

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

**PRODUÇÃO DE MILHO E CAPINS MARANDU E MOMBAÇA EM
FUNÇÃO DE MODOS DE IMPLANTAÇÃO DO CONSÓRCIO**

ÉMERSON BORGHI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Setembro-2007

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

**PRODUÇÃO DE MILHO E CAPINS MARANDU E MOMBAÇA EM
FUNÇÃO DE MODOS DE IMPLANTAÇÃO DO CONSÓRCIO**

ÉMERSON BORGHI
Engenheiro Agrônomo, MSc.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Setembro – 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B733p Borghi, Emerson, 1978-
Produção de milho e capins Marandu e Mombaça em função de modos de implantação do consórcio / Emerson Borghi. - Botucatu : [s.n.], 2007.
xvii, 142 f. : gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia.

1. Milho. 2. Consórcios. 3. Nitrogênio. 4. Plantio direto. 5. Pastagens. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PRODUÇÃO DE MILHO E CAPINS MARANDU E MOMBAÇA EM
FUNÇÃO DE MODOS DE IMPLANTAÇÃO DO CONSÓRCIO"

ALUNO: ÉMERSON BORGHI

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



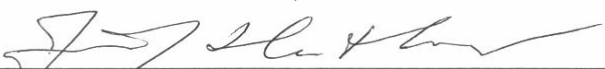
PROF. DR. CIRO ANTONIO ROSELEM



PROF. DR. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO



PROF. DR. PAULO CESAR OCHEUZE TRIVELIN



DR. JOÃO KLUTHCOUSKI

Data da Realização: 21 de setembro de 2007.

OFEREÇO

A meu pai, companheiro de decisões e conselheiro nas horas difíceis, à minha irmã Edilaine Borghi e sua família, que muito fizeram por mim nesses anos de estudo. Seus exemplos de dignidade, dedicação e amor à docência me fizeram mais forte pelos anos que nos aproximaram,

Homenagem especial à

Natália Alcântara Borghi (*in memorium*)

A quem busco nas horas de aflição, que me ilumina e aquece meu coração e minha alma, e que agradeço todas as noites por ter sido seu filho,

Onde a sua lembrança e suas virtudes me fazem mais forte para vencer os obstáculos da vida;

Divido não só minhas aflições e minhas alegrias, como também minha vida e todo meu amor eterno.

AGRADECIMENTOS

Foram cinco anos de muito esforço e dedicação exclusiva. Intermináveis estudos, pesquisas e muito trabalho, que concretizaram este grande sonho de minha vida. Muitas foram as pessoas que contribuíram que todo esse esforço se tornasse realidade:

À Deus, pela graça e benção concedidos, por iluminar meu caminho;

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pelos exemplos de profissionalismo, competência, respeito de dignidade, sapiência e orientação, onde muitos de seus exemplos serão referências para todo meu futuro. Ao amigo Crusciol, carinhosamente conhecido por “Chefe”, muito mais que um orientador, mas também um conselheiro, a quem o autor tem o orgulho de ter compartilhado de todos os momentos inesquecíveis nesses anos, e que certamente todos os ensinamentos serão para sempre lembrados por toda minha vida;

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu, pelas condições oferecidas e possibilidade de engrandecimento profissional;

Ao Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, em nome de todos seus docentes, funcionários e profissionais, sem eles todas as atividades rotineiras seriam impossíveis;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudo;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal - Agricultura da FCA/UNESP, pela incontestável ajuda na condução do trabalho, além de permitir a convivência harmoniosa, dedicando agradecimento especial aos funcionários de campo, sob coordenação de Célio Mariano, Dorival de Arruda Pires, Vera Lúcia Rossi e Ilanir Roseane Rosa Bocetto;

À Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, sob a supervisão do Prof. Dr. Silvio José Bicudo, assim como todos os seus funcionários, pelo auxílio na concessão da área experimental e de condições para a realização do trabalho;

Aos Prof. Dr. Ciniro Costa, pelos ensinamentos transmitidos durante a realização deste trabalho, e também pelo exemplo profissional;

Ao Professor Paulo Cesar Ocheuze Trivelin, docente do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), pela imensurável ajuda e colaboração na condução do experimento, na interpretação dos resultados com ^{15}N e correções sugeridas por ocasião de sua participação na banca examinadora;

Aos demais membros da comissão examinadora da defesa, Professores Francisco Antonio Monteiro, Ciro Antonio Rosolem e Dr. João Kluthcouski, pelas correções sugeridas e pelos elogios;

Gostaria de dedicar agradecimento especial à Lívia Maria Creste, pela sua imensurável colaboração nesses últimos meses que antecederam a concretização desta etapa. Exemplo de mulher, companheira e amiga, jamais seria possível imaginar finalizar esta etapa sem estar a meu lado, dando-me forças através de seu companheirismo, amor, perseverança e paciência, e também por acreditar e compartilhar de meu sucesso profissional;

Aos amigos e companheiros de república, Glauber Henrique Pereira Leite, Rodrigo Morgado, Alexandre e demais amigos, aos quais o autor deve um agradecimento especial, pelo convívio, amizade e companheirismo, pelas parcerias no dia-a-dia que facilitaram conduzir os desafios durante a concretização do curso;

Aos colegas do curso de pós-graduação em Agronomia-Agricultura, pela convivência e amizade, além do clima profissional propiciado ao longo do curso, em especial a Caio V. S. Rossi, Neumárcio Vilanova da Costa, Juliano Carlos Calonego e Paulo Sérgio Pavinato;

Aos amigos e hoje profissionais, exemplos de perseverança e dignidade, em especial aos Professores Doutores Munir Mauad, Rogério Peres Soratto, Tiago Roque Benetoli da Silva e Antonio Renan Berchol da Silva, Doutores Sandro Roberto Brancalião e José Carlos Feltran;

À Gustavo Pavan Mateus e Rogério Farinelli, grandes incentivadores, companheiros de muito trabalho, exemplos de profissionais e excelentes amigos, por compartilharem desta nova etapa concluída, agradecimento especial pelos conselhos e cumplicidade profissional;

A todos os estagiários do curso de graduação em Agronomia sob orientação do Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pelo auxílio na condução dos experimentos ao longo dos anos do curso de pós-graduação. Muitos deles hoje são

Engenheiros Agrônomos, a quem o autor se enche de orgulho por estarem lado a lado até o presente momento, em especial aos mestrandos Gustavo Spadotti Amaral Castro, pelo auxílio nas atividades laboratoriais, Alexandre Merlin e Rodrigo Arroyo Garcia. Agradecimento especial aos acadêmicos Vinícius Vilela Souza e Alexandre Stefani Barreiro;

À Sementes Facholi, em especial à Engenheira Agrônoma Sandra Regina F. Andrade, pelo fornecimento das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça;

Enfim, o autor gostaria de agradecer a todos aqueles que, mesmo que o nome não esteja presente nestas páginas, estarão guardados em minha recordação, por colaborarem na concretização deste sonho, seja através de auxílio profissional ou apenas pelos exemplos de vida e de amizade, que foram, sem dúvida alguma, extremamente necessários para que este trabalho pudesse estar aqui apresentado;

A você, caro leitor, que dedica um pouco de seu tempo para apreciar este que nada mais é do que fruto de um trabalho em equipe, que durou anos, mas que enche de orgulho o autor,

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XVI
1 RESUMO.....	1
2 ABSTRACT.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1. Produção de forragem e de palhada pelas pastagens em regiões de inverno seco.....	8
4.2. Estabelecimento de pastagens em consorciação no sistema ILP.....	10
4.3. Resposta de forrageiras tropicais à adubação nitrogenada em SPD.....	15
4.4. Fornecimento de nitrogênio para a cultura do milho em função da cobertura do solo em SPD.....	22
4.5. Balanço e eficiência de utilização do nitrogênio pelas forrageiras perenes tropicais e a cultura do milho.....	26
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
5.1 Localização da área experimental e caracterização do local.....	30
5.2. Estudo I - Produção da cultura de milho em duas épocas de consorciação com os capins Marandu e Mombaça em SPD.....	33
5.2.1. Delineamento experimental e tratamentos empregados.....	33
5.2.2. Híbrido de milho.....	34
5.2.3. Espécies forrageiras.....	34

