção da espiga principal (AIE) superiores às características do híbrido utilizado (2,20 a 2,40 m e 1,25 a 1,40 m, respectivamente) (DEKALB, 2010), ressaltando que esta homogeneidade pode favorecer a colheita

mecanizada, com diminuição nas perdas de espigas não colhidas pela plataforma da colhedora.

Apesar de não terem ocorrido diferenças significativas do DBC, estes apresentaram resultados superiores aos obtidos por Pariz (2010), com o mesmo tipo de consórcio e híbrido de milho avaliados, uma vez que plantas com colmos mais grossos possuem maior capacidade de translocação de nutrientes, bem como, tornam-se mais resistentes ao tombamento pela ação do vento, das chuvas e do trânsito de máquinas e implementos (adubação de cobertura, aplicação de defensivos e colheita de grãos), demonstrando a viabilidade do consórcio do milho com espécies de braquiária.

As doses crescentes de N em cobertura também não afetaram os componentes morfológicos do milho (Tabela 2). O híbrido de milho utilizado (DKB 390 YG) apresenta florescimento ao acumular 845 graus-dias (DEKALB, 2010), assim, em função das altas temperaturas na época do experimento (Figura 1) aliada ao efeito da adubação nitrogenada, as plantas de milho apresentaram acelerado crescimento inicial até o estágio de florescimento, o qual ocorreu alguns dias antes do esperado, sendo que os valores médios de AP verificado (2,72 – 2,77 m), tanto no consórcio com *B. brizantha* quanto com *B. ruziziensis*, foi superior aos 2,20-2,40 m relatados como estatura média para esse híbrido (DEKALB, 2010).

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Borghi (2007), o qual não verificou interação dos consórcios com as doses de N em relação a AP e DBC. Vale ressaltar ainda que plantas maiores tendem a acumular mais nutrientes, translocando-os para as espigas na época de enchimento dos grãos, bem como, após a colheita, estas depositam maior quantidade de palha na superfície do solo, o que é muito favorável para o SPD. Tal fato pode ser atribuído ao histórico da área, que se encontrava há oito anos sob SPD na época das avaliações, possivelmente já apresentando mineralização de N maior do que a imobilização desse nutriente pela palhada (ANGHINONI, 2007).

O comprimento de espigas (CE) e massa de cem grãos (M100) foram os únicos componentes da produção influenciados pelos consórcios (Tabela 3), concordando com os resultados obtidos por Pariz (2010), onde os maiores valores também foram proporcionados com o consórcio milho/*B. brizantha*.

A presença de espigas menores na consorciação do milho com *B. ruziziensis*, deve-se a maior capacidade de competição com a cultura produtora de grãos quando comparada à *B. brizantha*, uma vez que a *B. ruziziensis* tem hábito de crescimento mais prostrado, ocupando mais rapidamente o solo. Essa competição pode comprometer a translocação de fotoassimilados para os grãos, conseqüentemente afetando os componentes da produção.

Os resultados obtidos para número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por espiga (NGE), não apresentaram influência das espécies forrageiras no consórcio (Tabela 3). No entanto, os valores para estes atributos foram superiores aos obtidos por Borghi, Mello e Crusciol (2004) e Pariz (2010), no mesmo local do presente ensaio e em condições semelhantes de cultivo.

Tabela 3. Comprimento de espigas (CE), número de fileiras (NF), de grãos por fileira (NGF), de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (M100), produtividade de grãos (PG) de milho e produtividade de massa seca da parte aérea (PMS) das espécies de braquiárias em função do consórcio e adubação nitrogenada em cobertura. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.

Tratamento	CE	NF	NGF	NGE	M100	PG	PMS
	(cm)				(g)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Espécie	**	ns	ns	ns	**	ns	ns
<i>B. brizantha</i>	19,3 a	16,8	36,2	598	36,5 a	7.571	6.000
<i>B. ruziziensis</i>	18,2 b	16,8	35,8	603	34,6 b	6.607	5.600
N	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
0	18,2	16,7	33,4	557	33,5 ⁽¹⁾	6.292	5.575
50	18,9	16,7	37,5	626	35,9	7.594	5.675
100	18,6	16,4	35,6	571	35,3	7.084	6.050
150	19,3	17,3	35,9	622	36,5	6.512	5.950
200	18,7	16,7	37,4	628	36,3	7.963	5.900
CV(%)	6,1	2,7	7,3	6,6	4,7	24,3	26,9

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (p<0,01), (p<0,05) e (p>0,05), respectivamente.

⁽¹⁾ M100= 34,3 + 0,0124N (r²= 0,660**)

A produtividade de grãos (PG), também não foi influenciada pelos consórcios, demonstrando que a competição existente entre as espécies consorciadas não prejudicou este atributo, tendo em vista as altas produtividades obtidas neste sistema de produção. Em algumas situações, pesquisadores relataram que a presença da forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho, porém, em alguns casos, houve necessidade da aplicação de nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira, como forma de garantir o pleno desenvolvimento do milho (BORGHI; CRUSCIOL, 2007), o que não ocorreu no presente ensaio.

De acordo com Kluthcouski e Aidar (2003), avaliando a produtividade de grãos de 18 cultivares de milho em consórcio com forrageiras na estação chuvosa em diferentes locais, concluíram que em geral, a competição interespecífica não reduziu significativamente a produtividade de grãos. Verificaram também que, na maioria dos locais, ocorreram tendências ao aumento de produtividade no sistema consorciado, provavelmente em função da não aplicação de herbicida graminicida em pós-emergência, que reduziu possíveis efeitos

fitotóxicos. Em experimentos mais recentes, onde há maior adoção de tecnologias adequadas às condições do Cerrado e com foco também na produção de grãos, a produtividade do milho consorciado com braquiárias são altas (em geral, acima de 6 t ha^{-1}) e, muitas vezes, superam às obtidas em cultivo solteiro.

A adubação nitrogenada afetou somente a massa de cem grãos (M100), apresentando resposta linear crescente (Tabela 3), não havendo influência desta nos demais componentes da produção e produtividade do milho. Provavelmente, tal fato ocorreu devido ao histórico de oito anos sob SPD da área em questão, onde a mineralização de N possivelmente já era maior do que a imobilização desse nutriente pela palhada, fornecendo desta forma, este nutriente de maneira satisfatória ao desenvolvimento da cultura produtora de grãos e das plantas forrageiras, uma vez que não houve diferença estatística entre os componentes da produção e produtividade da testemunha, ou seja, sem aplicação de N para a maior dose deste nutriente (200 kg N ha^{-1}). Contudo, o aumento neste componente da produção, não resultou em aumento de produtividade, uma vez que esse depende da interação de todos os componentes da produção e não somente de alguns.

São raros os trabalhos publicados sobre a dinâmica de N no sistema Santa Fé. Em pesquisas realizadas com esta finalidade (CAMPOS, 2004; LARA-CABEZAS; PÁDUA, 2007) não foram obtidas respostas positivas do milho às doses de N, em cultivo exclusivo ou consorciado com braquiária, não havendo diferenças significativas na produtividade entre os tratamentos, como o verificado neste trabalho, demonstrando desta forma, a importância de se realizar mais pesquisas sobre a adubação nitrogenada nestes sistemas de produção.

4.2 Experimento II – Adubação nitrogenada em espécies do gênero *Brachiaria* implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho

Encontram-se na Tabela 4, os valores médios de produtividade de massa verde (PMV) e massa seca (PMS) das espécies de braquiárias após o último corte e adubação nitrogenada em cobertura, realizada posteriormente ao consórcio com a cultura do milho.

De acordo com os valores encontrados, nota-se que somente a PMS diferenciou-se entre as espécies de braquiária, obtendo-se os melhores resultados com a *B. brizantha*, onde esta produziu aproximadamente 900 kg ha^{-1} de massa seca a mais que a *B. ruziziensis*, 40 dias após o corte de homogeneização e adubação nitrogenada (Tabela 4). No caso da *B.*

ruziziensis, tais resultados podem ter sido influenciados pelo corte de homogeneização, pois esta espécie apresenta meristema apical mais alto e rebrota mais lenta que a *B. brizantha* (PIRES, 2006). Em trabalho realizado por Leonel et al. (2009), estes também comprovaram a eficiência desse sistema, concluindo que quando o objetivo é recuperar pastagens degradadas para produção de ruminantes, pela maior PMS e melhor composição bromatológica, o cultivo de duas fileiras de capim MG-5 nas entrelinhas do milho é o arranjo mais interessante.

Tabela 4. Produtividade de massa verde (PMV) e massa seca (PMS) em espécies de braquiárias, implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul, 2009.

Tratamento	PMV	PMS
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Espécie	ns	*
<i>B. brizantha</i>	27.550	3.957 a
<i>B. ruziziensis</i>	23.700	3.073 b
N	**	ns
0	14.025 ⁽¹⁾	2.445
50	25.400	3.676
100	28.300	3.854
150	28.950	3.440
200	33.450	4.159
CV(%)	32,9	33,9

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

⁽¹⁾ PMV= 17.545 + 80,8N (r²= 0,797**)

A adubação nitrogenada, realizada cerca de 30 dias após a colheita do milho nas espécies forrageiras, influenciou significativamente a PMV, apresentando aumento linear crescente atingindo produtividade de 33.450 kg ha⁻¹ com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N.

A PMS não foi influenciada pela adubação nitrogenada, mesmo havendo um aumento na produtividade de 1.714 kg ha⁻¹ de massa seca no tratamento sem aplicação de N para o tratamento com aplicação de 200 kg N ha⁻¹ em cobertura. Desta maneira, verificou-se que o fornecimento de N às forrageiras aumentou seu potencial produtivo, mesmo não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. Tal fato pode trazer inúmeros benefícios ao sistema produtivo, tanto quando o objetivo for o fornecimento de alimento aos animais, pois há um incremento na PMS, quanto para a formação de palhada para o SPD, onde haverá maior proteção do solo com relação a problemas com erosão, e principalmente pela cobertura vegetal garantir o fornecimento de nutrientes à cultura em sucessão através do processo de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais.

O sombreamento proporcionado no consórcio com a cultura do milho pode fazer também com que as forrageiras diminuam sua taxa de acúmulo de massa seca. Kluthcouski e Aidar (2003) verificaram que a partir da senescência do milho, o desenvolvimento do capim torna-se rápido, podendo atingir 2.000 kg ha^{-1} de massa seca com a aplicação de N em cobertura 30 dias após a colheita da cultura anual, além de proporcionar maior produtividade de massa seca aos 57 dias após a colheita, resultando também em melhoria na composição bromatológica. De acordo com Severino, Carvalho e Christoffoleti (2006), a alta produtividade das forrageiras, mesmo quando em competição com o milho, se deve à semeadura simultânea das culturas, permitindo maior acúmulo de biomassa pela forrageira devido ao menor efeito de competição interespecífica.

Apesar dos benefícios do efeito residual da adubação da cultura produtora de grãos na ILP serem descritos por Martha Júnior e Vilela (2007), esses não ignoraram a adubação nitrogenada da pastagem, visto que a baixa disponibilidade de N proveniente apenas desse residual pode limitar o desenvolvimento do capim. Porém, conforme Barducci et al. (2009), em sistemas de ILP, a utilização de fertilizantes nitrogenados após a colheita da cultura produtora de grãos pode incrementar a disponibilidade do elemento ao sistema, proporcionando estabelecimento mais rápido da pastagem e aumento na produtividade de massa seca ao longo dos cortes/pastejos no período de outono/inverno, pois apesar da grande quantidade, a palha proveniente do milho não supre a demanda de N, principalmente pelos processos de imobilização microbiana.

Desta maneira, o N é um dos elementos minerais mais limitantes da produtividade de massa seca dos capins destinados a pastejo, colheita como forragem ou simplesmente cobertura morta, onde fatores como excesso na lotação animal e superpastejo, prejudicam o estabelecimento e a duração das pastagens, principalmente no tocante à atividade extensiva (VILELA et al., 2004).

No entanto, mesmo na ausência da adubação nitrogenada no presente trabalho, a PMS média foi maior que 2.400 kg ha^{-1} , na época de maior escassez de volumoso para os animais (inverno), sendo estes valores superiores aos 1.200 kg ha^{-1} preconizados por Mott (1980) como o mínimo aceitável para corte ou consumo de bovinos em pastejo, demonstrando desta forma a viabilidade destas espécies em sistemas de produção como a ILP.

De acordo com Martha Júnior, Vilela e Barcellos (2006), a eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem, em pastagens de gramíneas tropicais na região do Cerrado, é em média de 26 kg de massa seca kg^{-1} de N aplicado, podendo, contudo, chegar a 83 kg de massa seca kg^{-1} de N, sendo que as maiores eficiências médias foram observadas para as doses de até

150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N. Contudo, no presente trabalho ocorreu variação de 81,5 kg⁻¹ de massa seca kg⁻¹ de N na testemunha até 20,8 kg⁻¹ de massa seca kg⁻¹ de N na dose de 200 kg ha⁻¹ de N, entretanto com PMS de 2.445 e 4.159 kg ha⁻¹, respectivamente.

A PMS total de 2 cortes constatada no presente trabalho (em torno de 9 a 10 t ha⁻¹) juntamente com os restos culturais do milho, que de acordo com Borghi, Mello e Crusciol (2004) no mesmo local do presente ensaio e em condições semelhantes de cultivo, demonstraram que em SPD a cultura do milho tem potencial para atingir aproximadamente 9.000 kg ha⁻¹ de massa seca na forma de palhada, ficaram próximos aos valores observados por vários autores (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003, BORGHI et al. 2008; CRUSCIOL et al., 2009) onde a massa seca de *B. brizantha*, associada a restos culturais de milho provenientes de cultivo consorciado, situaram-se entre 7 a 17 t ha⁻¹.