	Página
5.2.4. Instalação e condução do experimento nos anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.....	35
5.2.5. Obtenção dos dados.....	37
5.2.5.1. Determinação das características agrônômicas da cultura do milho.....	37
a) Estande final e índice de espigas.....	37
b) Altura de plantas, inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo.....	37
c) Número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do milho.....	37
d) Diagnose foliar.....	38
e) Análise Estatística.....	38
5.3. Estudo II – Produção de forragem dos capins Marandu e Mombaça em função da adubação nitrogenada (^{15}N) e da época de consorciação com o milho.....	38
5.3.1. Delineamento experimental e tratamentos	38
5.3.2. Condução do experimento	38
a) Determinação da porcentagem e produção de matéria seca das forragens.....	40
b) Determinação da composição químico-bromatológica das forragens de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i>	40
c) Estimativa do acúmulo de nitrogênio e de recuperação do N derivado do amônio no nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela parte aérea da <i>Brachiaria brizantha</i> após a colheita da cultura do milho	41
d) Análise estatística.....	42
5.4. Estudo III – Produção de milho sobre palhada dos capins Marandu e Mombaça cultivados em consórcio e adubadas com nitrogênio.....	42

	Página
5.4.1. Delineamento experimental e tratamentos.....	42
5.4.2. Condução do experimento.....	43
5.4.3. Obtenção dos dados.....	45
a) Estande final e índice de espigas.....	45
b) Altura de plantas, inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo.....	45
c) Número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do milho.....	45
d) Diagnose foliar.....	45
e) Estimativa da recuperação do N derivado do amônio no nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) aplicado na <i>Brachiaria brizantha</i> pela cultura do milho.....	45
5.5. Análise estatística.....	45
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
6.1. Estudo I - Produção da cultura de milho em duas épocas de consorciação com os capins Marandu e Mombaça em SPD.....	46
6.1.1. Características agrônômicas da cultura do milho.....	46
6.1.2. Diagnose foliar da cultura do milho.....	54
6.2. Estudo II – Produção dos capins Marandu e Mombaça em função da adubação nitrogenada (^{15}N) e da época de consorciação com o milho.....	59
6.2.1. Produtividade de matéria seca dos capins Marandu e Mombaça....	59
6.2.1.1. Ano agrícola 2003/04.....	59
6.2.1.2. Ano agrícola 2004/05.....	61
6.2.1.3. Ano agrícola 2005/06.....	67
6.2.2. Valor nutritivo dos capins Marandu e Mombaça.....	74

	Página
6.2.2.1. Ano agrícola 2004/05.....	74
6.2.2.2. Ano agrícola 2005/06.....	85
6.2.2.3. Estimativa do acúmulo de nitrogênio e de recuperação do N derivado do amônio do nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela parte aérea do capim Marandu após a colheita da cultura do milho.....	101
6.3. Estudo III – Produção de milho sobre palhada dos capins Marandu e Mombaça cultivados em consórcio e adubadas com nitrogênio.....	111
6.3.1. Características agronômicas da cultura do milho.....	111
6.3.2. Diagnose foliar da cultura do milho.....	117
6.3.3. Estimativa do acúmulo de nitrogênio e de recuperação do nitrogênio derivado do amônio no nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) na cultura do milho semeado sobre palhada do capim Marandu adubado no ano anterior.....	121
7 CONCLUSÕES.....	129
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Valores médios de estande final de plantas e índice de espigas da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em SPD. Botucatu - SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.....	47
2. Valores médios de altura de plantas, inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo na cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em SPD. Botucatu- SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.....	49
3. Valores médios de massa da espiga, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga e massa de 100 grãos da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em SPD. Botucatu- SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.....	51
4. Concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio foliares da cultura do milho consorciado com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em SPD. Botucatu-SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.....	55
5. Concentrações de cálcio, magnésio e enxofre foliares da cultura do milho consorciado com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em SPD. Botucatu-SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.....	57
6. Produtividade de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em duas épocas de avaliação durante o período de condução do experimento. Botucatu- SP, ano agrícola 2003/04.....	60
7. Valores de F e nível de significância referentes à produtividade de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em função das épocas de consorciação com milho e da adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.	62
8. Produtividade de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em função das épocas de consorciação com milho e da adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05....	63
9. Valores de F e nível de significância referentes à produtividade de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.	68

Tabela

	Página
10. Produtividade de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em função das épocas de consorciação com milho e da adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05....	69
11. Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (junho). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.	76
12. Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (junho). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.	77
13. Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (agosto). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.	79
14. Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (agosto). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	80
15. Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.	85
16. Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	87

Tabela

Página

17.	Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (julho). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.	87
18.	Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (julho). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	88
19.	Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (setembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	93
20.	Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de matéria seca (MS) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (setembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	94
21.	Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	97
22.	Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	98

Tabela

	Página	
23.	Valores médios de produtividade de matéria seca (MS), quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) e eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUF) pela <i>B. brizantha</i> em função das épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de N aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	102
24.	Desdobramento da interação doses de N x sistemas de cultivo referentes aos valores de produtividade de matéria seca da <i>B. brizantha</i> estabelecida em épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de N aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	105
25.	Desdobramento da interação doses de N x sistemas de cultivo referentes aos valores de quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela <i>B. brizantha</i> em função das épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de N aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	106
26.	Desdobramento da interação doses de N x sistemas de cultivo referentes aos valores de eficiência de utilização do fertilizante (EUF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela <i>B. brizantha</i> em função das épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de N aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	108
27.	Valores de F e níveis de significância referentes aos valores de estande final de plantas e índice de espigas da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu- SP, ano agrícola 2005/06.....	113
28.	Valores de F e níveis de significância referentes aos valores de altura de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.	116
29.	Valores de F e níveis de significância referentes aos valores de número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.	117

Tabela

	Página
30. Valores de F e níveis de significância referentes às concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio foliares da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.....	119
31. Valores de F e níveis de significância referentes às concentrações de cálcio, magnésio e enxofre foliares da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.....	120
32. Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) e eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUF) nos grãos e na planta de milho semeado sob palhada de <i>B. brizantha</i> adubada com diferentes doses de nitrogênio no ano anterior. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	123
33. Desdobramento da interação doses de N x sistemas de cultivo referentes aos valores de quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) nos grãos e no restante da planta (colmo + folhas + palha e sabugo) do milho semeado sob palhada de <i>B. brizantha</i> adubada com diferentes doses de nitrogênio no ano anterior. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	124
34. Desdobramento da interação doses de N x sistemas de cultivo referentes aos valores de eficiência de utilização do fertilizante nitrato de amônio (EUF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) nos grãos e no restante da planta (colmo + folhas + palha e sabugo) do milho semeado sob palhada de <i>B. brizantha</i> adubada com diferentes doses de nitrogênio no ano anterior. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	128

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Precipitação pluvial, temperaturas máximas, mínimas e radiação solar mensais durante a condução do experimento. Botucatu-SP, anos 2003 e 2004.....	31
2. Precipitação pluvial, temperaturas máximas, mínimas e radiação solar mensais durante a condução do experimento. Botucatu-SP, anos 2005 e 2006.....	32
3. Produtividade de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> aos 75 (a), 150 (b), 216 (c) dias após a colheita do milho para grãos, e somatório das épocas (d) em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	65
4. Produtividade de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> aos 62 (a), 131 (b), 174 (c) dias após a colheita do milho para grãos, e somatório das épocas (d) em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	70
5. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) (a) e proteína bruta (PB) (b) de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> , expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à primeira época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	78
6. Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente ácido (FDA) (b), nutrientes digestíveis totais (NDT) (c), cinzas (d) e proteína bruta (PB) (e) de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> , expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à primeira época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	82
7. Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente ácido (FDA) (b) e nutrientes digestíveis totais (NDT) (c) de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> , expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à primeira época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.....	86
8. Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente neutro (FDN) (b), fibra em detergente ácido (FDA) (c), nutrientes digestíveis totais (NDT) (d) e proteína bruta (PB) (e) de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> , expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à primeira época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	91

Figura	Página	
9.	Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente neutro (FDN) (b), cinzas (c) e proteína bruta (PB) (d) de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> , expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à segunda época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.....	96
10.	Teores de fibra em detergente neutro (FDN) (a) e proteína bruta (PB) (b) de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> , expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à terceira época de avaliação. Botucatu-SP, 2006.....	100
11.	Estande final de plantas da cultura do milho em função da época de consorciação com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em SPD, semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior. Botucatu- SP, ano agrícola 2005/06.....	114
12.	Produtividade de grãos da cultura do milho em função da época de consorciação com <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> em SPD, semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.....	118