De acordo com Pires (2006), a *B. ruziziensis* é sensível ao pisoteio excessivo; assim, o corte ao invés do pastejo pode viabilizar sua utilização na ILP, já que foi ligeiramente semelhante na PMS e superior na composição bromatológica em relação a *B. brizantha*. Além disso, necessita de menores doses de herbicida para o manejo de dessecação, apresenta produção uniforme de sementes, enquanto que a *B. brizantha* floresce de forma desuniforme, o que favorece a criação de bancos de sementes no solo podendo dificultar as semeaduras subsequentes (TRECENTI, 2005; CECCON, 2007).

Verifica-se que a percentagem de FDN e FDA diferiram significativamente entre as espécies de braquiárias, onde os maiores valores foram verificados na *B. brizantha* (Tabela 5).

Na literatura, a relação entre adubação nitrogenada e FDA é inconsistente. Barros et al. (2002) obtiveram aumento de 0,075 g kg⁻¹ de massa seca no teor de FDA por kg de N aplicado. De acordo com Leonel et al. (2009), verificaram melhor composição bromatológica na *B. brizantha* cv MG-5. Cecato et al. (2004), com a aplicação de quantidades crescentes de N não constataram melhorias na digestibilidade *in vitro* da massa seca de *B. brizantha* (cv. Marandu), muito embora, tenha promovido redução da FDN e FDA.

Os teores de celulose (CEL), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) também diferiram entre as espécies forrageiras (Tabela 5), apresentando maiores valores de CEL na *B. brizantha*, e maiores valores de NDT e DMS na *B. ruziziensis*, confirmando os resultados obtidos por Azenha et al. (2007), comparando espécies de braquiárias, onde concluíram que a *B. ruziziensis* apresentou melhor composição bromatológica, com maiores teores de PB e menores teores de FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina, podendo resultar em melhor digestibilidade, visto que, de acordo com Silva e Queiroz (2002), normalmente, o aumento do teor de lignina e outros compostos estruturais

da parede celular têm correlação significativa e inversa com a digestibilidade e aproveitamento de nutrientes pelos animais.

Tabela 5. Teores percentuais dos componentes bromatológicos em espécies de braquiárias implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.

Tratamento	FDN ^{***}	FDA	HEM	CEL	CZ	LIG	PB	NDT	DMS
Espécie	**	**	ns	**	ns	ns	ns	**	**
<i>B. brizantha</i>	60,3 a	32,0 a	28,3	28,8 a	9,5	2,3	13,7	58,6 b	64,0 b
<i>B. ruziziensis</i>	55,7 b	28,4 b	27,3	25,4 b	9,7	2,2	14,7	60,5 a	66,7 a
N	*	ns	*	ns	ns	ns	**	*	ns
0	61,5 ⁽¹⁾	32,0	29,6 ⁽²⁾	28,5	9,2	2,5	10,3 ⁽³⁾	58,1 ⁽⁴⁾	64,0
50	58,2	30,1	28,1	26,9	9,3	2,1	12,8	59,5	65,5
100	57,9	30,1	27,8	27,0	9,5	2,3	15,0	59,7	65,5
150	56,4	29,1	27,3	26,1	9,8	2,1	16,6	60,3	66,2
200	56,2	29,9	26,3	26,8	10,2	2,1	16,1	60,3	65,6
CV(%)	5,6	6,9	6,2	7,3	8,7	33,0	17,0	2,3	2,5

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

⁽¹⁾ FDN= 60,5 – 0,0250N (r²= 0,846**)

⁽²⁾ HEM= 29,3 – 0,0148N (r²= 0,948**)

⁽³⁾ PB= 10,2 + 0,068N – 0,00019N² (r²= 0,986**; PM=178,9 kg ha⁻¹ de N)

⁽⁴⁾ NDT= 58,5 + 0,0104N (r²=0,846**)

As doses de N proporcionaram diferenças significativas nos valores de FDN e hemicelulose (HEM), apresentado efeito linear decrescente, diminuindo estes valores na medida em que se aumentaram as doses deste nutriente, melhorando a digestibilidade e o provável aproveitamento nutricional pelos animais. Corroboram aos resultados obtidos na presente pesquisa Silva e Queiroz (2002), Azenha et al. (2007) e Barducci et al. (2009), que verificaram também efeito linear decrescente nos teores de FDN em função das doses de N, sendo que no geral também ocorreu aumento do teor de NDT e decréscimo de FDA com elevação dessas doses, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Os teores de FDA não foram influenciados pela adubação nitrogenada (Tabela 5). Vale ressaltar que quanto maior o teor de FDA, menor será a digestibilidade, enquanto que o FDN tem correlação negativa com o consumo das forrageiras, considerando teores de 40% de FDA e 60% de FDN, como limitantes da digestibilidade e do consumo, respectivamente (Van SOEST, 1994). Portanto, os valores de FDA situaram-se abaixo de 40%, porém os teores de

FDN estiveram próximos e em alguns casos superiores a 60%, sendo considerados estes valores altos.

A adubação nitrogenada não influenciou os teores de celulose (CEL), cinzas (CZ) e lignina (LIG), conforme verifica-se na Tabela 5. No geral, os teores de lignina ficaram em média entre 2,1 a 2,5%, teores estes, semelhantes aos relatados por Leonel et al. (2009) nas folhas do capim-MG-5 aos 128 dias após a colheita do milho; por Maranhão et al. (2009) no capim-marandu submetido à doses de N e por Pariz (2010), com as espécies *B. brizantha* cv. Marandu e *B. ruziziensis*, também submetidos à adubação nitrogenada. Os baixos valores para lignina se devem à idade dos capins (40 dias após o corte), onde estas não tiveram tempo suficiente para maior desenvolvimento vegetativo e maior acúmulo de componentes da parede celular.

Os teores de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) também foram influenciados pela adubação nitrogenada, onde houve um efeito quadrático e linear crescente, respectivamente, conforme a maior disponibilização de N (Tabela 5). No geral, os teores de NDT ficaram acima dos 55% relatados como ideais por Van Soest (1994) em forrageiras tropicais. O maior valor encontrado para PB correspondeu à dose de 178,9 kg ha⁻¹ de N, concordando com os resultados obtidos por Cecato et al. (2004), onde a aplicação de doses crescentes de N (até 600 kg ha⁻¹) proporcionou incremento nos teores de PB na forragem, sendo os maiores valores encontrados no período de verão, independente da menor relação lâmina foliar/colmo.

Resultados semelhantes aos descritos anteriormente foram obtidos por Costa et al. (2007), em Latossolo Vermelho Eutrófico textura argilosa, avaliando o capim-Marandu em estágio moderado de degradação, por um período de três anos, onde o aumento das doses de N até 300 kg ha⁻¹, promoveu acréscimos expressivos no teor de PB e redução nos teores de FDN e FDA, sendo que o maior teor de PB foi obtido no terceiro ano de recuperação, demonstrando desta maneira, que a adubação nitrogenada em forrageiras tropicais garantem um menor teor de fibra e melhor valor nutritivo (aumento da PB e do NDT), como o verificado no presente trabalho.

Nota-se que os teores de PB, mesmo na ausência de adubação nitrogenada (10,3%), mostraram-se adequados (Tabela 5), uma vez que pode ter ocorrido influência da adubação residual da cultura do milho e principalmente pela área em estudo se encontrar a oito anos sob SPD. Assim, a mineralização da matéria orgânica pode ter disponibilizado nutrientes às espécies forrageiras, garantindo desta forma o suprimento apropriado de N às plantas. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Benett et al. (2008) e Pariz (2010) em condições

similares às do presente trabalho. Os teores de 10,3 a 16,6% de PB verificados neste experimento são satisfatórios, visto que foram superiores aos 7% considerados por Van Soest (1994) como mínimo para manutenção da população de microorganismos do rúmen de bovinos.

Constam na Tabela 6, os valores médios dos teores de macronutrientes na parte aérea nas duas espécies forrageiras e relação lignina/N total, bem como estes valores em função das doses de N. Verifica-se que os teores de Ca, Mg e S diferiram entre as espécies forrageiras, sendo os maiores valores proporcionados pela *B. ruziziensis*, enquanto que os demais nutrientes não diferiram significativamente.

Tabela 6. Teores nutricionais e relação lignina/N total na parte aérea de espécies de braquiárias implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	lignina/N total
	g kg ⁻¹						
Espécie	ns	ns	ns	**	**	*	ns
<i>B. brizantha</i>	21,9	6,2	25,4	3,6 b	3,2 b	1,17 b	1,05
<i>B. ruziziensis</i>	23,5	6,3	25,5	4,8 a	3,9 a	1,31 a	0,94
N	**	ns	**	ns	**	**	ns
0	16,5 ⁽¹⁾	7,5	21,2 ⁽²⁾	4,1	2,9 ⁽³⁾	1,01 ⁽⁴⁾	1,52
50	20,5	5,8	25,7	4,0	3,2	1,16	1,02
100	24,0	6,0	27,4	4,0	3,6	1,24	0,96
150	26,6	6,0	27,2	4,5	3,9	1,38	0,79
200	25,7	5,9	28,2	4,5	4,1	1,43	0,82
CV(%)	17,0	11,3	10,4	20,8	15,6	15,1	24,7

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

(1) Teor de N= $16,3 + 0,109N - 0,0003N^2$ ($r^2=0,986^{**}$; PM=181,7 kg ha⁻¹ de N)

(2) Teor de K= $21,56 + 0,081N - 0,00025N^2$ ($r^2=0,946^{**}$; PM=162 kg ha⁻¹ de N)

(3) Teor de Mg= $2,91 + 0,0063N$ ($r^2= 976^{**}$)

(4) Teor de S= $1,03 + 0,0021N$ ($r^2= 0,977^{**}$)

De acordo com as doses crescentes de N fornecidas às espécies forrageiras após consórcio com o milho, verificou-se que estas influenciaram os teores médios de N foliar do material vegetal, apresentando ajuste quadrático com o maior teor deste nutriente na dose de 181,7 kg ha⁻¹ de N (Tabela 6). Os teores médios de K, do mesmo modo, foram influenciados pela adubação nitrogenada, onde também houve um ajuste quadrático, cujo maior valor foi obtido com a dose de 162 kg ha⁻¹ de N.

Os teores de Mg e S, por sua vez, foram afetados pelas doses de N, porém notou-se um ajuste linear crescente para estes nutrientes conforme se aumentou a disponibilidade de N às

plantas. Isso demonstra que o fornecimento de N às forrageiras garante também maior absorção e acúmulo de nutrientes pela parte aérea, melhorando assim a qualidade nutricional das mesmas, o que favorece através do processo de decomposição dos resíduos vegetais a liberação e a reciclagem de nutrientes aos cultivos seguintes.

A relação lignina/N total não diferiu estatisticamente entre as espécies forrageiras e adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 6). Apesar da *B.ruziziensis* apresentar maior quantidade de colmos geniculados na parte inferior da planta formados à partir da base dos estolões curtos, esta não demonstrou maior percentagem de lignina, como era esperado, uma vez que quanto maior a quantidade de colmos, maior a quantidade de componentes da parede celular. Porém, como apresentou maior teor de N comparado à *B. brizantha*, demonstrou relação lignina/N total menor, entretanto, não diferenciaram-se estatisticamente. Tal fato pode ter ocorrido devido ao estágio fenológico das plantas (aproximadamente 40 dias após o corte), onde estas não tiveram tempo suficiente para maior desenvolvimento vegetativo.

A adubação nitrogenada diminuiu a relação lignina/N total (Tabela 6), entretanto sem ocorrer diferenças significativas entre os tratamentos. Dubeux Júnior et al. (2006a) também verificaram que a adubação nitrogenada da pastagem com capim-Pensacola diminuiu esta relação, influenciando desta maneira a velocidade de decomposição e a mineralização dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais. No entanto, este sistema indicou que o capim pode armazenar N e P através da imobilização, principalmente no início e final do pastejo, mineralizando-os para a cultura em sucessão através da decomposição da palhada (DUBEUX JÚNIOR et al., 2006b). Tal fato potencializa o sistema com redução das perdas de nutrientes, sendo fator muito favorável nos sistemas de produção.

No entanto, os resultados do presente ensaio foram inferiores aos obtidos por Pariz (2010) com valores de 1,81, 2,95, 1,60 e 2,97 para *B. brizantha* cv. Marandú e *B. ruziziensis* implantadas por ocasião da semeadura do milho e/ou adubação de cobertura, ambas submetidas à adubação nitrogenada, respectivamente, o que pode ter ocorrido em função da idade das espécies forrageiras analisadas. Do mesmo modo, Ulian et al. (2008) também no mesmo local do presente trabalho, avaliando o capim-marandu, o capim-moa, o milheto e o sorgo forrageiro aos 56 DAE no final do verão/início de outono visando a formação de palhada para o feijão de inverno, verificaram relação lignina/N total de 2,78; 3,79; 3,86 e 4,66, respectivamente. Portanto, pode-se afirmar que apesar da adubação nitrogenada ter aumentado o teor de N na parte aérea das espécies forrageiras (Tabela 6), conseqüentemente diminuindo a relação lignina/N total, no geral, tal atributo também é influenciado pela relação folha/colmo, idade do capim e época do ano.

Segundo Bernardes (2003), as forrageiras do gênero *Brachiaria* são amplamente difundidas e bem aceitas pelos produtores rurais, o que facilita a sua eventual adoção para a produção de massa para a cobertura do solo, no sistema plantio direto. Entretanto, trabalhos realizados por Pelá (2002) e Torres (2003), relacionaram o menor acúmulo de massa vegetal promovido pela *B. brizantha*, quando semeada na primavera, ao curto espaço de tempo para o crescimento, entretanto, no consórcio com a cultura do milho pode-se elevar o aporte de massa seca no solo, já que resultados obtidos por Borghi, Mello e Crusciol (2004) no mesmo local do presente ensaio e em condições de cultivo semelhantes demonstraram que em SPD a cultura do milho tem potencial para atingir cerca de 9.000 kg ha⁻¹ de massa seca na forma de palhada.

De acordo com os teores de macronutrientes extraídos pelas duas espécies forrageiras, pode-se observar que somente o P extraído, diferiu estatisticamente entre as duas espécies de braquiárias avaliadas (Tabela 7). Os maiores resultados foram obtidos com a *B. brizantha*, em decorrência da maior PMS produzida por esta espécie (Tabela 4), aproximadamente 900 kg ha⁻¹ a mais que a *B. ruziziensis*.