1. RESUMO

O trabalho de pesquisa teve por objetivo: 1) avaliar a produtividade de grãos da cultura de milho em épocas de consorciação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça em SPD; 2) avaliar o desempenho das plantas forrageiras consorciadas em épocas e a resposta à adubação nitrogenada aplicada após a colheita do milho, quanto à produtividade e valor nutritivo; 3) verificar, na *B. brizantha*, o acúmulo de nitrogênio total e proveniente do fertilizante nitrato de amônio (NPPF) com doses de nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) aplicado em cobertura nas plantas forrageiras após a colheita da cultura do milho; 4) avaliar o residual da adubação nitrogenada nas plantas forrageiras na cultura do milho cultivado em sucessão; 5) avaliar o aproveitamento do nitrogênio (^{15}N), aplicado em cobertura na *B. brizantha*, pela cultura sucedânea do milho. Para atingir tais propósitos, foram conduzidos três estudos simultaneamente, conduzidos em condições de campo durante os anos agrícolas de 2003/04, 2004/05 e 2005/06 na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu, em NITOSSOLO VERMELHO Estruturado, cultivado em SPD. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. No estudo I, os tratamentos foram: 1) cultivo do milho solteiro; 2) milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciada na semeadura; 3) milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciada na adubação de cobertura; 4) milho com *Panicum maximum* cv. Mombaça consorciado na semeadura; 5) milho com *Panicum maximum* cv. Mombaça consorciado na adubação de cobertura. No

segundo e terceiro anos de condução do experimento (anos agrícolas 2004/05 e 2005/06), após a colheita da cultura do milho, foi aplicado nitrato de amônio em cobertura nas quantidades equivalentes a 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N. Somente na *B. brizantha* foram alocadas microparcelas onde aplicou-se nitrato de amônio enriquecido (¹⁵NH₄NO₃) para avaliar a quantidade de N recuperada pela Marandu ao longo do período de outono-primavera, quantificando a produtividade de matéria seca das forrageiras. No último ano agrícola (2005/06) foi avaliado a resposta do milho semeado sobre cobertura morta destes sistemas de cultivo. Foram avaliadas características agronômicas da cultura do milho, a produtividade de grãos, a produtividade das forragens e o valor nutritivo, além da quantificação de N recuperada pelo Marandu e no milho semeado seqüencialmente. Os sistemas de cultivo consorciado com forrageiras não diminui a produtividade de grãos do milho. O *P. maximum* cv. Mombaça é mais eficiente no acúmulo de matéria seca quando realizada a adubação nitrogenada após a colheita do milho para grãos. As maiores doses de nitrogênio refletem em maiores produtividades de matéria seca, quando as forrageiras são semeadas por ocasião da adubação de cobertura no milho. A *B. brizantha* semeada em cultivo consorciado revela melhor valor nutritivo com o decorrer do período de outono-inverno. Quando semeada em cultivo consorciado e adubada com nitrogênio após a colheita do milho visando forragem no outono-inverno e palhada para safra seguinte, as doses a serem empregadas devem ser superiores a 60 kg ha⁻¹. O sistema de cultivo de milho com *B. brizantha*, cv. Marandu, semeado simultaneamente à semeadura aumenta a quantidade de nitrogênio na planta e, conseqüentemente, maior recuperação, em relação ao sistema consorciado na adubação de cobertura. Para recuperação de nitrogênio pelo milho quando semeado sobre palhada de *B. brizantha* adubada no ano anterior são necessárias doses de nitrogênio superiores a 60 kg ha⁻¹. Os benefícios do cultivo consorciado visando à utilização em sistemas de produção ILP, o melhor consórcio a ser utilizado é o milho cultivado com *P. maximum* cv. Mombaça por ocasião da adubação de cobertura.

Palavras – chave: épocas de consorciação, Integração Lavoura - Pecuária, Sistema Plantio Direto, adubação nitrogenada (¹⁵N), produtividade de matéria seca.

CORN, MARANDU AND MOMBAÇA GRASSES IN FUNCTION OF CONSORTIUM IMPLANTATION MODES. Botucatu, 2007, 157 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Émerson Borghi

Adviser: Carlos Alexandre Costa Crusciol

2. SUMMARY

The present work aimed to: 1) evaluate corn grain yield under different intercropping epochs with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and *Panicum maximum* cv. Mombaça under no-tillage system; 2) evaluate the performance of the forages intercropped and the answer of these crops to nitrogen rates applied after corn harvest, considering the productivity and nutritional value; 3) verify, in *B. brizantha*, the total nitrogen accumulation and the nitrogen accumulated from the fertilizer ammonium nitrate (NPPF) under different ammonium nitrate rates ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) applied in the forages as cover crop after corn harvest; 4) evaluate the nitrogen profit (^{15}N), applied as cover crop in *B. brizantha*, by corn cultivated in succession. To reach the proposed objectives, it was carried on three simultaneous studies, carriers on at field conditions, during the cropping years of 2003/04, 2004/05 and 2005/06 at Lageado Experimental Farm, College of Agricultural Sciences, in Botucatu, State of São Paulo, Brazil, in a structured Oxisol cultivated under no-tillage system. The experimental design was in blocks completely randomized, with four replicates. In the experiment I, the treatments were: 1) corn cultivated alone; 2) corn with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu as consortium seeded at corn seeding; 3) corn with *B. brizantha* cv. Marandu as consortium seeded at corn cover fertilization; 4) corn with *Panicum maximum* cv. Mombaça as consortium seeded at corn seeding; 5) corn with *P.*

maximum cv. Mombaça as consortium seeded at corn cover fertilization. In the second and third experimental years (2004/05 and 2005/06), after corn grain harvest, it was applied cover rates of ammonium nitrate, equivalent to 0, 30, 60 and 120 kg ha⁻¹ of N. Only under *B. brizantha* were allocated micro parcels in which it was applied enriched ammonium nitrate (¹⁵NH₄NO₃), to evaluate the N recovery by *Brachiaria* during the fall-spring time, quantifying in this way the dry matter production of the crop. In the last crop year (2005/06) it was evaluated the corn answer cultivated as succeeding crop after the crop rotation adopted in the already described cultivated systems. It was evaluated agronomic characteristics of the corn crop, as grain yield, the forages dry matter production and nutritional value, besides the quantification of N recovery by *Brachiaria* and corn cultivated in succession. The consortium systems with forages doesn't decrease the corn grains yield. The *P. maximum* cv. Mombaça is the most efficient in dry matter production when nitrogen fertilization is achieved after corn grain harvest. The biggest nitrogen rates reflect in bigger dry mass productivity when the forages are sowed by occasion of the corn fertilization of covering. The *B. brizantha* sowed in intercropping reveals best nutrition value with the period of autumn - winter. When seeded in intercropping and manure with nitrogen after the corn harvest aim forage into the autumn - winter and straw about to next tillage, the rates be made must be increase at 60 kg ha⁻¹. Bigger recovery of N for the corn when sowed on tillage of *B. brizantha* fertilizer in the previous year the are necessary superior rates 60 kg ha⁻¹ of N. The corn intercropping with *B. brizantha* cv. Marandu, seeded simultaneously increases by the quantity of nitrogen on plant and propose major recuperation, in relation to the consortium system associate at corn cover fertilization. The gains of the cultivation associate aim at on the utilization in systems of crop livestock integration, the best consortium used is the corn with *P. maximum* cv. Mombaça as consortium seeded at corn cover fertilization.

Keywords: intercropping epochs, crop livestock integration, no-tillage system, nitrogen fertilization (¹⁵N), dry matter production.

3. INTRODUÇÃO

O Sistema SPD (SPD) é o grande responsável pelo significativo aumento da produtividade e a continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros. Para a implantação e condução desse sistema de maneira sustentável, é indispensável a rotação de culturas de forma a proporcionar a manutenção permanente de quantidade mínima de massa vegetal na superfície do solo. O efeito positivo dos resíduos vegetais é aumentado conforme seu tempo de permanência. Este tempo é dependente do resíduo, grau de trituração, quantidade, composição química (principalmente a relação C/N) e grau de contato com o solo.

A proteção da superfície do solo é especialmente importante para a manutenção das propriedades físicas e a atividade de microrganismos que, uma vez constituídos na matéria orgânica, promovem a liberação de determinados elementos, como o nitrogênio e fósforo, contribuindo na quantidade absorvida destes nutrientes pelo sistema radicular das plantas.

No entanto, a maior limitação para a sustentabilidade do SPD na região oeste do Estado de São Paulo e na maior parte do Brasil Central é a baixa produção de palhada no período de outono/inverno e inverno/primavera, tanto das espécies utilizadas para adubação verde e cobertura do solo, como das culturas graníferas, em razão das condições climáticas desfavoráveis, notadamente baixas disponibilidades hídricas e temperaturas, caracterizando essas regiões como de inverno seco. Assim, devido à rápida

decomposição da palhada de plantas graníferas leguminosas como a soja e o feijão, principalmente em cultivos de verão, e a alta probabilidade de insucesso das culturas de safrinha, muitas áreas, nessas regiões, ficam ociosas durante sete meses do ano e com baixa cobertura vegetal, comprometendo a viabilidade e sustentabilidade do SPD.