Tabela 7. Extração de macronutrientes pela parte aérea de espécies de braquiárias implantadas por ocasião do consórcio com a cultura do milho, após corte de homogeneização e adubação nitrogenada. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
Espécie	ns	*	ns	ns	ns	ns
<i>B. brizantha</i>	87,0	23,9 a	100,8	15,0	13,1	4,7
<i>B. ruziziensis</i>	74,2	18,6 b	83,2	14,8	12,1	4,1
N	**	ns	**	ns	**	**
0	39,3 ⁽¹⁾	18,0	50,9 ⁽²⁾	9,6	6,9 ⁽³⁾	2,4 ⁽⁴⁾
50	74,4	20,9	94,7	14,3	11,3	4,1
100	91,2	23,4	105,3	15,2	13,8	4,7
150	91,3	20,5	109,1	15,8	13,8	4,7
200	106,4	23,7	116,0	19,7	17,4	5,9
CV(%)	36,9	31,2	32,7	40,3	41,3	36,1

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

⁽¹⁾ N= 50,4 + 0,302N (r²= 0,862**)

⁽²⁾ K= 66,3 + 0,257N (r²= 0,675**)

⁽³⁾ Mg= 7,93 + 0,0468N (r²= 0,913**)

⁽⁴⁾ S= 2,89 + 0,0149N (r²= 0,881**)

De acordo com Lima et al. (2005), a quantidade potencial de P a ser liberada dos tecidos orgânicos, normalmente ligados estruturalmente a moléculas protéicas e em compostos ligados ao transporte de energia, pode ficar disponível tanto para absorção do sistema

radicular da cultura subsequente quanto para imobilização em compostos minerais de difícil solubilidade. Conforme Jones; Woodmansee (1979), cerca de 77% do P das folhas e 79% do P das raízes mortas ficam disponíveis para o crescimento das plantas cultivadas logo após o cultivo da cultura de cobertura. Desse total de P na parte aérea da planta, cerca de 60% a 80% são solúveis em água, a maior parte na forma orgânica (BROMFIELD; JONES, 1970). Embora o P seja pouco solúvel, grande quantidade pode retornar ao solo por chuvas de alta intensidade (BROMFIELD, 1961), visto que a intensidade e duração da chuva também afetam as quantidades de P que retornam ao solo proveniente da biomassa de resteva.

A adubação nitrogenada influenciou de maneira significativa o acúmulo de N, K, Mg e S na parte aérea das espécies forrageiras após consórcio com milho (Tabela 7), apresentando em todos os tratamentos ajustes lineares crescentes independentemente do não aumento na PMS (Tabela 4). Portanto, de acordo com o aumento das doses de N fornecidas aos capins após consórcio com o milho, houve incremento nutricional nas braquiárias, caracterizando uma matéria prima de melhor qualidade seja para alimentação animal ou para uso como palhada e ciclagem de nutrientes. Fica evidente também que em relação à adubação, é inegável que a maioria das espécies forrageiras exibe elevada resposta produtiva frente à melhoria da disponibilidade de nutrientes, podendo aproveitar até nutrientes de adubações residuais de outros cultivos na área.

Quanto ao acúmulo de nutrientes, podem-se destacar pelos altos valores apresentados de N e K, confirmando serem estes os nutrientes mais absorvidos e acumulados no tecido vegetal das plantas de cobertura (Tabela 7). Por outro lado, os resíduos culturais que permanecem na superfície do solo constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e qualidade e quantidade do resíduo vegetal (ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002).

Em trabalho realizado por Torres, Pereira e Fabian (2008) avaliando o acúmulo de nutrientes em diferentes espécies vegetais, notaram que os maiores valores de N, K e Ca, foram obtidos com milheto, sorgo, braquiária e crotalária, sendo estes relacionados à maior absorção destes elementos pelas plantas. O valor elevado de N nas gramíneas deve-se à alta produção de fitomassa seca e na leguminosa à fixação biológica de N. Verificaram também com relação ao acúmulo de P, Mg e S o bom desempenho no milheto, sorgo, braquiária e a crotalária, com valores diretamente relacionados com a produção de fitomassa seca, porém em menores quantidades.

Torres et al. (2005), avaliando a taxa de decomposição e liberação de nutrientes em diversas espécies de cobertura na região de Cerrado, durante dois anos agrícolas, verificaram valores de N acumulado por *B. brizantha* de 130,8 a 41,6 t ha⁻¹, com produtividades de massa seca em torno de 6,0 e 2,1 t ha⁻¹. Em trabalho realizado por Lima et al. (2005), avaliando o acúmulo de nutrientes pela palhada de diferentes espécies forrageiras verificaram que o nutriente acumulado em maior quantidade, pelas espécies de sorgo de Guiné, milho e painço, foi o K, sendo seguido por N, Ca, Mg e P. Esses maiores acúmulos de K confirmam a alta reciclagem desse elemento pelas gramíneas, o que pode favorecer a rotação e a sucessão com leguminosas fornecedoras de N (RAIJ et al., 1997).

A mineralização dos restos de culturas de cobertura, considerando somente os compartimentos planta e solo, é um sistema aberto com entrada de nutrientes via adubos e restos vegetais, que mineralizam em diferentes velocidades, sem considerar outras entradas, como a água da chuva; as saídas ocorrem pelas perdas por volatilização, lixiviação, percolação e escoamento por erosão laminar. No caso do N, que é um elemento muito móvel no sistema, e, mesmo com as perdas citadas, estima-se que 60% a 70% desse nutriente encontrado na biomassa vegetal heterotrófica é reciclado e novamente absorvido pelas plantas no cultivo seguinte (SPAIN; SALINAS, 1985). Portanto, a quantidade de N que retorna ao solo na forma de resíduos de plantas constitui considerável porção do N total absorvido pelas plantas em sucessão, comparada à pequena parte que é liberado pelas raízes e lavado das folhas pela chuva.

As gramíneas, pelo seu elevado potencial de produção de MS, em alguns casos, podem depositar mais N no solo que as leguminosas, como no caso do milho (PRIMAVESI et al., 2002). Essas grandes quantidades de N acumuladas, por estarem fixadas em compostos orgânicos, ficam à disposição da ciclagem no complexo planta-palha-solo, formado pelos agroecossistemas.

Em relação ao K, como este é o cátion mais abundante no citoplasma das células vegetais e não possuem função estrutural (MARSCHNER, 1995), formam ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003) e, portanto de fácil liberação dos restos vegetais. O K é normalmente o mineral mais abundante no tecido vegetal, e apresenta-se predominantemente na forma iônica K⁺, sendo que a decomposição dos restos vegetais o libera na sua totalidade rapidamente. Assim, pode-se considerar como aproximadamente 100% o aproveitamento do K proveniente dos restos culturais, porém podem ocorrer perdas por lixiviação, quando se trata de solos arenosos (SPAIN; SALINAS, 1985).

Quanto ao Ca, Mg e micronutrientes, não existem na literatura muitos trabalhos dos registros de concentração desses nutrientes na matéria seca (CALEGARI, 1990, 1995; DERPSCH; CALEGARI, 1992).

A utilização de culturas na entressafra com o objetivo de cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, visando à diversificação da produção agrícola com sustentabilidade (CHAVES; CALEGARI, 2001), é uma estratégia para melhoria da qualidade ambiental, e diminui os efeitos nocivos do monocultivo. Para que uma espécie seja eficaz na ciclagem de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (BRAZ et al., 2004). No entanto, não se deve esquecer de que se trata de uma reciclagem, devendo haver tempo suficiente para todos esses nutrientes serem disponibilizados no solo, ou seja, os benefícios não são imediatos. As práticas vegetativas, que envolvem a cobertura vegetal do solo, além de simples, auxiliam no controle da erosão e, na maioria dos casos, melhoram a disponibilidade de nutrientes para a cultura subsequente.

Analisando-se a Figura 2, verifica-se que a produtividade de massa seca remanescente das espécies forrageiras, de maneira geral, foram influenciadas pela adubação nitrogenada na pastagem ($P < 0,01$), apresentando efeito decrescente (linear ou exponencial) em função do número de dias após o manejo de corte (DAM).

A palhada das forrageiras apresentaram tempo de meia vida, ou seja, quando cerca de 50% dos resíduos vegetais presentes na área haviam se decomposto, entre 90 e 120 DAM (Figura 2), demonstrando ser muito benéfica a utilização dessas espécies em SPD na região de Cerrado, onde o clima favorece a rápida decomposição da palhada das plantas de cobertura sobre a superfície do solo. Estes resíduos protegem o solo durante grande parte do desenvolvimento da cultura em sucessão, garantindo menor variação na temperatura do solo, maior umidade e principalmente disponibilização de nutrientes através do processo de decomposição e mineralização do material vegetal, características do SPD.

Torres et al. (2005), avaliando o tempo de meia-vida ($T^{1/2}$) para decomposição de resíduos vegetais, observaram que metade dos resíduos vegetais provenientes da área de pousio e da área de braquiária havia se decomposto, respectivamente, aos 65 e aos 52 dias. De acordo com os mesmos autores, este baixo tempo de meia-vida deveu-se à baixa relação C/N destes materiais, valores de 16,1 e 19,6 para pousio e braquiária respectivamente nos dois anos agrícolas avaliados.

Aos 120 DAM, época da última avaliação do remanescente de palha, tanto a *B. brizantha* quanto a *B. ruziziensis* apresentaram maior quantidade de cobertura nos tratamentos

com as maiores doses de N, em virtude de maior PMS destes. No geral, o remanescente de palha, foi superior a 1000 kg ha⁻¹, demonstrando a viabilidade na utilização destas espécies forrageiras como cobertura do solo para o SPD em região de Cerrado.

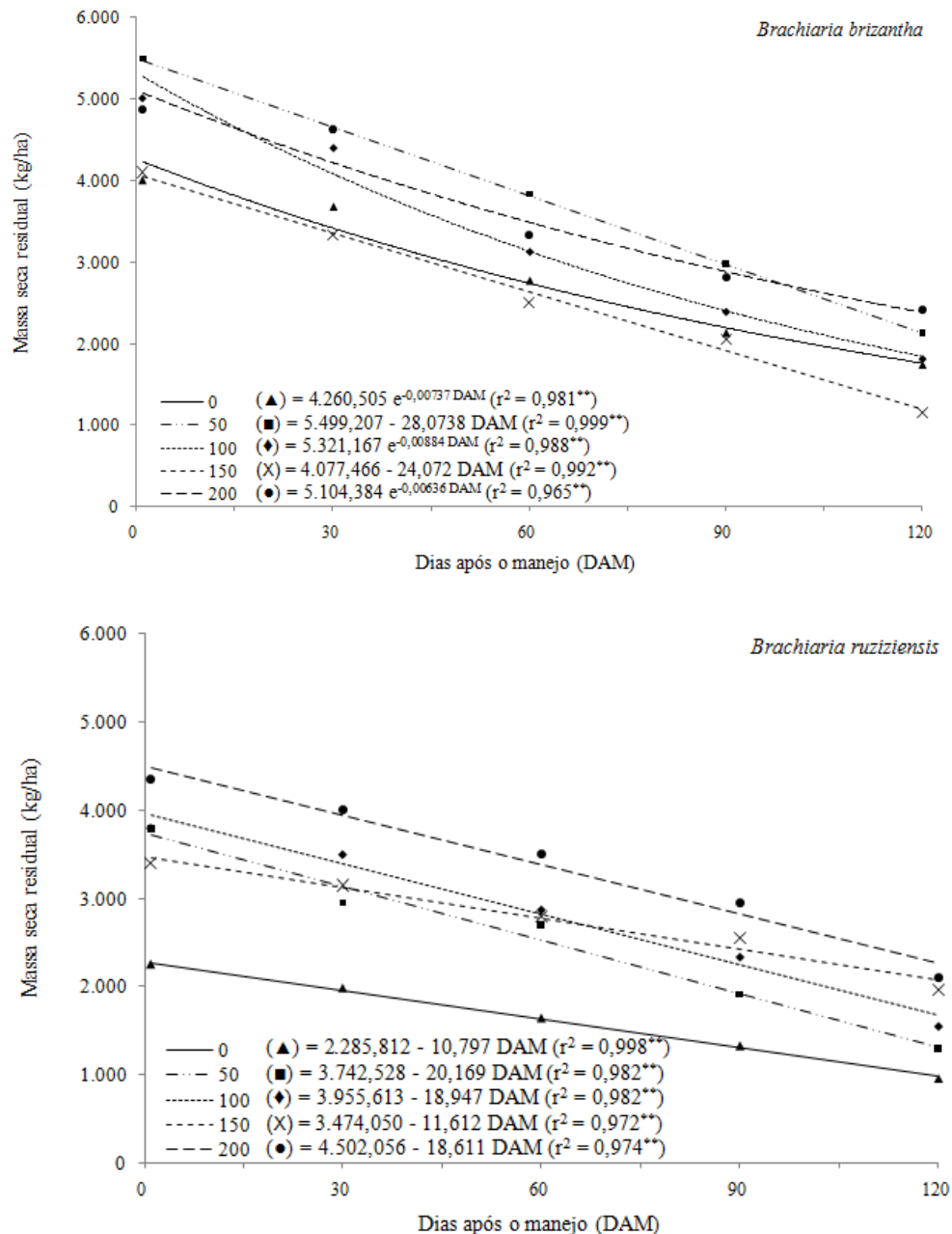


Figura 2. Produtividade de massa seca das espécies de braquiárias remanescente no solo até 120 DAM, em função da adubação nitrogenada. Selvíria. Mato Grosso do Sul. 2009.

** , * , ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

A *B. brizantha*, de maneira geral, apresentou maior massa seca residual em comparação à *B. ruziziensis*, pois produziu cerca de 900 hg ha⁻¹ de massa seca a mais. Normalmente, a decomposição da palha das espécies forrageiras, acompanhou a produtividade de massa seca

total, sendo que quanto mais palha produzida (kg ha^{-1}), maior remanescência aos 120 DAM. A maior quantidade de palha resulta conseqüentemente em menor contato com a superfície do solo, fato este que proporciona redução no processo de decomposição dos resíduos vegetais, garantindo que a palhada permaneça sobre o solo durante maior período de tempo.

Em trabalho realizado por Kliemann, Braz e Silveira (2006), avaliando a taxa de decomposição de diversas espécies de cobertura, verificaram que para a *B. brizantha*, em termos relativos, apresentou perdas de massa que corresponderam a 48% até os 150 dias de avaliação, e de 62%, para uma estimativa de 360 dias, valores estes próximos aos encontrados no presente trabalho.

Resultados semelhantes também foram relatados por Rezende et al. (1999) com *B. humidicola*, onde foram verificadas reduções de fitomassa próximas a 60% no período de 112 dias, na estação chuvosa, e de 50% no período de 140 dias, na estação seca. De acordo com Teixeira Neto (2002), estes valores estiveram próximos a um percentual de decomposição de 75%, aos 180 DAM, em palhada de braquiária em cultivo solteiro no período chuvoso.

Segundo Cobucci (2001), o sistema plantio direto depende para a sua evolução, de fontes eficientes de cobertura morta com longevidade adequada. Essa característica, segundo o autor, é garantida com as forrageiras do gênero *Brachiaria*, as quais têm produzido, quando bem manejadas, acima de 15 t ha^{-1} de biomassa seca e persistem por mais de seis meses na superfície do solo.

Diante do exposto, uma das maiores vantagens da decomposição dos resíduos vegetais é a liberação de nutrientes às culturas em sucessão. Torres, Pereira e Fabian (2008), avaliando a liberação de nutrientes do milheto, *B. brizantha*, sorgo forrageiro, guandu, crotalária juncea, aveia preta e pousio (vegetação espontânea) em dois anos de cultivo, notaram que no primeiro ano de avaliação, o pousio e a braquiária foram as coberturas com as maiores taxas de decomposição e liberação aos 42 DAM e os menores $T_{1/2}$ para todos os nutrientes avaliados, com exceção do N, Ca e Mg. De acordo com Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Brito (2007), verificaram em braquiária, $T_{1/2}$ de 131, 112, 198 e 122 para N, P, Ca e Mg, respectivamente.

Da mesma forma que para a produtividade de massa seca residual, o percentual de palha remanescente das espécies forrageiras também foram influenciados pela adubação nitrogenada ($P < 0,01$), e apresentaram de maneira geral, efeito também decrescente em função de DAM (Figura 3).

Pode-se verificar que o percentual de palha remanescente das espécies forrageiras aos 120 DAM situou-se em média entre 40% a 70%, demonstrando grande potencial de uso

destas espécies na formação de palha para os sistemas de produção. Silva et al. (1997), avaliaram a taxa de decomposição de crotalária, guandu, mucuna-preta e braquiária em solo sob cerrado nativo e solos descobertos e obtiveram taxas de decomposição de 61,3; 61,9; 65,6 e 78,9 %, respectivamente, decorridos 60 dias após a implantação das bolsas de decomposição (“Litter bags”).

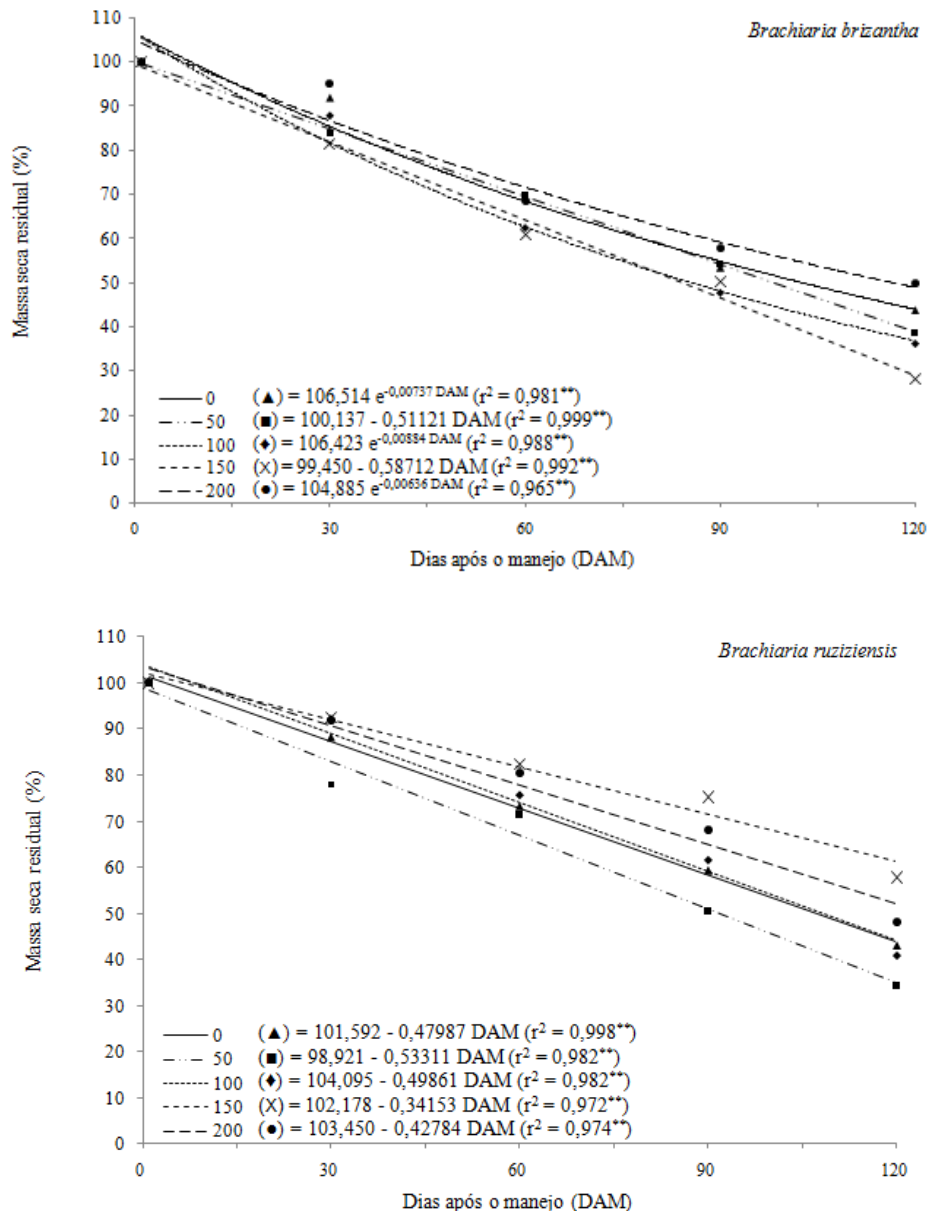


Figura 3. Percentual de palha das espécies de braquiárias remanescente no solo até 120 DAM, em função da adubação nitrogenada. Selvíria. Mato Grosso do Sul. 2009.

** , * , ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

A decomposição das gramíneas é mais lenta, quando comparada a das leguminosas e crucíferas, estando este comportamento diretamente relacionado à relação C/N e ao teor de

lignina do material vegetal. Kliemann, Braz e Silveira (2006), estudando taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico, concluíram que as palhadas mais frágeis e menos persistentes em ordem decrescente foram do capim-mombaça, sorgo granífero, milheto, estilosantes, guandu, *B. brizantha* em cultivo exclusivo e em consórcio com milho, respectivamente. As perdas relativas de massa seca das palhadas aos 150 dias mostraram a seguinte ordem decrescente de decomposição: sorgo (80%), estilosantes (72%), guandu (65%), capim-mombaça (64%), milheto (58%), *B. brizantha* em cultivo exclusivo (56%) e em cultivo consorciado (48%), sendo, portanto, com valores semelhantes aos verificados na presente pesquisa no consórcio milho/Brachiarias.

Ulian et al. (2010), avaliando três espécies de cobertura (sorgo forrageiro, milheto e *B. brizantha* cv. MG-5) quanto a produção de palha e tempo de decomposição notaram que, na 1ª época de avaliação, o sorgo e milheto apresentaram residual de palha por volta de 25% da massa seca inicial aos 180 DAM (idade de corte de 45 DAE), valores estes inferiores aos 52% da *Brachiaria brizantha* aos 150 DAM (idade de corte de 57 DAE) verificados por Kliemann, Braz e Silveira (2006). Ainda Ulian et al. (2010), verificaram também que a braquiária apresentou a maior taxa de decomposição em todas as épocas avaliadas a partir principalmente dos 30 DAM desta, independentemente da época, pois esta foi a espécie com maior teor de PB, conseqüentemente maior teor de N e menor de LIG, além de uma menor produtividade de massa seca produzida quando comparada às outras espécies. Desta forma, quanto maior a quantidade de palha em contato com o solo, maior a velocidade de decomposição dos resíduos vegetais.

De acordo com Ulian et al. (2008), avaliando a decomposição de espécies forrageiras, verificaram que as percentagens de palha remanescente foram de 70, 65, 55 e 45%, respectivamente para o sorgo forrageiro, *B. brizantha*, milheto e capim moa semeados em meados de setembro (120 DAM). Valores estes superiores aos 45% do milheto aos 15 dias após o manejo (DAM – idade de corte de 30 DAE) encontrados por Andreotti, Siqueira Filho e Buzetti (2006), e aos 52% da *Brachiaria brizantha* aos 150 DAM (idade de corte de 57 DAE) verificados por Kliemann, Braz e Silveira (2006). Ulian et al. (2008), observaram ainda que somente nas duas épocas finais (final de setembro e meados de outubro), os valores de massa seca das espécies forrageiras atingiram valores inferiores aos 50% de palha remanescente sobre o solo aos 120 DAM. Demonstrando que a quantidade e persistência da palhada também são importantes no controle de plantas daninhas e, conseqüentemente, na redução dos custos com herbicidas.

Boer et al. (2007), avaliou a ciclagem de nutrientes no Cerrado, utilizando plantas de cobertura semeadas na safrinha, constataram que a maioria dos nutrientes é liberada de forma precoce para aproveitamento da safra seguinte, em razão da acelerada decomposição dos resíduos vegetais. Para compensar essa defasagem, torna-se necessário o uso de técnicas que aumentem o acúmulo de fitomassa por parte das plantas de cobertura (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006) e que sincronizem a decomposição da palhada e a taxa de liberação dos nutrientes com a demanda das culturas anuais semeadas em sucessão (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007).

A adoção do SPD em condições tropicais tem indicado a necessidade de grandes quantidades de resíduos culturais para que o sistema possa expressar satisfatoriamente o seu potencial, sendo que quantidades cada vez mais elevadas de palhada tem sido preconizadas por pesquisadores e produtores. Ruedell (1998) sugeriram uma adição anual de 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca, enquanto que para Fiorin (1999) e Bayer et al. (2000) o aporte deveria ser de 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹ de massa seca. No entanto, em regiões de Cerrado com inverno seco e quente, como da presente pesquisa, caracterizado pela rápida decomposição dos resíduos vegetais, o aporte pode ultrapassar essas quantidades supracitadas.

Neste contexto, a ciclagem de nutrientes é influenciada pela rotação de culturas e pela presença de cobertura vegetal na superfície do solo. Portanto, a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo reduz a taxa de decomposição, favorecendo a liberação gradual de nutrientes, sendo que o sincronismo entre a liberação e a demanda de nutrientes pela cultura em sucessão é fundamental para a redução das perdas de nutrientes por lixiviação (AMADO, 2000).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar o potencial de decomposição e mineralização de várias espécies de plantas de cobertura, especialmente em sistema plantio direto (BERTOL et al., 1998; TORRES et al., 2005) e pastagens consorciadas (OLIVEIRA et al., 2003). Os resultados obtidos na presente pesquisa demonstram o potencial de utilização dessas espécies como plantas de cobertura para a região do Cerrado, principalmente em períodos de entressafra, pois além de acumularem biomassa, promovem a reciclagem de nutrientes e sua liberação gradativa, onde a disponibilidade destes pode ser rápida e intensa, dependendo, dentre outros fatores, do regime de chuvas, da espécie empregada e do tipo de solo (PRIMAVESI et al., 2002; ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003). A maior cobertura do solo contribuiu para manter em níveis elevados de umidade do solo e redução das perdas pela erosão, reforçando a indicação dessas espécies para uso como plantas de cobertura.

Desta maneira, elevadas quantidades de resíduos somente são possíveis em sistemas de produção que incluam a utilização de culturas de cobertura, rotação de culturas e mais recentemente a ILP. Nesse contexto, estes resultados demonstram o elevado potencial de utilização das forragens em sistemas de ILP sob SPD, tanto como forragem para o inverno/primavera (entressafra), tendo em vista os elevados teores nutricionais e composição bromatológica na parte aérea, e/ou palhada para a cultura subsequente na região do Cerrado, pois além de seus resíduos protegerem o solo contra a erosão, promovem a reciclagem de nutrientes favorecendo o cultivo de culturas em sucessão.

4.3 Experimento III – Cultivo do feijoeiro de inverno sobre a palhada de braquiárias submetidas à adubação nitrogenada

Verificam-se na Tabela 8, os teores nutricionais e leituras ICF em folhas de feijoeiro de inverno cultivado em sucessão a espécies de braquiárias, onde estas foram submetidas à adubação nitrogenada em cobertura, assim como os valores médios para altura de inserção da primeira vagem (AIPV). Nota-se que somente os teores foliares de P e K, foram influenciados pelas plantas forrageiras, onde os melhores resultados foram proporcionados quando o feijoeiro foi cultivado sobre a palhada da *B. brizantha*.