Para minimizar este problema, alguns agricultores, na região Centro-Oeste brasileira, iniciaram o cultivo consorciado de culturas como o milho, a soja, o arroz, o feijão e o sorgo, com plantas forrageiras, notadamente a *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, semeadas concomitantemente, como forma de produção de forragem no período de menor disponibilidade nessa região e de palhada para o SPD na safra seguinte.

A aplicação deste sistema de produção em regiões com estas características climáticas é respaldada no fato do Brasil, atualmente, possuir 100 milhões de hectares com pastagens cultivadas, sendo que 80% apresentam algum grau de degradação, com baixas quantidades de matéria seca, e 50% destas estão em estado avançado. Isto acaba refletindo na baixa lotação animal por área, onde a média brasileira não ultrapassa 0,4 unidade animal (UA) por hectare, no baixo ganho de peso durante a estação das chuvas e, principalmente, na perda de peso na estação seca, sendo que em toda a atividade as perdas anuais são superiores a um bilhão de dólares.

Dessa forma, o sistema de cultivo consorciado pode proporcionar aumento da disponibilidade de forragem em plena estação seca, com valor nutritivo suficiente para manutenção nutricional dos rebanhos, podendo até promover ganho de peso, e produção de palhada para o SPD, sem a necessidade de semeadura de plantas de cobertura em inverno/primavera.

Deve-se ressaltar que tanto a *Brachiaria brizantha* como espécies do gênero *Panicum* possuem sistema radicular vigoroso e profundo, resultando em considerável tolerância à deficiência hídrica, desenvolvendo-se em condições ambientais em que a maioria das culturas graníferas e das espécies utilizadas para cobertura do solo, semeadas em outono/inverno e inverno/primavera não apresentariam tal característica. Nesse contexto, estas espécies podem ser eficientes, uma vez que o sistema radicular de ambas alcançam grandes profundidades, o que lhes permite absorver água e nutrientes em camadas mais profundas do solo.

No entanto, no cultivo consorciado pode ocorrer competição pelo nitrogênio entre a planta produtora de grãos e a forrageira, sendo que o manejo adequado da adubação nitrogenada pode atender a demanda pelo elemento nos estádios cruciais da cultura produtora de grãos. Contudo, estudos relacionados ao manejo da adubação nitrogenada nesse sistema de produção são inexistentes.

Assim, nesse sistema de cultivo consorciado, o estudo da adubação nitrogenada em plantas forrageiras como forma de minimizar o efeito da imobilização de nitrogênio nas mesmas e a cultura sucedânea produtora de grãos é de suma importância, podendo, ainda, aumentar a produção de forragem e a produção animal, principalmente quando aplicada após a colheita da cultura de grãos, aproveitando as condições de temperatura elevada e de precipitação pluvial do final do período de safra.

Uma outra questão refere-se ao momento de realização da consorciação, como forma de reduzir competitividade sem haver a necessidade da utilização de subdoses de herbicidas para interromper o crescimento da planta forrageira e ainda proporcionar produtividade de grãos da cultura granífera.

Em função do exposto, o trabalho de pesquisa objetivou: 1) avaliar a produtividade de grãos da cultura de milho em épocas de consorciação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça em SPD; 2) avaliar o desempenho das plantas forrageiras consorciadas em épocas e a resposta à adubação nitrogenada aplicada após a colheita do milho, quanto à produtividade e valor nutritivo; 3) verificar, na *B. brizantha*, o acúmulo de nitrogênio total e proveniente do fertilizante nitrato de amônio (NPPF) com doses de nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) aplicado em cobertura nas plantas forrageiras após a colheita da cultura do milho; 4) avaliar o residual da adubação nitrogenada nas plantas forrageiras na cultura do milho cultivado em sucessão; 5) avaliar o aproveitamento do nitrogênio (^{15}N), aplicado em cobertura na *B. brizantha*, pela cultura sucedânea do milho.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Produção de forragem e de palhada pelas pastagens em regiões de inverno seco

De acordo com Landers (2007), as produtividades médias das culturas agrícolas no Brasil estão aquém do potencial oferecido pelas tecnologias disponíveis.

As pastagens constituem a maior fonte de alimento para o rebanho bovino brasileiro, sendo a única em alguns sistemas. No entanto, perdem produtividade por diversas causas. Segundo Mello et al. (2004), a compactação do solo produzida pelo tráfego de animais, a baixa produtividade de matéria seca e o extrativismo sem a reposição dos nutrientes exportados no decorrer do tempo, conduzem à degradação intensa das pastagens.

Na pecuária do Brasil Central, 45 milhões de bovinos ocupam 117 milhões de hectares com pastagem cultivada, resultando numa lotação média de 0,3 unidade animal por hectare, enquanto pastagens mais tecnificadas podem suportar lotações cinco vezes superior. A não-aplicação de práticas adequadas na formação e manutenção das pastagens, tais como manejo inadequado do solo e reposição de nutrientes, aceleram o processo de degradação, ocasionando baixos índices zootécnicos (OLIVEIRA; YOKOYAMA, 2003), sendo que, no período da entressafra, período entre meses de abril/maio a setembro, a baixa quantidade de alimento aliada a outros fatores acarretam em prejuízos para a atividade pecuária que podem superar um bilhão de dólares por ano (YOKOYAMA et al., 1995).

Dentro deste cenário, técnicas de cultivo vêm sendo difundidas como forma de recuperar as pastagens visando a recuperação ou mesmo proporcionar o estabelecimento de pastagens de primeiro ano, notadamente mais produtivas e com maior valor nutritivo. De acordo com Santos (2004), dentre as técnicas viáveis no tocante à recuperação de pastagens degradadas do bioma Cerrados, a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é a que apresenta os maiores benefícios, uma vez que a recuperação destas áreas com a semeadura de culturas anuais, como o milho por exemplo, favorece o retorno da pastagem ao sistema produtivo, como fonte de alimentos aos animais na época da entressafra e ainda como fornecedora de palhada garantindo assim a sustentabilidade do SPD.

Nas regiões que possuem inverno seco a maior limitação para a sustentabilidade do SPD é a persistência da palhada, uma vez que essa condição climática, na grande maioria das áreas produtoras de grãos, tem reduzido o sucesso ou até tornado inviável o cultivo de safrinha. Dessa forma, a palhada depositada nessas áreas advém somente da cultura da safra de verão, que se caracteriza por apresentar baixa cobertura do solo quando da próxima semeadura, diminuindo o sucesso do SPD. Assim, a interação de espécies e sistemas de produção, que possibilitem o aumento na quantidade de cobertura morta com maior persistência sobre o solo, é de suma importância para a sustentabilidade do SPD nessas regiões (BORGHI, 2004).

Devido a essas características climáticas, tanto a lavoura quanto a pecuária devem ser exploradas em sistemas conservacionistas do solo, sendo que o SPD tem se apresentado com grande viabilidade técnica e econômica. Aliado ao SPD, o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) têm contribuído para a viabilidade do setor agropecuário, uma vez que possibilita a produção de forragem na época seca do ano (LANDERS, 2007).

As plantas que vem ganhando espaço nesse sistema são as espécies do gênero *Brachiaria*. De acordo com Tiritan (2001), quando adubadas e com controle de lotação animal, as vantagens destas culturas são a grande produtividade de matéria seca tanto da parte aérea quanto radicular, boa cobertura do solo, agressividade na formação, custo relativamente baixo de sementes, melhoria nas propriedades físicas do solo, além do eficiente controle de plantas daninhas. Outra vantagem direta realçada pelo autor está na receita que estas culturas podem gerar para o SPD.

Segundo Kluthcouski et al. (2000), a sustentabilidade do setor agropecuário deverá estar diretamente relacionada com a evolução do sistema de produção, tal qual o SPD e a Integração Lavoura-Pecuária, por proporcionar benefícios recíprocos, ao eliminar ou reduzir as causas da degradação física, química ou biológica do solo, resultantes de cada uma das explorações.