Tabela 8. Teores nutricionais, leituras ICF e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) em feijoeiro de inverno cv. Pérola cultivado sobre palhada de espécies de braquiárias adubadas com doses de N. Selvíria, Mato Grosso do Sul, 2009.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	ICF	AIPV
	g kg ⁻¹							cm
Espécie	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
<i>B. brizantha</i>	40,3	7,2 a	25,1 a	12,5	3,7	1,3	44,2	9,7
<i>B. ruziziensis</i>	40,3	6,6 b	23,8 b	12,2	3,7	1,2	44,7	9,2
N	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns
0	40,7	7,2	24,4	11,0 ⁽¹⁾	3,5 ⁽²⁾	1,3	45,5	9,1
50	38,8	7,0	24,9	10,8	3,3	1,3	44,0	9,1
100	41,1	7,1	25,4	12,4	3,8	1,3	44,6	9,5
150	39,3	6,5	24,0	13,6	3,9	1,2	43,9	9,9
200	41,7	6,6	23,5	13,8	4,1	1,3	44,1	9,7
CV(%)	6,0	10,9	7,1	16,6	9,1	10,1	8,3	20,3

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

⁽¹⁾ Ca=10,65 + 0,0166N (r²= 0,901**)

⁽²⁾ Mg= 3,32+0,0039N (r²= 0,831**)

Os teores de P nas folhas de feijoeiro ficaram acima do recomendado por Ambrosano et al. (1997) como valores críticos, que devem estar entre 2,5-4,0 g kg⁻¹ na massa seca. Em trabalho realizado por Menezes e Leandro (2004), avaliando a produção de fitomassa de oito plantas de cobertura do solo, entre elas a *Brachiaria ruziziensis*, observaram que esta foi uma das plantas em que se obtiveram maiores produções de fitomassa total e residual, além de maiores quantidades de P acumulado.

Segundo Jones e Woodmanse (1979), aproximadamente 77% do fósforo das folhas ficaram disponíveis para o crescimento das plantas cultivadas logo após o cultivo das plantas de cobertura. Em comparação às espécies forrageiras na presente pesquisa, os maiores teores foliares de P e K no feijoeiro cultivado sobre a *B. brizantha* podem ter sido em função da maior PMS proporcionada por esta espécie em antecessão (cerca de 900 kg ha⁻¹ a mais que a *B. ruziziensis*), fornecendo assim maior quantidade de nutrientes ao feijoeiro.

O processo de decomposição da palhada das plantas de cobertura garantiu maior disponibilização também de potássio (Tabela 8). Valores preconizados como adequados por Ambrosano et al. (1997), devem estar entre 20 a 25 g kg⁻¹ na massa seca, portanto, no presente trabalho pode-se inferir que os teores de K estavam adequados.

O potássio encontra-se predominantemente na forma iônica K⁺, uma vez que o nutriente não participa de componentes funcionais e estruturais da planta, a decomposição dos restos vegetais o libera quase que na sua totalidade. Desse modo, pode-se considerar um aproveitamento acima de 75% do potássio proveniente dos restos culturais (SPAIN; SALINAS 1985). Segundo Rosolem et al. (2007), a ação da água das chuvas, independentemente da mineralização da matéria orgânica, pode constituir um fator importante na lixiviação de nutrientes de restos vegetais, como ocorre com o K. Também Rosolem, Calonego e Foloni (2003) submeteram restos vegetais de seis espécies de plantas de cobertura a diferentes quantidades de chuva aplicada e observaram lixiviação de K, com valores que variaram de 7 a 24 kg ha⁻¹ do nutriente, sem que houvesse decomposição da palha.

O teor de N foliar variou de 38,7 a 41,7 g kg⁻¹ (Tabela 8), não sofrendo influência das espécies de braquiárias e adubações realizadas nas plantas forrageiras anteriormente ao cultivo do feijão, demonstrando assim que mesmo na ausência da adubação nitrogenada as plantas forrageiras foram capazes de fornecer este nutriente de maneira adequada ao feijoeiro. Tal fato pode ter ocorrido, pelo aumento da disponibilidade da matéria orgânica em consequência da decomposição das plantas de cobertura e da disponibilização do nutriente no solo, e também pela própria adubação em cobertura do feijoeiro na dose de 70 kg ha⁻¹ de N.

Esses valores para o teor de N foliar estão de acordo com os relatados por Ambrosano et al. (1997) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que consideram o valor de 30 a 50 g kg⁻¹ como adequado para a cultura do feijão. Conforme Volpe et al. (2008), as deficiências de N são mais acentuadas em sistema plantio direto do que no preparo convencional e a rotação de culturas, com a inclusão de leguminosas ou gramíneas de baixa relação C/N, permite diminuir a intensidade das deficiências, proporcionando melhoria da produtividade e economia nos gastos com adubo nitrogenado.

De acordo com Silveira et al. (2005), embora grande quantidade de N possa estar contida na parte aérea das culturas denominadas de cobertura do solo, a quantidade real de nitrogênio aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da fitomassa e a taxa de demanda da cultura sucessora. Portanto, a estimativa da quantidade de N disponibilizada é fundamental para se determinar a dose do nutriente a ser fornecida via adubação mineral, seguindo os critérios de produtividade, retorno econômico e preservação ambiental.

Na mineralização do tecido foliar de culturas ocorrem perdas de nutrientes por volatilização, lixiviação, percolação e escorrimento por erosão laminar. Mesmo com essas perdas, estima-se que 60% a 70% do N encontrado na biomassa vegetal é reciclado e novamente absorvido pelas plantas do cultivo seguinte (SPAIN; SALINAS, 1985). Demonstrando desta maneira que a palhada produzida pelas espécies forrageiras, mesmo gramíneas foram determinantes na boa nutrição do feijoeiro.

Os teores médios de Ca e Mg foliares (Tabela 8) foram significativos quando relacionados à adubação nitrogenada nas plantas de cobertura antecessoras ao feijoeiro, apresentando ajustes lineares crescentes. De acordo com Ambrosano et al. (1997), os valores de cálcio e magnésio nas folhas de feijoeiro devem estar entre 10-25 g kg⁻¹ e 2,5-5,0 g kg⁻¹, respectivamente, consideradas estas as faixas adequadas para a cultura. Assim, no presente trabalho os valores ficaram dentro da faixa adequada. Estes resultados discordam em parte dos valores obtidos por Teixeira et al. (2008), onde a aplicação de N resultou em decréscimo, mesmo que discreto, nos teores de Ca, porém causou aumento linear do teor de Mg nas folhas de feijoeiro.

Os teores de enxofre apresentaram-se abaixo do adequado (AMBROSANO et al., 1997), sendo inferiores a 2,0-3,0 g kg⁻¹ na massa seca, não havendo influencia das espécies de cobertura e da adubação nitrogenada (Tabela 8). Esses resultados advêm em parte do uso contínuo de uréia como fonte de N na área do experimento e pela não adição de fontes alternativas de S. A palhada de gramíneas de alta relação C/N e C/S podem também diminuir

a disponibilização de nutrientes às culturas em sucessão no processo de mineralização, onde tal fato pode ter limitado também as respostas nutricionais em folhas de feijoeiro à adubação nitrogenada realizada em antecessão nas espécies de braquiárias.

O índice ICF, medido por clorofilômetro portátil nas folhas do feijoeiro, se situaram entre 43,9 a 45,4, não sofrendo a interferência da adubação nitrogenada nem das espécies de braquiária, portanto, demonstrando o mesmo efeito com relação aos teores foliares de N (Tabela 8). O teor de clorofila é medido indiretamente pelo índice SPAD ou ICF e constitui-se alternativa promissora para avaliação do estado nutricional de N nas plantas, podendo possibilitar o manejo mais eficiente da adubação nitrogenada. Além disso, pode permitir a sincronização da aplicação do N com a época de demanda do nutriente pela planta.

A determinação indireta do teor de clorofila realizada por meio de leituras com clorofilômetro nas lâminas foliares viabiliza o diagnóstico prévio de uma possível deficiência de N na planta (ROCHA et al., 2005). De acordo com Soratto, Carvalho e Arf (2004), a avaliação indireta do teor de clorofila é eficiente para indicar o estado nutricional do feijoeiro quanto ao N, em diferentes sistemas de manejo do solo. Além disso, normalmente há uma alta correlação entre o teor de N e de clorofila nas folhas do feijoeiro evidenciando a possibilidade da utilização da prática não destrutiva de medição indireta da clorofila, por meio do clorofilômetro portátil, para estimar a necessidade de N pelo feijoeiro (FURLANI JUNIOR et al., 1996; CARVALHO et al., 2003).

Contudo, não houve correlação linear entre os teores de N foliares e leituras ICF, bem como desta com a produtividade de grãos do feijoeiro, assim recomenda-se mais estudos com este equipamento para garantir o manejo mais eficiente da adubação nitrogenada na cultura em questão.

A altura de inserção da primeira vagem (AIPV), também não foi influenciada pelas espécies de braquiárias e pela adubação nitrogenada, variando entre 9,1 cm na testemunha e atingindo a maior altura na dose de 150 kg ha⁻¹ de N com 9,9 cm (Tabela 8).

A população de plantas (POP) e o número de grãos por planta (NGP) não apresentaram diferenças com relação às espécies de braquiárias e doses de N (Tabela 9). De maneira que o número de grãos por planta é uma característica de alta herdabilidade genética, sendo pouco influenciada pelo ambiente (ANDRADE et al., 1998).

O número de vagens por planta (NVP) e a massa de cem grãos (M100) foram influenciadas pelo efeito das plantas forrageiras, sendo os melhores resultados obtidos quando o feijoeiro foi cultivado sob palhada de *B. ruziziensis* (Tabela 9). Esta espécie apresentou melhor composição bromatológica (Tabela 5) e nutricional (Tabela 6) comparada à *B.*

brizantha, e, portanto, esta pode ser uma provável explicação desta espécie ter proporcionado maior número de vagens por planta e massa de 100 grãos ao feijoeiro.

Tabela 9. População de plantas (POP), número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), massa de cem grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) do feijoeiro de inverno cv. Pérola cultivado sobre palhada de espécies de braquiárias, adubadas com doses de N. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.

Tratamento	POP ^{***}	NVP	NGP	M100	PG
Espécie	ns	*	ns	**	ns
<i>B. brizantha</i>	277.778	9,8 b	46,5	20,9 b	3.971
<i>B. ruziziensis</i>	274.444	11,6 a	52,2	22,6 a	4.250
N	ns	ns	ns	ns	ns
0	286.444	12,2	57,0	21,8	3.850
50	287.500	9,5	44,5	21,7	4.309
100	272.223	10,5	46,4	22,3	4.115
150	276.389	10,2	47,6	21,5	4.216
200	258.334	11,1	51,2	21,3	4.062
CV(%)	11,5	23,6	26,5	7,5	13,2

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *; ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

A *Brachiaria ruziziensis*, apesar de apresentar normalmente, menor produtividade de massa seca, em relação à *B.brizantha*, na ILP destaca-se pela rápida cobertura do solo, boa composição bromatológica, palatabilidade, excelente reciclagem de nutrientes e facilidade na sua dessecação (TRECENZI, 2005; PIRES, 2006; CECCON, 2007). Nesse contexto, Borghi (2007) observou que as concentrações de componentes da parede celular e a relação lignina/N total determinam a perenidade das coberturas na superfície do solo e posterior mineralização de nutrientes, em especial o N.

As doses de nitrogênio não influenciaram de maneira significativa os componentes de produção nem a produtividade do feijoeiro (Tabela 9). Embora o feijoeiro apresente ciclo curto, variando de 90 a 100 dias, sendo provável que, no período de maior exigência ao N, ou seja, na fase vegetativa e início da reprodutiva, dos 35 aos 50 dias da emergência da planta (ARF et al., 1999), a decomposição da palhada das braquiárias aliada a adubação nitrogenada em cobertura, provavelmente tenham suprido a demanda do feijoeiro quanto a esse nutriente.

Salton (2000) constatou que nos resíduos vegetais de milho e braquiária existem altos teores de N, além da grande quantidade de fitomassa produzida, chegando a representar uma disponibilidade potencial de 209 e 250 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. As braquiárias se caracterizam ainda por apresentar ativo e contínuo crescimento radicular, alta capacidade de produção de biomassa e reciclagem de nutrientes.

De acordo com Igue et al. (1984), a palhada de gramíneas libera os nutrientes em médio e em longo prazo, e mesmo que nem todo o N da palhada tenha sido mineralizada durante o ciclo do feijoeiro, onde grande quantidade do N aplicado pode ter sido imobilizada pela massa celular microbiana, possivelmente a quantidade de N disponibilizada para as plantas de feijão tenha sido suficiente para o adequado suprimento, a ponto de anular os efeitos da aplicação das doses de N mineral. Gomes Junior (2006) verificou retorno de 17 kg de N por tonelada de palhada para *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

O cultivo de feijoeiro no sistema plantio direto sob diferentes palhadas de plantas de cobertura tem aumentado sua produtividade. Kluthcouski et al. (2001) verificaram que as melhores produtividades de feijão cultivar Pérola foram constatados em palhada de *Brachiaria brizantha*, em comparação com a palhada de milho, sorgo, soja e arroz. Os autores não verificaram efeitos positivos da palhada de arroz, que constituiu-se no pior tratamento. A palhada de soja também não foi benéfica para a cobertura do solo, o que pode estar relacionado tanto com a escassez de cobertura como a maior incidência de doenças no feijoeiro. A produtividade do feijoeiro, quando se utilizou a palhada de milho foi 10% inferior à constatada para a palhada de braquiária.

Contudo Araújo et al. (2008), conduziram experimento sob sistema plantio direto com feijoeiro no município de Selvíria-MS sobre Latossolo Vermelho, em que utilizaram como palhada o milheto, o sorgo forrageiro, o capim moa e a *Brachiaria brizantha*, e verificaram que não houve interferência nos componentes da produção e produtividade do feijão de inverno com relação às diferentes espécies de cobertura.

Estudando o efeito de doses de N (45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹) em diversas coberturas vegetais (milho + *Brachiaria brizanta*, *Brachiaria brizanta*, arroz, soja e sorgo) sobre a produtividade do feijoeiro cultivar Pérola, cultivado em uma área em SPD há dez anos, Oliveira (2001) verificou melhores produtividades nas palhadas de braquiária e piores na palhada de arroz. Além disso, ele constatou ausência de efeito das doses crescentes de N sobre a produtividade de grãos, haja vista que se tratava de um solo com alto teor de matéria orgânica.