4.2. Estabelecimento de pastagens em consorciação no sistema Integração Lavoura-Pecuária

A degradação das pastagens ao longo dos anos têm sido um dos grandes problemas para a atividade pecuária, por ser desenvolvida praticamente em pastagens mal formadas, afetando diretamente a sustentabilidade deste sistema de produção (PERON E EVANGELHISTA, 2004). Dentre os principais fatores responsáveis pela degradação das pastagens, destacam-se a escolha da espécie forrageira, a não reposição de nutrientes exportados perdidos durante o período de pastejo (KICHEL et al., 1999), e o manejo incorreto das pastagens em função do superpastejo (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 1994). Estima-se que 80% dos aproximadamente 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil Central encontram-se com algum grau de degradação (MACEDO et al., 2000).

Gramíneas do gênero *Brachiaria* são largamente utilizadas em pastagens na América Tropical. Existem cerca de 80 milhões de hectares cobertos por pastagens de Marandu, representando aproximadamente 70 % de toda a área de pastagem cultivada no país, formando extensos monocultivos, especialmente no Brasil Central e na Amazônia (LANDERS, 2007). Só no Estado de São Paulo a área de pastagens cultivadas com Marandu é de sete milhões de hectares (CATI, 2001). Apesar da destacada área de cultivo com *Brachiaria decumbens*, esta gramínea vem apresentando queda de produção após ciclos de pastejo, devido à degradação ao longo dos anos e também em decorrência do aparecimento da cigarrinha das pastagens. Atualmente, observa-se expansão da área cultivada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, e os resultados evidenciam perspectivas promissoras (TSUMANUMA, 2004).

Mediante os resultados de pesquisa é possível constatar que existem muitas informações acerca das tecnologias viáveis para a renovação de pastagens. Oliveira et al. (1996) relataram que entre as principais estão os métodos que fazem a recuperação ou

renovação direta por meio da aplicação de corretivos de acidez aliadas às técnicas de manejo e adubação do solo, ou ainda com consorciação de culturas anuais com plantas forrageiras, principalmente dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon*.

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

Entre as modalidades de ILP utilizadas no Brasil, destaca-se o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais, como a *Brachiaria brizantha*, vulgarmente conhecida como “braquiarião”, “brizanthão” ou simplesmente “Marandu”, com culturas como milho, soja, arroz, e sorgo. Nesse sistema de produção, a espécie forrageira é manejada como planta anual, sendo utilizada para produção de forragem após a colheita da cultura produtora de grãos e, em seguida, para formação de palhada para o SPD (ALVARENGA et al., 2006).

Aidar et al. (2003) relataram que na região do Cerrados brasileiro, as áreas utilizadas para produção de grãos permanecem em pousio aproximadamente oito meses, quando adota-se apenas uma safra por ano agrícola, em virtude das condições climáticas no início do outono, principalmente no tocante à deficiência hídrica. Em regiões onde é possível o cultivo de safrinha, pode-se optar pela produção de culturas forrageiras na entressafra em sucessão à cultura anual de verão, sendo semeada em fevereiro-março, como por exemplo as culturas do milho safrinha ou do sorgo. Pode-se optar ainda pelo cultivo consorciado da planta forrageira anual com a espécie perene, objetivando a produção de forragem no inverno e a formação de cobertura morta para a próxima estação chuvosa (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

A base da técnica consiste em cultivar em consórcio espécies como milho, soja, arroz, feijão e sorgo, com plantas forrageiras, destacando a *Brachiaria brizantha* e capins do gênero *Panicum* (LANDERS, 2007). De acordo com Portes et al. (2003), consórcio é o sistema de cultivo que envolve a semeadura de duas ou mais espécies numa mesma área, de modo que uma das culturas possa conviver com a outra durante todo o seu ciclo, ou pelo menos parte dele.

Assmann et al. (2003) relataram que são necessários estudos de modelos agrícolas menos dependentes do uso de insumos, reduzindo o custo de produção, de forma a tornar-se mais eficientes. Nesse intento, o cultivo consorciado de espécies forrageiras com culturas anuais torna-se vantajoso, uma vez que a forrageira se beneficiará do residual de fertilizantes aplicados na cultura produtora de grãos e, por conseguinte, aumentará a reserva de forragem com valor nutritivo em uma estação de baixa oferta de pastagem.

De maneira geral, as gramíneas forrageiras tropicais apresentam lento acúmulo de matéria seca da parte aérea até 50 dias após a emergência, enquanto a maioria das culturas anuais sofre influência por competição nesse período (TSUMANUMA, 2004; PANTANO, 2003). No caso do cultivo consorciado, os resultados de pesquisa tem possibilitado concluir que a competição da planta forrageira com a cultura produtora de grãos pode ser amenizada com a utilização de sub-doses de herbicidas pós-emergentes, como o fluazifop – butil, no caso do consórcio entre soja e *B. brizantha* (SILVA et al., 2005), ou nicosulfuron (JAKELAITIS et al., 2004) no caso do consórcio da forrageira com milho, ou ainda por meio da semeadura da mistura das sementes do Marandu com fertilizante de semeadura em maiores profundidades que as sementes da cultura produtora de grãos (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Outro modo de diminuir consideravelmente a competitividade entre as espécies quando consorciadas tem sido a semeadura da planta forrageira por ocasião da adubação de cobertura ou após a emergência do milho (TSUMANUMA, 2004; JAKELAITIS et al., 2006). Segundo Kluthcouski et al. (2003), o consórcio entre culturas graníferas com forrageiras tropicais pode ser efetuado sem comprometimento na produtividade de milho simultaneamente ou com 10 a 20 dias após a emergência destas. Tsumanuma (2004) e Bernardes (2003) demonstraram que a produtividade de milho foi semelhante ao sistema de cultivo solteiro, sem aplicação de herbicida pós-emergente.

No caso da utilização do milho na forma de silagem, posteriormente à colheita, a forrageira poderá se beneficiar das chuvas e das temperaturas elevadas (FREITAS et al., 2005), de tal forma que, aproximadamente 70 dias após o corte, poderá ser utilizada como pastagem para os animais, coincidindo com a época de maior escassez de alimento (PORTES et al., 2000). Aliado a este fator, o arranjo espacial de plantas de milho na área poderá beneficiar o desenvolvimento da forrageira, assim como a forma de consorciação com o milho (BORGHI, 2004; BORGHI; CRUSCIOL, 2007).

Em virtude das espécies forrageiras utilizadas no cultivo consorciado serem de metabolismo C₄, com elevadas taxas de crescimento em altas irradiâncias, a redução no crescimento destas forrageiras quando consorciadas com as culturas graníferas por meio de práticas culturais como o arranjo espacial de plantas (BORGHI, 2004), retarda sobremaneira o acúmulo de biomassa da forrageira durante o período de competição interespecífica (PANTANO, 2003), com produtividades de grãos equivalentes ao sistema de cultivo solteiro (ALVARENGA et al., 2006).

O sistema de ILP por meio do cultivo consorciado como forma de promover inovações tecnológicas à pecuária e de proporcionar a recuperação de solos degradados das propriedades agrícolas tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (BERNARDES, 2003; PANTANO, 2003; PORTELA, 2003; BORGHI, 2004; TSUMANUMA, 2004; KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003; JAKELAITIS et al, 2005a, b; JAKELAITIS et al, 2006).

A literatura mostra que as espécies do gênero *Brachiaria* preferencialmente devem ser misturadas ao fertilizante e semeadas na mesma fileira da cultura produtora de grãos (BORGHI; CRUSCIOL, 2007). Porém, em espaçamentos entrelinhas superiores a 70 cm, recomenda-se semear uma entrelinha da forrageira misturada ao fertilizante (OLIVEIRA; YOKOYAMA, 2003), levando-se em consideração a linha adicional no cálculo da adubação.

Os estudos sobre as épocas de introdução das forrageiras e os efeitos no desenvolvimento do milho permitem a conclusão de que o consórcio é possível sem comprometimento para as espécies (LANDERS, 2007). Pesquisas têm possibilitado concluir que não existem diferenças de produtividade de milho entre a semeadura simultânea e a consorciação efetuada por ocasião da adubação de cobertura (BERNARDES, 2003; PANTANO, 2003; TSUMANUMA, 2004; FREITAS et al., 2005). Isto ocorre porque o milho apresenta alta taxa de crescimento no início do desenvolvimento em comparação com a forrageira, garantindo o sucesso no caso da semeadura simultânea, porém, a produtividade de matéria seca da forrageira torna-se seriamente comprometida com a semeadura pela época de implantação (ALVARENGA et al., 2006).

Alguns trabalhos demonstram que mesmo submetido a diferentes arranjos espaciais o milho produz semelhante no cultivo solteiro e consorciado (BORGHI;

CRUSCIOL, 2007; BERNARDES, 2003). Jakelaitis et al. (2005), avaliando o consórcio simultâneo com uma ou duas linhas de Marandu, ou na mesma linha do milho, ou quando a semeadura da forrageira ocorreu 30 dias após a emergência do milho, concluíram que as produtividades foram semelhantes. Pantano (2003), nas mesmas épocas supracitadas, também não encontraram diferenças significativas entre os consórcios, porém quanto maior for a distribuição em linha da forrageira, maior a quantidade de massa, garantindo menor tempo de formação do pasto (ALVARENGA et al., 2006).

Borghgi (2004) comparando modalidades de consorciação do milho com *B. brizantha* (cultivo na linha, na entrelinha e na linha+entrelinha) semeados simultaneamente em dois espaçamentos de semeadura (45 e 90 cm), concluiu que o consórcio efetuado na linha+entrelinha comprometeu a produtividade de grãos em relação aos demais sistemas, resultado este diferente de Bernardes (2003), na mesma modalidade de consórcio, que resultou em maior produtividade de matéria seca da forrageira no período de outono-primavera. Os resultados de Tsumanuma (2004), avaliando a semeadura de uma ou duas linhas de *B. decumbens* na entrelinha do milho, não encontrou diferenças na produtividade de milho em relação ao cultivo solteiro. Alvarenga et al. (2006) compilaram uma série de experimentos conduzidos na região de Santo Antonio de Goiás envolvendo sistemas de cultivo de milho com *B. brizantha* e *P. maximum* na linha ou na linha+entrelinha não proporcionaram diferenças na produtividade de grãos em relação ao sistema de cultivo solteiro. Vale ressaltar que nesses experimentos foi necessária aplicação de sub-doses de herbicida pós-emergente para controle da forrageira evidenciando a possibilidade de utilizar o cultivo consorciado sem prejuízo ao desenvolvimento e produtividade de milho.

Os diferentes resultados estão associados à combinação de vários fatores, como população da forrageira (Jakelaitis et al., 2006), arranjos de semeadura (espaçamento entrelinhas) (BORGHI; CRUSCIOL, 2007), época de implantação (TSUMANUMA, 2004), presença de plantas daninhas, aplicação de herbicidas (JAKELAITIS et al., 2005a, b), fertilidade do solo e condições hídricas (ALVARENGA et al., 2006).

Dias-Filho (2000), ao analisar a taxa de crescimento e acúmulo de biomassa na *B. brizantha*, verificou que a taxa de alongação foliar foi significativamente aumentada sob sombreamento, sugerindo que os resultados sejam discutidos com relação às

suas implicações para o manejo, principalmente sob condições de consorciação com culturas graníferas.

De acordo com Portes et al. (2000), possíveis reduções na produtividade de grãos no cultivo consorciado em relação ao solteiro não o inviabiliza, visto que outros fatores o beneficiam, em especial a pastagem renovada.

Portes et al. (2000), ao avaliar a consorciação do milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, relataram que a deposição das sementes da forrageira a 10 cm de profundidade juntamente com o fertilizante retardou a emergência das plântulas em aproximadamente cinco dias, enfraquecendo-as, mas com a rebrota rápida da forrageira é possível sua utilização como pastagem após 70 dias da colheita das culturas de milho, de sorgo, de milheto ou de arroz. Em virtude do sombreamento provocado pelo milho durante o período de consorciação, a forrageira apresentou crescimento lento, em especial por possuírem metabolismo C₄ de fixação do CO₂, características que as fazem exigentes por luz, proporcionando ao milho completar o seu ciclo e produzir satisfatoriamente.

Portela e Cobucci (2002), estudando quatro populações de *B. brizantha* e *P. maximum* cv. Mombaça - 0; 5; 10 e 15 plantas m⁻² - com a cultura do milho em sistema consorciado, verificaram que mesmo nos tratamentos com grande formação de massa da forrageira, a produtividade do milho manteve-se semelhante, demonstrando a possibilidade de consorciação utilizando quaisquer das espécies com a cultura do milho. Mesmo nos tratamentos com aplicação de herbicida pós-emergente para reduzir o crescimento das forrageiras, a taxa assimilatória líquida (TAL) do milho foi maior que das forrageiras, indicando maior eficiência fotossintética pela cultura produtora de grãos, provocando o sombreamento das espécies consorciadas e diminuindo assim a competitividade.

4.3. Resposta de forrageiras tropicais à adubação nitrogenada

O nitrogênio é o primeiro elemento mineral a limitar a produtividade de forragem das espécies destinadas a pastejo ou simplesmente para produção de cobertura morta, principalmente na fase de condução, 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). Normalmente, as espécies forrageiras aumentam a produtividade

de matéria seca em função do aumento das doses de nitrogênio, porém, o manejo e a dinâmica do nutriente no solo e na planta tornam-se mais importante do que a dose a ser aplicada.

A adição de nitrogênio a partir da atmosfera (geralmente em quantidades inferiores a $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), juntamente com o nitrogênio disponibilizado a partir da mineralização da matéria orgânica e da decomposição de resíduos animal e vegetal auxiliam, ainda que de maneira limitada, no atendimento das exigências de nitrogênio da planta forrageira. Entretanto, essas formas de adição ou de ciclagem no sistema são insuficientes para sustentar altas produtividades da forragem ao longo do tempo, chegando a valores de deficiência, na ciclagem de nitrogênio no sistema, de $58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em pastagens cultivadas de gramíneas no Cerrados (CAMPOS, 2004; VIDELA, 2004).

Nesse contexto, os fertilizantes nitrogenados podem ser utilizados para aumentar a disponibilidade de nitrogênio no sistema, porém fatores como a fonte a ser utilizada, o manejo extensivo dado aos sistemas de pastagens ainda empregados no país, aliados à falta de conhecimento quantitativo sobre a dose economicamente viável a ser aplicada ainda são fatores importantes na estimativa da utilização deste importante nutriente.

O nitrogênio é um dos fatores mais limitantes para o desenvolvimento das forrageiras, uma vez que atua no desenvolvimento de perfilhos e na produção de biomassa (SANTOS JÚNIOR, 2001). Essas plantas apresentam vários mecanismos para incrementar a eficiência no uso desse nutriente. Esses mecanismos são resultado da adaptação progressiva das plantas às condições de baixa disponibilidade deste elemento (FERNANDES; ROSSIELO, 1995). O potencial de resposta das espécies forrageiras à adubação nitrogenada é aspecto importante na escolha de cultivares para sistemas intensivos com finalidade específica de pastejo (QUADROS et al., 2002), uma vez que a adubação nitrogenada estimula o desenvolvimento da planta forrageira, participando ativamente dos processos de fotossíntese (BATISTA, 2002).

Dentre as principais características peculiares do nitrogênio, pode-se citar sua grande mobilidade no solo, as transformações mediadas por microrganismos, a possibilidade de perdas por volatilização e/ou lixiviação e o baixo efeito residual no solo (AGUIAR, 1998). De acordo com Soares Filho (1999), a fonte natural de nitrogênio no solo é a matéria orgânica, a qual transforma o referido elemento da forma orgânica em mineral após mineralização, mediante ação de microrganismos decompositores.

Dentre os elementos essenciais, o nitrogênio é o que mais limita o desenvolvimento e a produtividade da biomassa de gramíneas. Esta limitação ocorre porque as gramíneas em geral requerem grandes quantidades do elemento - 10 a 13 g kg⁻¹ da matéria seca da planta, e a fração do nitrogênio disponível no solo muitas vezes não é suficiente para atingir altos níveis de produtividade, necessitando aporte externo desse nutriente ao sistema (FREIRE et al., 2001).

Schunke (2001) relatou que o potencial genético das espécies forrageiras poderá ser fator determinante na dinâmica de nitrogênio nos sistemas de pastagens. Assim, a escolha de espécies com alto valor nutricional tem importante implicação na ciclagem do elemento, sendo determinada em relação a altura das plantas, já que as de porte alto tendem a diluir o nitrogênio absorvido em compostos estruturais e, conseqüentemente, apresentam baixa concentração do elemento em seus tecidos. Como conseqüência, a ação de microrganismos na decomposição dos restos de palha depositada sobre o solo pode proporcionar imobilização do elemento. Nestas condições, o material incorporado terá relação C/N maior e tenderá a incorporar nas frações recalcitrantes da matéria orgânica, tornando o nutriente indisponível por imobilização.