Solos sob cultivo contínuo, principalmente no SPD, tendem, ao longo do tempo, a acumular nutrientes no perfil explorado pelas raízes tornando menos freqüente a resposta à adubação com outros macro e micronutrientes (KLUTHCOUSKI et al., 2005). Portanto, pelo histórico de oito anos sob SPD na área, a produtividade de grãos do presente trabalho foi satisfatória (3.850 a 4.309 kg ha⁻¹) e bem acima da média nacional (1.079 kg ha⁻¹). Entretanto não apresentou efeito tanto das doses de N aplicadas em antecessão, bem como das espécies

forrageiras (Tabela 9), mesmo com a *B. ruziziensis* tendo proporcionado incrementos no número de vagens e massa de 100 grãos, uma vez que os componentes da produção devem ter efeito aditivo geral e não apenas em alguns deles.

Neste contexto, Silveira et al. (2005) obtiveram produtividade do feijoeiro cv. Pérola de 1.504 kg ha⁻¹ sobre palhada de braquiária. De acordo com Garcia, Fornasieri Filho e Rossato Júnior (2003), a produtividade do feijoeiro sobre diferentes espécies vegetais como plantas de cobertura foi em média de 1.322 kg ha⁻¹ quando a espécie de cobertura foi a braquiária. Valderrama et al. (2009), avaliando o efeito de doses de N e P em cobertura, sobre os componentes de produção e produtividade do feijoeiro de inverno cv. Pérola, irrigado, em sistema plantio direto, onde a cultura antecessora foi o arroz, verificaram produtividades em torno de 2.016 a 2.312 kg ha⁻¹, sendo estes resultados inferiores aos obtidos no presente trabalho.

Com relação à fertilidade do solo, analisada durante o desenvolvimento da cultura do feijoeiro (Tabela 10), constatou-se que após adubação das braquiárias e certo período de decomposição das mesmas, houve interferência positiva das plantas de cobertura em melhorar os teores de alguns nutrientes no solo, principalmente de cálcio e magnésio, comparados aos existentes anteriormente à instalação do experimento.

Tabela 10. Médias dos atributos da fertilidade do solo na camada de 0-0,20 m na área cultivada com feijoeiro de inverno cv. Pérola sobre palhada de espécies de braquiárias adubadas com doses de N. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2009.

Tratamento	P (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH(CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H + Al mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %
Espécie	ns	**	ns	ns	*	*	ns	*	**	ns
<i>B. brizantha</i>	16,2	23,2 a	5,04	2,27	21,5 a	13,3 a	34,0	37,1 a	71,1 a	51,8
<i>B. ruziziensis</i>	13,1	21,0 b	4,98	2,16	17,8 b	11,6 b	33,7	31,6 b	65,3 b	48,2
N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
0	13,4	22,9	5,08	2,14	20,6	13,4	33,5	36,1	69,6	51,5
50	12,5	22,1	5,01	2,37	19,5	12,8	33,0	34,6	67,4	51,0
100	13,3	22,1	4,93	2,21	16,9	11,0	35,3	30,1	65,3	46,0
150	13,6	21,6	5,06	2,10	21,5	12,8	33,0	36,3	69,3	51,8
200	20,6	21,9	4,98	2,24	19,9	12,4	34,7	34,5	69,2	49,9
CV(%)	49,8	7,7	4,5	31,4	23,2	21,4	14,0	20,7	6,7	15,9

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “t” de Student, onde: **, *, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

Esse fato resultou em melhora na soma de bases (SB), uma vez que houve o aumento destes teores no solo. Também foi observado, efeito significativo das espécies de cobertura no teor de matéria orgânica, devido à decomposição da palhada, influenciando conseqüentemente os valores de CTC (capacidade de troca catiônica), sendo os melhores resultados encontrados no solo onde a planta de cobertura foi a *Brachiaria brizantha* (Tabela 10).

A fertilidade do solo desempenha um papel importante no desenvolvimento das plantas, na sua produtividade e na concentração de nutrientes em suas folhas (limbo foliar). Magalhães, Oliveira e Kliemann (2002) avaliaram as relações entre produção de massa seca e a exportação de nutrientes em solos sob Cerrado com vários anos de utilização da *Brachiaria brizantha* e constataram que a produtividade de massa seca, os teores de nutrientes da parte aérea e as quantidades exportadas variaram com a quantidade de anos de uso do solo pela forrageira. Malavolta (1980) relatou valores de produção de massa seca de forrageiras variando de 13.000 a 25.000 kg ha⁻¹ e valores dos macronutrientes N, P e K, extraídos pela parte aérea de, respectivamente, 200 a 300 kg ha⁻¹, 30 a 70 kg ha⁻¹ e 200 a 500 kg ha⁻¹. De acordo com Magalhães (1997), a *Brachiaria brizantha* com seis toneladas de biomassa seca disponível, pode reciclar, com a sua incorporação, aproximadamente 62, 12, 110, 13 e 12 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg e 178, 20, 923 e 3021 g ha⁻¹ de Zn, Cu, Mn e Fe, respectivamente.

As diferentes doses de nitrogênio utilizadas nas plantas forrageiras anteriormente ao cultivo do feijoeiro, não proporcionaram efeito significativo nos atributos químicos do solo (Tabela 10). Desta maneira, a principal relação existente entre a fertilidade do solo e a disponibilidade de nitrogênio refere-se ao aumento de matéria orgânica (ANGHINONI, 2007). Assim, a decomposição da palhada remanescente das espécies de cobertura provavelmente forneceu adequadamente este nutriente às plantas através do processo de decomposição, garantindo assim um adequado suprimento nutricional ao feijoeiro.

Em trabalho realizado por Gameiro et al. (2008), avaliando a produtividade do feijão de inverno em sucessão à *Brachiaria brizantha* e capim moa, verificaram que estas espécies foram mais eficientes na reciclagem de nutrientes, quando comparados ao sorgo forrageiro e ao milheto, desde que as plantas de cobertura sejam manejadas 40 dias antes do cultivo do feijoeiro. Além disso, a adubação nitrogenada em pastagens pode melhorar o desempenho de culturas semeadas em sucessão, devido ao aproveitamento de N residual, como observado em trabalho desenvolvido por Assmann et al. (2003).

De acordo com Kluthcouski et al. (2005), o N que pode ser disponibilizado às plantas e que define em parte seu potencial produtivo, no caso da maioria das leguminosas, provém da matéria orgânica do solo, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica. Portanto, para manutenção ou melhoria das propriedades físicas e químicas do solo em SPD, a escolha e uso de plantas de cobertura tem fundamental importância, uma vez que geram resíduos que contribuem para a proteção do solo contra a erosão, e com o crescimento radicular e decomposição da palha, produzem

compostos que modificam as propriedades do solo, inclusive com reciclagem de nutrientes que podem ser aproveitados pelas plantas (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, onde a área se encontrava há oito anos sob SPD, provavelmente o N já estava sendo mineralizado, uma vez que de acordo com Anghinoni (2007), a partir de cinco anos de SPD, inicia-se o acúmulo de matéria orgânica, fósforo e palha na superfície, sendo que a imobilização de N aproxima-se da mineralização. Portanto, as plantas de cobertura utilizadas na presente pesquisa, forneceram de maneira satisfatória nutrientes ao feijoeiro, uma vez que, após o manejo destas, houve tempo para ocorrer a mineralização da matéria orgânica e incremento de nutrientes no solo, proporcionando assim um bom desenvolvimento da cultura e elevadas produtividades do feijoeiro de inverno.

4.4 Desempenho econômico do sistema de ILP na safra 2008/2009 sob condições irrigadas no Cerrado, envolvendo os experimentos I, II e III

Na Tabela 11, observa-se a matriz de coeficientes técnicos, valores e a estimativa do custo operacional total (COT) detalhado para a produção de milho e feijão em sucessão para o tratamento M/Bb-F 1 (milho em consórcio com *B. brizantha*, 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão), onde a adubação nitrogenada foi parcela em duas épocas distintas, sendo metade da dose aplicada em cobertura no consórcio milho/braquiárias e a outra metade aplicada em cobertura nas espécies de braquiárias após a colheita do milho em todos os tratamentos, respectivamente. Os resultados obtidos no experimento (safra 2008/2009) foram extrapolados para um hectare.

Verifica-se que o custo operacional efetivo (COE), que é composto por despesas com as operações e insumos, foi de R\$ 4.156,27 ha⁻¹ e o custo operacional total (COT) atingiu R\$ 4.364,08 ha⁻¹. Nas operações que compõem o COE, destacam-se os custos com a colheita do feijão e a irrigação totalizando 20,68% dos gastos. No entanto, para as despesas com insumos, destacam-se o adubo formulado e o herbicida, responsáveis por 56,61% do COE.

Desta maneira, os insumos foram os componentes que mais oneraram o custo de produção no sistema de Integração Lavoura-Pecuária analisado, totalizando aproximadamente 56,41% do COT.

Tabela 11. Estimativa do custo operacional total da produção de milho e feijão para o tratamento (M/Bb-F 1) em um hectare em ILP sob SPD. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009.

Descrição	Especif.	Coefficiente	Valor Unitário	Valor Total
A- Operações				
Dessecação (2x)	HM	0,5	45,00	45,00
Semeadura do milho	HM	1,0	115,00	115,00
Adubação e semeadura da forrageira	HM	1,0	115,00	115,00
Adubação de cobertura do milho	HM	1,0	45,00	45,00
Colheita do milho	HM	0,6	140,00	84,00
Roçagem de homogeneização	HM	1,0	65,00	65,00
Adubação braquiária	HM	0,5	38,00	19,00
Corte da braquiária	HM	1,0	65,00	65,00
Semeadura e adubação do feijão	HM	0,8	95,00	76,00
Adubação de cobertura do feijão	HM	0,8	45,00	36,00
Pulverização (2x)	HM	1,0	85,00	170,00
Colheita do feijão	HM	1,0	450,00	450,00
Irrigação (pivô)	mm	150,0	2,73	409,50
Subtotal A				1.694,50
B- Insumos				
B1- Fertilizantes				
Adubo N-P-K (08-28-16)	kg	550,0	2,00	1.100,00
Uréia	kg	377,7	0,84	317,27
B2- Sementes				
Milho DKB390 YG	sc ⁽¹⁾	1,0	400,00	400,00
<i>B. brizanta</i> cv. MG-5	kg	7,0	10,50	73,50
Feijão cv. Pérola	sc ⁽²⁾	1,5	180,00	270,00
B3- Defensivos				
Herbicida Glyphosate (2x)	L	4,0	24,00	192,00
Cropstar	L	0,3	90,00	27,00
Vitavax + Thiran 200 SC	L	0,5	32,00	16,00
Deltaphos EC	L	0,5	45,00	22,50
Connect	L	0,5	35,00	17,50
Dithane M-45	kg	2,0	13,00	26,00
Subtotal B				2.461,77
Custo Operacional Efetivo (A+B)				4.156,27
C- Outras Despesas ⁽³⁾				
Subtotal C				207,81
Custo Operacional Total (A+B+C)				4.364,08

⁽¹⁾ saco de semente de milho com 20 kg

⁽²⁾ saco de semente de feijão com 40 kg

⁽³⁾ 5% do COE

Na Tabela 12, podem-se verificar valores referentes à produtividade (kg ha^{-1}), os custos ($\text{R\$ kg}^{-1}$) referentes à cultura do milho e do feijão, a receita bruta (RB) obtida no ano agrícola de referência, o custo operacional total (COT), o lucro operacional (LO) e o índice de lucratividade (IL) para cada tratamento estudado.

Tabela 12. Produtividade, preços pagos ao produtor na região e indicadores de lucratividade para todos os tratamentos obtidos com a ILP sob SPD. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009.

Tratamentos*	Prod. Milho (kg/ha)	Milho R\$/kg	Prod. Feijão (kg/ha)	Feijão R\$/kg	COT (R\$/ha)	RB (kg/ha)	LO (R\$/ha)	IL (%)
M/Bb-F 0	6.330,55	0,25	3.604,17	1,30	4.168,10	6.268,05	2.099,95	33,50
M/Bb-F 1	8.397,21	0,25	4.208,33	1,30	4.364,08	7.570,13	3.206,05	42,35
M/Bb-F 2	7.271,11	0,25	3.861,11	1,30	4.560,06	6.837,22	2.277,16	33,30
M/Bb-F 3	7.488,61	0,25	4.104,17	1,30	4.756,04	7.207,57	2.451,52	34,01
M/Bb-F 4	8.369,16	0,25	4.076,39	1,30	4.952,02	7.391,59	2.439,57	33,00
M/Br-F 0	6.253,33	0,25	4.097,22	1,30	4.142,37	6.889,71	2.747,34	39,87
M/Br-F 1	6.791,11	0,25	4.409,72	1,30	4.338,35	7.430,41	3.092,05	41,61
M/Br-F 2	6.897,78	0,25	4.368,05	1,30	4.534,33	7.402,91	2.868,57	38,75
M/Br-F 3	5.534,16	0,25	4.326,39	1,30	4.730,31	7.007,84	2.277,52	32,49
M/Br-F 4	7.556,38	0,25	4.048,61	1,30	4.926,29	7.152,28	2.225,98	31,12

***1) M/Bb-F 0** = milho em consórcio com *B. brizantha*, dose zero de N e feijão em sucessão; **2) M/Bb-F 1** = milho em consórcio com *B. brizantha*, 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **3) M/Bb-F 2** = milho em consórcio com *B. brizantha*, 200 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **4) M/Bb-F 3** = milho em consórcio com *B. brizantha*, 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **5) M/Bb-F 4** = milho em consórcio com *B. brizantha*, 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **6) M/Br-F 0** = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, dose zero de N e feijão em sucessão; **7) M/Br-F 1** = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **8) M/Br-F 2** = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 200 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **9) M/Br-F 3** = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão; **10) M/Br-F 4** = milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão.