Nas pastagens de gramíneas, após a sua formação, dependendo do manejo empregado, como em condições de pastejo animal, pode ocorrer redução na aeração do solo e na atividade de microrganismos, provocando a redução na mineralização da matéria orgânica. Dessa forma, a planta pode ser privada de sua maior fonte de nitrogênio e ter sua capacidade de desenvolvimento e produção de biomassa comprometidos (SOARES FILHO, 1991), reduzindo o número de pastejos a serem realizados no período de maior escassez de alimento (outono-primavera).

Espécies forrageiras gramíneas respondem linearmente ao aumento das doses de N ao longo dos ciclos de pastejo ou quando submetidos a corte (QUADROS et al., 2002). Resultados de pesquisa têm possibilitado verificar que forrageiras tropicais, em especial do gênero *Panicum*, respondem, experimentalmente, a aumentos de 1600 kg ha⁻¹ quando aplicados em cobertura (CORSI, 1994), porém, essa quantidade torna-se inviável economicamente em decorrência da fonte a ser utilizada, quando se considera as perdas que possam ocorrer por volatilização, lixiviação e desnitrificação, principalmente quando a dose de nitrogênio é superior a 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (OLIVEIRA, 2001). Assim, a dose

economicamente viável, em que as espécies possam produzir mais sem que outros fatores limitantes possam interromper seu desenvolvimento, ainda não são elucidativos, principalmente quanto às novas tecnologias empregadas nos sistemas de produção que envolvem espécies forrageiras, como pastagens irrigadas e métodos de renovação/recuperação.

De modo geral, a resposta das gramíneas ao nitrogênio é linear até a dose de 400-500 kg ha⁻¹ (CAMPOS, 2004). No entanto, mais importante que a dose, é estabelecer a época de maior aproveitamento do nitrogênio aliado ao maior retorno econômico por quilograma de animal colocado na pastagem (CORSI, 1994). Tem-se verificado que nas recomendações de adubação nitrogenada deve-se considerar a quantidade de 40 a 50 kg ha⁻¹ de N, em cobertura, em solos com menos de 16 g kg⁻¹ de matéria orgânica, para a formação de pastagens, utilizando preferencialmente as fontes sulfato e nitrato. Entretanto, alguns pesquisadores complementam que o uso da adubação nitrogenada química só é compensatória se cada quilograma de N aplicado revertesse na produção de 2,35 kg de peso vivo, tornando, em muitos casos, antieconômico o uso deste insumo, face o grau de degradação das pastagens (CAMPOS, 2004).

A principal relação existente entre a fertilidade do solo e a disponibilidade de nitrogênio refere-se ao aumento de matéria orgânica ao solo, porém, a adição de nitrogênio ao sistema por utilização de fertilizantes nitrogenados pode incrementar a disponibilidade do elemento ao sistema. Para cada quilograma de nitrogênio aplicado haverá um aumento no rendimento de forragem, em massa de matéria seca, por volta de 20 kg kg⁻¹ (CORSI, 1994). A utilização de nitrogênio aumenta a concentração de proteína bruta na planta, podendo haver aumento na digestibilidade de matéria seca (MS) e conseqüentemente no consumo animal.

Werner et al. (1996) recomendaram que, para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, ambas pertencentes ao mesmo grupo em função de suas exigências nutricionais, potencial produtivo e da fertilidade do solo, a quantidade de nitrogênio a ser aplicada na formação de áreas destinadas a pastejo é de 40 kg ha⁻¹, apenas aos 30-40 dias após a emergência das plantas, e de 60 kg ha⁻¹ para manutenção, após cada pastejo. Porém, tais quantidades referem-se ao cultivo isolado destas espécies, submetidos a sistemas intensivos de pastejo, e com adubação realizada preferencialmente no período chuvoso. Assim, informações quanto a dose de N a ser aplicada nas forrageiras

quando estabelecidas em cultivo consorciado com culturas graníferas são inexistentes na literatura.

Além destes fatores, a adubação nitrogenada reduz a queda do valor nutritivo das forrageiras com a idade, mantendo maior concentração de nutrientes digestíveis na matéria seca, mesmo com maior proporção caule/folha após seu manejo. Isso ocorre porque a carência de nitrogênio promove o secamento e morte prematura das folhas, o que é de extrema importância em condições tropicais, onde o rápido crescimento promove queda no valor nutritivo (CORSI, 1994).

Com o suprimento adequado de nitrogênio e outros fatores, os carboidratos formados à partir da fotossíntese são incorporados ao protoplasma celular, originando células grandes e de pequena espessura, fazendo com que planta se torne suculenta e com baixo teor de matéria seca, podendo limitar a ingestão de matéria seca pelos bovinos, tornando-se então imprescindível verificar a resposta das forrageiras quanto à dose de nitrogênio (SOUZA; FERNANDES, 2006).

O aumento proporcional de reservas de carbono requerido para suportar a assimilação de NH_4^+ , apóia o conceito de que a disponibilidade de carboidratos está envolvida na regulação da absorção e assimilação do amônio pelas raízes. Houve decréscimo na concentração de amônio nas raízes no escuro e aumento durante a luz, sugerindo que, no escuro, a assimilação de amônio frequentemente pode exceder a absorção, indicando um adequado suprimento de carboidrato. Durante a iluminação, entretanto, a concentração de amônio nas raízes aumentou, sugerindo que o suprimento de carboidrato foi insuficiente para assimilar todo amônio absorvido (BRITO et al., 2001).

De modo geral nas gramíneas forrageiras o acúmulo de matéria seca aumenta com a idade, em um ritmo variável, segundo a espécie e a disponibilidade de nutrientes. Em geral, com o aumento da matéria seca, aumentam-se também as frações fibrosas, e reduzindo as frações solúveis, influenciando diretamente no valor nutritivo das forragens. Até certo ponto, tais características são desejáveis, visto a necessidade de fibras na composição da dieta de animais ruminantes (GOMIDE, 1988).

Dentre as frações que se reduzem com o avanço da idade, uma das mais importantes é a de proteína bruta (PB), a qual está diretamente relacionada ao teor de N na planta.

Além de queda no teor protéico com a idade das plantas, a ação de cortes mecânicos os mesmo de pastejos contínuos, sem a reposição de nitrogênio ao sistema solo-planta, afeta a concentração de PB contida na matéria seca, decrescendo com os cortes (SILVA, 2006).

Vale ressaltar que a associação de outros elementos, como o fósforo e o potássio, também proporcionam aumentos na produção de matéria seca e conseqüentemente de PB na forragem. Porém, muitas vezes pode ocorrer efeito de diluição, face ao aumento demasiado na produtividade de matéria seca, ocasionando em alguns casos diminuição na concentração de nitrogênio foliares e de PB na forragem.

Quando o nitrogênio é o fator limitante ao crescimento, ocorre na planta um acúmulo de carboidratos, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, já que não podem ser usados nem na formação de novos tecidos, tampouco no crescimento. Desse modo, o nitrogênio absorvido pode reagir com os carboidratos no sistema radicular, beneficiando as raízes em detrimento da parte aérea. Quando a disponibilidade de nitrogênio aumenta, mais o nutriente é translocado para a parte aérea, possibilitando o uso de carboidratos na síntese de proteínas, e conseqüentemente no crescimento. Desta forma, causa-se um desequilíbrio de carboidratos na relação raízes/parte área, culminando com a diminuição desta relação com o desenvolvimento da planta forrageira (SOUZA; FERNANDES, 2006).

Dentre os fatores que alteram a disponibilidade de N para as plantas, a competição por luz é um dos principais. O sombreamento de uma espécie por outra reduz o perfilhamento da forrageira, podendo este efeito ser minorado pela adubação nitrogenada, promovendo maior desenvolvimento radicular, maior eficiência fotossintética e aumento da área foliar (ZANINE et al., 2005).

Outro fator preponderante à disponibilidade de nitrogênio para as plantas está relacionado ao teor de matéria orgânica (MO) do solo. O aumento nos teores de MO com adoção de práticas conservacionistas de manejo promovem aumentos na atividade microbiana do solo, proporcionando maior disponibilidade de nitrogênio pela ação de microrganismos decompositores, aumentando os processos de imobilização, mineralização e desnitrificação com o decorrer do tempo. Vale ressaltar que, em decorrência da alta relação C/N das gramíneas forrageiras, é provável que estes processos sejam mais acentuados quando as espécies são manejadas (ROSOLEM et al., 2004), porém, a deposição de cobertura sobre o

solo ao longo do tempo, pode promover o equilíbrio entre a imobilização e mineralização, de tal forma a aumentar a disponibilidade de nitrogênio principalmente na forma de NO_3^- .