O tratamento M/Bb-F 0 (milho em consórcio com *B. brizantha*, dose zero de N e feijão em sucessão) apresentou COT de R\$ 4.168,10, o qual teve um aumento para R\$ 4.952,02 no tratamento M/Bb-F 4 (milho em consórcio com *B. brizantha*, 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão). Desta maneira, verifica-se que dentro dos tratamentos com a espécie forrageira *B. brizantha*, ocorreu uma variação nos gastos de 15,80% (Tabela 12). Nas condições que o experimento foi realizado constatou-se que o COT aumentou de forma diretamente proporcional às doses de N nos tratamentos (Figura 4).

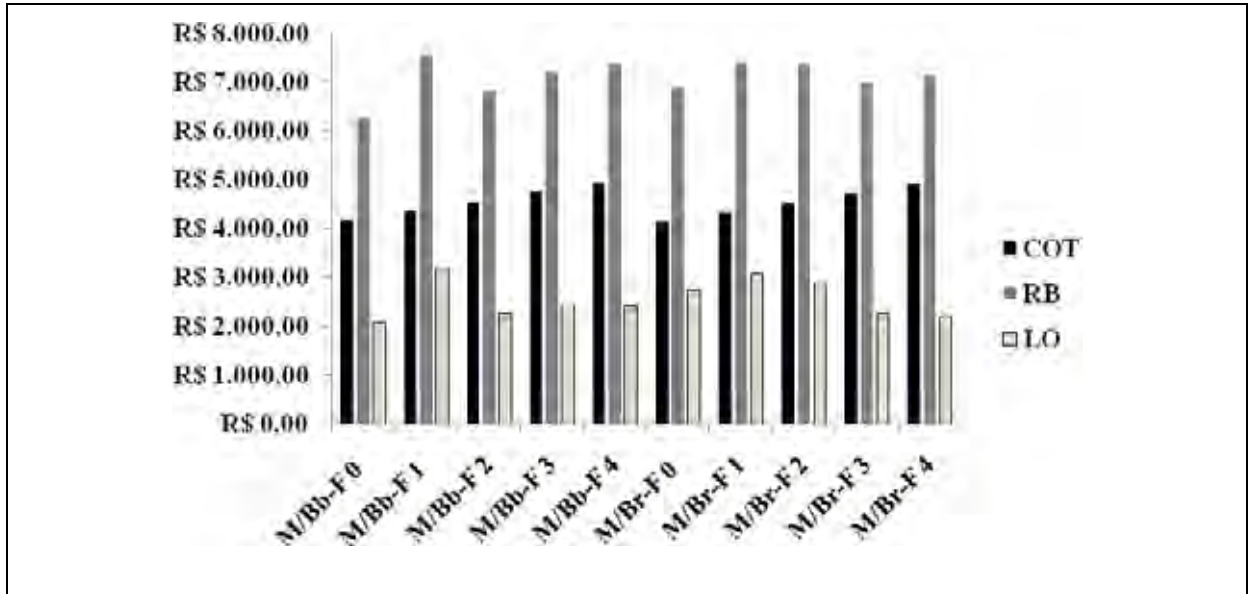


Figura 4. Custo operacional total (COT), receita bruta (RB) e lucro operacional (LO) para a produção do consórcio milho/braquiárias e feijão em sucessão, obtidos em todos os tratamentos. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009.

Da mesma forma, para a *B. ruziziensis*, o COT cresceu de R\$ 4.142,38 para o tratamento M/Br-F 0 (milho em consórcio com *B. ruziziensis*, dose zero de N e feijão em sucessão) a R\$ 4.926,30 para, M/Br-F 4 (milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e feijão em sucessão), proporcionando aumento de 18,92% nos custos (Tabela 12).

Entre os tratamentos, a produtividade do milho variou de 6.253,33 kg ha⁻¹ em M/Br-F 0 (milho em consórcio com *B. ruziziensis*, dose zero de N e feijão em sucessão) a 8.397,22 kg ha⁻¹ em M/Bb-F 1 (milho em consórcio com *B. brizantha*, 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e feijão em sucessão), apresentando variação de 25,54%. Já a produtividade de feijão variou de 3.604,17 kg ha⁻¹ para o tratamento M/Bb-F 0 (milho em consórcio com *B. brizantha*, dose zero de N e feijão em sucessão) a 4.409,72 kg ha⁻¹ para o tratamento M/Br-F 1 (milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e feijão em sucessão), o que resultou em uma variação de 18,26%. (Tabela 12). As produtividades obtidas, tanto para o milho como para o feijão, estão acima da produtividade média nacional de acordo com CONAB (2010).

A produtividade média do milho foi de 7.571,33 kg ha⁻¹ no consórcio com a espécie *B. brizantha*, cerca de 12,74 % maior que a produtividade média de grãos obtida no consórcio com a *B. ruziziensis*, aproximadamente 6.606,55 kg ha⁻¹ (Tabela 12). Tal fato se deve provavelmente, a maior capacidade de competição da *B. ruziziensis* comparada à *B. brizantha*. Entretanto, essa redução causada pela competição entre as espécies consorciadas não interferiu na lucratividade do sistema, uma vez que sistemas de ILP trazem inúmeros benefícios ao ambiente de produção como um todo.

Analisando-se a produtividade média de grãos do feijoeiro de inverno semeado sobre palhada de *B. ruziziensis* e *B. brizantha*, nota-se que esta ficou em torno de 4.249,99 kg ha⁻¹ e de 3.970,83 kg ha⁻¹, respectivamente, apresentando diferença de 6,57% na produtividade de grãos entre as espécies forrageiras (Tabela 12). Essa maior produtividade verificada sobre palhada da *B. ruziziensis*, se deve à sua melhor composição nutricional e bromatológica quando comparada à *B. brizantha*, o que promoveu melhor nutrição do feijoeiro através do processo de decomposição e liberação de nutrientes.

O preço médio por kg de grãos de milho de R\$ 0,25 kg⁻¹ (R\$15,00/saca de 60 kg) representa o preço médio da Política de Garantia dos Preços Mínimos – PGPM dos últimos 3 anos (2008, 2009 e 2010). Para o feijão o preço médio por kg de R\$ 1,30 kg⁻¹ (R\$78,00/saca de 60 kg) é semelhante ao preço mínimo da PGPM também para os 3 últimos anos (Tabela 12).

A receita bruta (RB), que tem relação direta com a produtividade obtida e com os preços médios recebidos pelos produtores, foi satisfatória para todos os tratamentos estudados, indicando que a atividade foi lucrativa em qualquer modalidade de cultivo (espécie e dose de N) utilizada (Figura 4).

O lucro operacional (LO), que mede a lucratividade no curto prazo, variou de R\$ 2.099,95 ha⁻¹ (M/Bb-F 0) a R\$ 3.206,05 ha⁻¹ (M/Bb-F 1), onde foram constatados os melhores resultados econômicos. Neste caso, o índice de lucratividade (IL) atingiu 42,35% (Figura 5), isto é, a taxa disponível da receita bruta que se constitui em lucratividade, após o pagamento de todos os custos operacionais (MARTIN et al., 1998). As altas produtividades médias obtidas nesta pesquisa foram responsáveis pelos bons resultados econômicos verificados em todos os tratamentos.

Considerando a sustentabilidade agropecuária, a redução nos custos de produção e a agregação de valor ao sistema, o tratamento que apresentou melhor desempenho técnico e econômico foi o M/Bb-F 1 (milho em consórcio com *B. brizantha*, 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão) seguido do M/Br-F 1 (milho em consórcio com *B. ruziziensis*, 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e feijão em sucessão), lembrando que a adubação nitrogenada foi parcela em duas épocas distintas, sendo metade da dose aplicada em cobertura no consórcio milho/braquiárias e a outra metade aplicada em cobertura nas espécies de braquiárias após a colheita do milho em todos os tratamentos, respectivamente.

De acordo com os dados discutidos acima, os índices de lucratividade (IL) seguiram o mesmo padrão, reforçando que a dose de N mais econômica foi a de 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ para ambas as espécies forrageiras avaliadas (Figura 5).

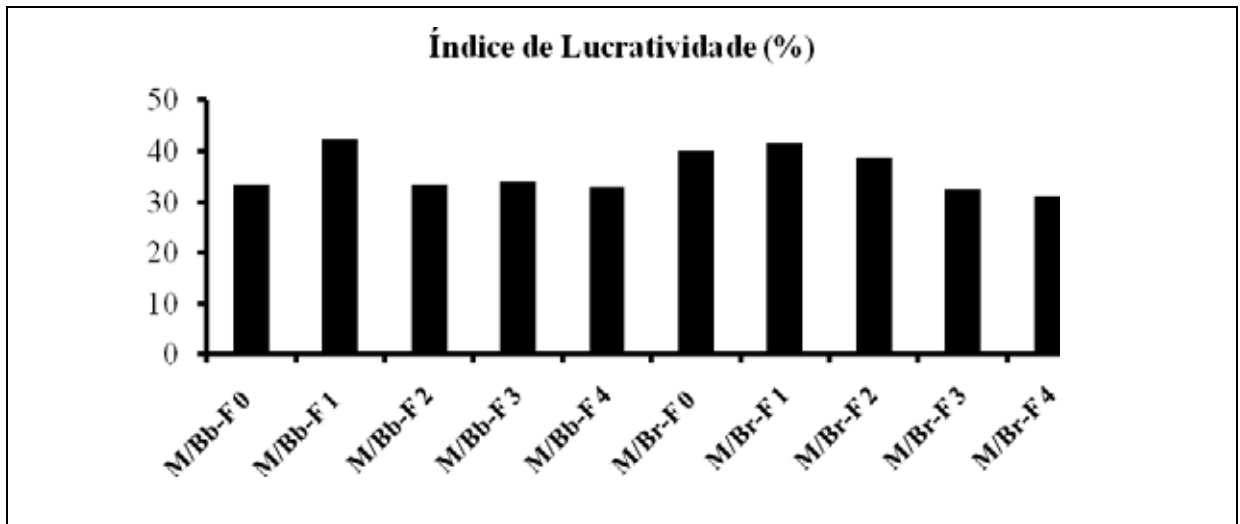


Figura 5. Índice de lucratividade para a produção do consórcio milho/braquiárias e feijão em sucessão, obtidos em todos os tratamentos. Selvíria, Mato Grosso do Sul. 2008/2009.

5 CONCLUSÕES

A *B. ruziziensis* proporcionou maior competição com o milho em consórcio quando comparada à *B. brizantha*, causando redução dos teores de N e S foliares e no comprimento da espiga e massa de 100 grãos do milho. Porém, esta competição não interferiu na produtividade de grãos da cultura do milho o que também ocorreu com relação às doses de N aplicadas em cobertura.

A *B. brizantha* produziu maior quantidade de massa seca comparada à *B. ruziziensis*, o que ocorreu também de modo linear com o aumento das doses de N em cobertura para ambas as espécies. Por outro lado, a *B. ruziziensis* apresentou melhor composição bromatológica e nutricional, sendo a mais indicada para a nutrição animal ou o fornecimento de nutrientes às culturas em sucessão.

Com relação à decomposição da palhada das espécies forrageiras, independentemente das doses de N em cobertura fornecidas às braquiárias, estas apresentaram tempo de decomposição semelhante, garantindo um remanescente de palha satisfatório de 40 a 70% para o sistema plantio direto aos 120 dias após manejo de corte.

A produtividade média do feijoeiro de inverno, cultivado sobre ambas as espécies de braquiárias foi satisfatória (4.110 kg ha⁻¹), sendo que, de maneira geral, as espécies forrageiras melhoraram a fertilidade do solo, com incremento dos teores de Ca e Mg.

O sistema de cultivo avaliado apresentou índices de lucratividade positivos para todos os tratamentos, indicando a viabilidade da modalidade. Considerando a sustentabilidade agropecuária, a redução nos custos de produção e a agregação de valor ao sistema para o melhor desempenho técnico e econômico, recomenda-se a adubação com 100 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N, parceladas em duas épocas distintas, ou seja, metade da dose aplicada em cobertura no consórcio milho/braquiárias e a outra metade aplicada em cobertura nas braquiárias após a colheita do milho, sendo feito o cultivo do feijoeiro de inverno em sucessão.

REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureiras e pecuária nos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.25-58.

AGRIANUAL: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2009. 520p.

ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B. de; MESQUITA, H.A. de; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, p.277-288, 2000.

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the scientific of alternative agriculture. London: United Kingdon, 1987. p.139-147.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36. 2001.

AMADO, T.J.C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 105-111.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. Campinas: IAC, 1997. p.189-203. (Boletim técnico, 100)

AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; ZOLDAN, S.M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.36, n.10, p.1213-1219, 2001.

ANDRADE, M. J. B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G. ; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 4, p. 499-508, 1998.

ANDREOTTI, M.; SIQUEIRA FILHO, R.; BUZETTI, S. Produção e tempo de decomposição de biomassa de plantas de cobertura em sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 27, 2006, Bonito. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/SBCS, 2006. v.1. (CD-ROM).

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2004.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; V. ALVARES, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.873-928.

ARAÚJO, F.C.M.; PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; CAVASANO, F.A.; ULIAN, N.A.; BUZETTI, S. Componentes da produção e produtividade do feijão de inverno semeado após o manejo de plantas de cobertura no cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa soja: SBCS- IAPAR/UEL, 2008. 1 CD-ROM.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C.G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, p.519-527, 2002.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.675-683, 2003.

AZENHA, M.V.; PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A.F.; MELLO, L.M.M.; LIMA, R.C. Produtividade de massa seca e qualidade bromatológica de diferentes espécies de braquiárias consorciadas com milho no Sistema Santa Fé. In: REUNIÃO

BRASILEIRA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ; FMVZ/Unesp, 2007. (CD-ROM).

BALBINOT JÚNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de área agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.54, n.1-2, p.101-109, 2000.

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; MENDES, P. N. **Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 7p. (Circular Técnico, 70).

BARDUCCI, R.S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T.C.; SARTI, L.M.N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, Espanha, v.58, n.222, p.211-222, 2009.

BARREIRO, A.S.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Características agrônômicas da cultura do milho em duas épocas de consorciação com forrageiras tropicais. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 18., 2006, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2006. 1 CD-ROM.

BARROS, C.O.; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, I.F.; SANTOS, R.A. Rendimento e composição química do capim-tanzânia estabelecido com milheto sob três doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.5, p.1068-1075, 2002.

BENNETT, C.C.S.; BUZZETTI, S.; SILVA, K.S.; BERGAMASCHINE, A.F.; FABRICIO, J.A. Produtividade e composição bromatológica do capim-Marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1629-1636, 2008.

BERG, B. Nitrogen release from litter and humus in coniferous forest soil - a mini review. **Scandinavian Journal of Forest Research**, Stockholm, v.1, p.359-369, 1986.

BERNARDES, L.F. **Semeadura de capim-braquiária em pós-emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. 2003. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2003.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. Persistência de resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.22, p.705-712, 1998.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.42, p.1269-1276, 2007.

BORGHI, E. **Produção de milho e capins Marandu e Mombaça em função de modos de implantação do consórcio**. 2007. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no SPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.42, n.2, p.163-171, 2007.

BORGHI, E.; MELLO, L.M.M.; CRUSCIOL, C.A.C. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.26, n.3, p.337-345, 2004.

BORGHI, E.; COSTA, N.V.; CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.26, n.3, p.559-568, 2008.

BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.34, p.83-87, 2004.

BROMFIELD, S. M. Sheep faces in relation to the phosphorus cycle under pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 12, n. 1, p. 111-123, 1961.

BROMFIELD, S. M.; JONES, O. L. The effect of sheep on the recycling of phosphorus in hayed-off pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 21, n. 4, p. 699-711, 1970.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1995. 118 p. (Circular, 80).

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná.** Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1990. 37 p. (Boletim técnico, 35).

CAMPOS, A.X. **Fertilização com sulfato de amônio em pré semeadura e cobertura na cultura de milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *B. Decumbens*.** 2004. 119 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1996. p.43-71. (Boletim técnico, 100).

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, M.A.C. de; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.445-450, 2003.

CECATO, U.; PEREIRA, L.A.F.; JOBIM, C.C.; MARTINS, E.N.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A.O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.3, p.409-416, 2004.

CECCON, G. **Palha e pasto com milho safrinha em consórcio com braquiária.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 2 p. (Circular Técnica).

CEZAR, E. **Técnicas simples e baratas evitam a degradação das pastagens.** 2007. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br/index.php?pagina=bancodenoticias/03082007_degradacao.htm>. Acesso em: 24 maio 2010.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, p.53-60, 2001.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, R.B.; OLIVEIRA, M.A.; MEDEIROS, L.S. Doses e fontes de nitrogênio na composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em estágio moderado de degradação. In: REUNIÃO BRASILEIRA

DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ; FMVZ/Unesp, 2007. (CD-ROM).

COBUCCI, T. **Manejo integrado de plantas daninhas em sistema plantio direto**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: UFV, 2001. p.583-624.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos 2009/2010 – décimo segundo levantamento – Setembro/2010**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 14 set. 2010.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; BORGHI, E.; MATEUS, G.P. Integração lavoura pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.125, p.2-15, 2009.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; BICUDO, S. J.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; MACHADO, C. G. Consórcio de milho e *Brachiaria decumbens* em diferentes preparos de solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 633-639, 2009.

DEKALB. Semente híbrida de milho DKB 390 com a tecnologia YieldGard®. Disponível em: <http://www.dekalb.com.br/produto_milho.aspx?id=10>. Acesso em: 15 maio 2010.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1992. 80 p. (Circular, 73).

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. Ecofisiologia e fenologia. In: _____. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.23-46.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; INTERRANTE, S.M.; VENDRAMINI, J.M.B.; STEWART JÚNIOR, R.L. Litter decomposition and mineralization in Bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, Madison, v.46, n.3, p.1305-1310, 2006a.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; VENDRAMINI, J.M.B.; STEWART JÚNIOR, R.L.; INTERRANTE, S.M. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in Bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, Madison, v.46, n.3, p.1299-1304, 2006b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.

ENTZ, M.H.; BARON, V.S.; CARR, P.M.; MEYER, D.W.; SMITH JÚNIOR, S.R.; McCAUGHEY, W.P. Potential of forages to diversify cropping systems in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n.2, p.240-250, 2002.

FERREIRA, D.F. **SISVAR**: Sistema de análise de variância. Lavras: UFLA/DEX, 1999.

FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: __. **Fertilidade do solo em plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 39-55.

FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 57, n. 1, p. 25-29. 2000.

FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A.; FRANÇA, G.E. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.49-62, 2001.

FURLANI JUNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L.J.; MOREIRA, J.A.A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.55, p.171-175, 1996.

GARAY, A.H.; SOLLENBERGER, L.E.; McDONALD, D.C.; RUEGSEGGER, G.J.; KALMBACHER, R.S.; MISLEVY, P. Nitrogen fertilization and stocking rate affect stargrass pasture and cattle performance. **Crop Science**, Madison, v.44, n.4, p.1348-1354, 2004.

GARCIA, R.N.; FORNASIERI FILHO, D.; ROSSATO JÚNIOR, J.A. de S. Influência de cultura de cobertura morta e nitrogênio sobre os componentes produtivos da cultura do feijoeiro de inverno em sucessão a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CDROM.

GAMEIRO, R.A.; PARIZ, C.M.; ARAÚJO, F.C.M.; FERNANDES, J.C.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S. Componentes da produção e produtividade do feijão de inverno em sucessão a plantas de cobertura no cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa soja:SBCS-IAPAR/UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

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**, Viçosa, v.31, p.1421-1428, 2007.

GOMES JUNIOR, F. G. **Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre diferentes palhadas: produtividade, composição química e qualidade fisiológica das sementes**. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

IGUE, K. et al. **Adubação orgânica**. Londrina: Iapar, 1984. 33 p. (Informe da pesquisa, 59).

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIANA, R.G. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.23, n.1, p.59-67, 2005.

JONES, M. B.; R. G. WOODMANSEE. Biogeochemical cycling in annual grassland ecosystems. **Botanical Review**, Bronx, v.45, n. 2, p. 111-144, 1979.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36. n.1. p.21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema santa fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap.15, p.409-441.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M. Bean yield as affected y mulch from different crops residues. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v.44, p.69-70, 2001.

KLUTHCOUSKI, J; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 63 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 188).

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O; MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé – tecnologia Embrapa: integração lavoura-Pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Manejo sustentável dos solos dos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.59-104.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de Integração Lavoura-Pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. Cap.4, p.131-141.

LANDERS, J.N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience. In: __. **Integrated Crop Management**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2007. v.5, 92 p.

LANDERS, F. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 1995. 261p.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; PÁDUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*, cultivada no Sistema Santa Fé. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.1, p.131-140, 2007.

LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G.; De MARCO JÚNIOR, P.; LARA, L.A.; QUEIROZ, A.C. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, n.1, p.177-189, 2009.

LIMA, E. V.; CRUSCIOL, A. C.; LEITÃO-LIMA, P. S.; CORRÊA, J. C. Espécies para cobertura e qualidade dos resíduos vegetais na implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 180-194, 2005.

LINN, J.; KUEHN, C. The effects of forage quality on performance and cost of feeding lactating dairy cows. In: WESTERN CANADIAN DAIRY SEMINAR, 1997, Alberta. **Proceedings of the...** Alberta. 1997, p.236.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MACEDO, M.C.M.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, Supl. Esp., p.133-146, 2009.

MAGALHÃES, R.T. **Evolução das propriedades físicas e químicas de solos submetidos ao manejo pelo sistema barreira**, 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997.

MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P. ; KLIEMANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreira". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.32, n.1, p. 13-20, 2002.

MARANHÃO, C.M.A.; SILVA, C.C.F.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V. Produção e composição bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum: Animal Scieces**, Maringá, v.31, n.20, p.117-122, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários "CUSTRAGRI". **Informações Econômicas**, São Paulo, v.28, n.4, p.7-28, 1998.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens. In: MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. (Ed.). **Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. Cap.3, p.69-92.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O. A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006. p.87-137.

MELLILO, J.M.; ABER, J.D.; MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, Durham, v.63, p.621-626, 1982.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de cobertura do solo com potencial de uso em Sistema de Plantio Direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n.3, p.173-180, 2004.

MONTES, S. M .N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSITANO, M. A. A. Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) na região oeste do Estado de São Paulo: estudo de caso. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, p.15-23, 2006.

MORAES, A.; LANG, C.R.; ALVES, S.J.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P.C.F. Integração agropecuária em sistema plantio direto In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 9, 2004, Chapecó. **Anais...** Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2004. p.19-23.

MOTT, G.O. Measuring forage quantity and quality in grazing trials. In: SOUTHERN PASTURE AND FORAGE CROP IMPROVEMENT CONFERENCE, 37, 1980, Nashville. **Anais...** Nashville: AESA/ARS, 1980. p.3-9.

MUNIZ, L.C.; FIGUEIREDO, R.S.; MAGNABOSCO, C.U.; WANDER, A.E.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Análise econômica da integração lavoura e pecuária com a utilização do *system dynamics*. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEASR, 2007. (CD-ROM).

NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.

OLIVEIRA, C.A.; MUZZI, M.R.S.; PURCINO, H.A.; MARIEL, I.E.; SÁ, N.M.H. Decomposition of *Archis pintoi* and *Hyparrhenia rufa* litters in monoculture and intercropped systems under lowland soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, p.1089-1195, 2003.

OLIVEIRA, R.M. **Resposta do feijão de inverno a doses de nitrogênio no sistema de plantio direto e efeito de palhadas no desenvolvimento do mofo-branco**, 2001. 88 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.

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

PARIZ, C. M. **Desempenhos técnicos e econômicos de um sistema de integração lavoura-pecuária com a cultura do milho e adubação nitrogenada de capins dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* sob irrigação no cerrado**. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.360-370, 2009.

PELÁ, A. **Uso de plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto na região de Jaboticabal-SP**. 2002, 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PIRES, W. **Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 302 p.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, p.1349-1358, 2000.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A. ; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim Coast cross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.68-78, 2004.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.77, n.1, p. 89-102, 2002.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; DELATORRE, C.A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.43, n.3, p.401-409, 2008.

REZENDE, C. de P. ; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A. ; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, B. J. R.A.; URQUIAGA, G.S.; CADISCH, G; GILLER, K.E.; BODDEY, R.M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic Forest region of South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.54, n.2, p.99- 112, 1999.

RICHETTI, A.; CECCON, G. **Estimativa do Custo de Produção do Milho Safrinha 2010, em Cultivo Solteiro e Consorciado com *Brachiaria ruziziensis*, na Região Sul de Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2010. (Comunicado técnico 157).

ROCHA, R.N.C.; GALVÃO, J.C.C.; TEIXEIRA, P.C.; MIRANDA, G.V.; AGNES, E.L.; PEREIRA, P.R.G.; LEITE, U.T. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.161-171, 2005.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, p.355-362, 2003.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; GARCIA, R. A. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milheto após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.42, n.8, p.1169-1175, 2007.

RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. (Ed.). **A soja na rotação de culturas no plantio direto.** Cruz Alta: Fundacep; Fecotrigo, 1998. p. 1-34.

RUSSELLE, M.P.; ENTZ, M.H.; FRANZLUEBBERS, A.J. Reconsidering integrated croplivestock systems in North America. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, n.2, p.325-334, 2007.

SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos Cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia. **Plantio direto na integração lavoura-pecuária.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p. 189-200.

SANTOS, P. M. Aspectos fisiológicos e metabólicos da nutrição nitrogenada de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.139-154.

SCHUNKE, R.M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de *Panicum maximum*.** 1998. 88 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

SEVERINO, F.J.; CARVALHO, S.J.P; CHRISTOFFOLETI, P.J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.24, n.1, p.45-52, 2006.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M.; CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.32, p.649-654, 1997.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

SILVA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.2, p.335-342, 2007.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.40, n.4, p.377-381, abril, 2005.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, 2004.

SPAIN, J. M.; J. G. SALINAS. **A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 1985, Ilhéus. **Anais... Ilhéus: S.n.**, 1985. p. 159-299.

SULC, R.M.; TRACY, B.F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. Corn Belt. **Agronomy Journal**. Madison, v.99, n.20, p.335-345, 2007.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B.; FONTANETTI, A. Produtividade e teores foliares de nutrientes do feijoeiro sob diferentes palhadas e doses de nitrogênio em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 1, p. 123-130, 2008.

TEIXEIRA NETO, M. L. **Efeito de espécies vegetais para cobertura, no sistema plantio direto na região dos cerrados, sobre as propriedades do solo**. 2002. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

TORRES, J.L.R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v.29, p.609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TRACY, B.F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v.48, n.3, p.1211-1218, 2008.

TRECENTI, R. Técnicas de consórcio ajudam na formação de palha para o plantio direto. **Revista Planio Direto**, Passo Fundo, n.86. 2005. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=616>. Acesso em: 15 maio 2010.

ULIAN, N.A.; ARAÚJO, F.C.M.; PARIZ, C.M.; CAVASANO, F.A.; ANDREOTTI, M.; BUZZETTI, S. Tempo de decomposição de massa seca de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura na safrinha em região de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS (FERTBIO 2008), 28, 2008, Londrina. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 2008. (CD-ROM).

ULIAN, N.A.; CAVASANO, F.A.; NASCIMENTO, C. F.; COSTA, N. R.; ALVES, R. D.; ANDREOTTI, M. Tempo de decomposição de massa seca de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura no cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS (FERTBIO 2010), 29, 2010, Guarapari/ES. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 2010. (CD-ROM).

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University, 1994. 476p.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; BARCELLOS, A.; BARIONI, L.G. Integração lavoura/pecuária: a sustentabilidade dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 25, 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Embrapa – CNPMS, 2004. (CDROM).

VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.3, p.191-196, jul./set. 2009.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; ROSA JÚNIOR, E. J. Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 1, p. 131-138, 2008.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Durham, v. 63, n. 6, p. 1636-1642. 1982.

YOKOYAMA, L. P. Aspectos conjunturais da produção de feijão. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 249-292.