O suprimento de nitrogênio para as plantas forrageiras depende da liberação de NH_4^+ proveniente da decomposição da matéria orgânica, fazendo com que, de acordo com a atividade de microrganismos nitrificadores, o NH_4^+ seja transformado em NO_3^- , sendo esta a forma preferencial de absorção, mas está sujeita a perdas por lixiviação por exemplo, o que pode limitar a disponibilidade do elemento (ERNANI et al., 2005). Em condições de alta umidade e temperatura a velocidade de decomposição da matéria orgânica torna-se mais acentuada, porém, o crescimento das forrageiras é bastante rápido, fazendo com que nem sempre o suprimento de nitrogênio atenda às necessidades das plantas (CORSI, 1994). Em contrapartida, a baixa temperatura e a falta de água limita a velocidade de decomposição da matéria orgânica, fazendo com que parte do nitrogênio imobilizado pelos microrganismos não seja disponibilizado às plantas (SÁ, 1996), levando à deficiência de nitrogênio e fazendo com que as plantas possam mostrar sintomas de deficiência no outono-inverno.

Por meio do cultivo consorciado, resultados de pesquisas possibilitam verificar que a produtividade das forragens quando estabelecidas simultaneamente à semeadura de culturas graníferas proporcionam aumentos consideráveis em matéria seca no período de maior escassez de alimento (PANTANO, 2003; BORGHI, 2004; TSUMANUMA, 2004). Nesse caso, a forrageira é beneficiada pelo residual do fertilizante aplicado em semeadura deixado pela cultura produtora de grãos. Nesta época, a exigência por nutrientes pelas forrageiras é bem menor que das culturas graníferas, notadamente mais desenvolvidas em função do “arranque” no desenvolvimento proporcionado pela diferença na deposição da semente ao solo. No momento em que as forrageiras aumentam sua exigência por alguns elementos para formação de perfilhos e folhas, especialmente nitrogênio e potássio, o período crítico de prevenção à interferência para as culturas do milho e sorgo já foram ultrapassados e, desta forma, proporciona intenso desenvolvimento por ocasião da maturação fisiológica do milho ou do sorgo.

Porém, a aplicação de nitrogênio após a colheita da cultura produtora de grãos, a fim de proporcionar estabelecimento mais rápido da pastagem e produtividade de matéria seca ao longo dos cortes/pastejos no período de outono-inverno, causa indagações

principalmente no tocante à recuperação do nitrogênio pelas forrageiras após os cortes e no cultivo da cultura semeada em sucessão.

Tem-se discutido que a adubação utilizando nitrato de amônio, após a colheita do milho de verão, possa proporcionar rápida disponibilidade de nitrato ao solo num período muito curto de tempo, fato este já explicado anteriormente. Como as forrageiras necessitam estabelecer um novo sistema radicular a fim de translocar solutos para a formação de novos perfilhos e folhas, parte deste nitrato pode estar sendo aproveitado pelas plantas, causando então a ausência de resposta na produtividade das forragens ao longo do período de crescimento. Porém, como o fertilizante apresenta também amônio, a forrageira pode priorizar sua absorção. Como visto anteriormente, o NH_4^+ quando em excesso pode causar efeitos fitotóxicos nas plantas (SOUZA; FERNANDES, 2006), levando a condições de estresse, principalmente pela época em que está sendo estabelecido este processo (temperaturas baixas e redução de precipitação pluvial). Além disso, no solo, a grande quantidade de palha proveniente do milho e das forrageiras não supre a demanda de nitrogênio, principalmente pelos processos de imobilização microbiana, havendo então a respostas diferenciadas entre as forrageiras quanto a adubação nitrogenada, e mesmo dentro da espécie, aumentos diferenciados ao longo dos cortes/pastejos.

4.4. Fornecimento de nitrogênio para a cultura do milho em função da cobertura do solo em SPD

As evidências sobre os benefícios da cobertura vegetal na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas para o solo vem sendo amplamente discutidos na literatura, em especial na última década. Porém, grandes discussões são levantadas no SPD em função da adaptabilidade de espécies para compor sistemas de rotação de culturas que proporcionem grande acúmulo de matéria seca pelas condições inerentes de cada região de cultivo, principalmente envolvendo sistemas de cultivo como a ILP (LANDERS, 2007).

A característica climática de regiões de inverno seco, notadamente grande parte dos Cerrados brasileiro, onde há baixa e irregular precipitação pluvial, agrava ainda mais a sustentabilidade do SPD, pois além de promover rápida decomposição dos resíduos vegetais, possibilita o cultivo de apenas uma única safra por ano agrícola em razão de reduzir significativamente a probabilidade de sucesso do cultivo de safrinha. Essa condição

reduz a deposição de cobertura morta sobre o solo, além de diminuir a rentabilidade do agricultor pela ociosidade da área em pelo menos sete meses do ano (AIDAR et al., 2003).

Ressalta-se que dos mais de 30 milhões de hectares cultivados com milho e soja na safra de verão, menos de 30% destas áreas são cultivadas na safrinha. Desta forma, a busca por técnicas que aumentem o potencial de aproveitamento das áreas produtoras de grãos que, em grande parte do Brasil, permanecem em pousio durante certo período do ano após o cultivo de verão, passa a ser estratégica na concepção de se obter maior rentabilidade na atividade agropecuária (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003). Nessas regiões do bioma Cerrados, o cultivo no período de fevereiro/março a maio/junho, dependendo da espécie utilizada, principalmente no que tange à tolerância à deficiência hídrica, apresenta elevada probabilidade de insucesso, desencadeando menor aproveitamento dessas áreas.

A liberação e a disponibilidade de nutrientes para a cultura em sucessão devem ser manipuladas pelo controle da quantidade e da qualidade dos resíduos das plantas antecessoras. Nesse contexto, Ribeiro Júnior e Ramos (2006) destacaram que as concentrações de nitrogênio, lignina, polifenóis e a relação carbono/nitrogênio determinam a perenidade das coberturas na superfície do solo e posterior mineralização de nutrientes, em especial o nitrogênio.

Várias culturas vem sendo empregadas como forma de produção de matéria seca para a sustentabilidade do SPD e fornecimento de forragem na primavera, dentre elas pode ser citado o milheto e a aveia-preta, esta última mais utilizada na região sul do Brasil (SILVA et al., 2007). Porém, em virtude dos custos para implantação destas espécies nas épocas recomendadas (primavera e inverno, respectivamente), além da rápida degradação da palhada, estudos com esta conotação vem sendo introduzidos como forma de proporcionar benefícios para a sustentabilidade de sistemas de produção envolvendo as atividades agrícola e pecuária, utilizando estratégias de manejo como o cultivo consorciado (BORGHI, 2004). Maiores recuperações de nitrogênio são observadas quando o milho é semeado sob cobertura vegetal provenientes de leguminosas (AITA et al., 2004; SILVA et al., 2006 a, b; SILVA et al., 2007), em comparação com espécies de gramíneas como o milheto ou aveia preta. Gonçalves et al. (2000) relataram que o aumento de nitrogênio na camada superficial do solo ocorreu em virtude da sucessão de culturas utilizada, com destaque para as sucessões entre leguminosas e milho.

Assmann et al. (2003), avaliando o rendimento do milho em área de ILP por meio de combinações de rotações de culturas envolvendo a semeadura de trevo branco adubado com nitrogênio e a resposta do milho cultivado em sucessão, concluíram que as plantas de milho que receberam a mais alta dose do nutriente como adubação de inverno não responderam à aplicação de adubação nitrogenada no verão, evidenciando o efeito residual da adubação nitrogenada de inverno. Porém, a inclusão de trevo branco no inverno não proporcionou nitrogênio residual para a cultura do milho, uma vez que este foi pastejado intensivamente até o início da primavera.

As respostas do milho quando semeado sob palhadas provenientes de gramíneas ou leguminosas resumem-se à diferença na relação C/N entre as espécies. Aumentos consideráveis nos teores de carbono orgânico e nitrogênio total no solo, principalmente em camadas superficiais do solo são observados pela rápida decomposição pelos microrganismos. De acordo com Ribeiro Júnior e Ramos (2006) as interações entre os fenômenos de imobilização e mineralização decorrentes da cobertura vegetal depositada na superfície do solo proporcionam variabilidade na concentração de nitrogênio disponível, resultando aí a dificuldade nas recomendações de adubação nitrogenada envolvendo o SPD para produção de grãos de milho (RAIJ; CANTARELLA, 1996).

A mineralização ocorre quando há excesso de nitrogênio no sistema, geralmente com espécies de relação C/N ao redor de 15/1 a 20/1. Nesse caso, há predomínio da mineralização sobre a imobilização, e o inverso pode ocorrer com valores de relação superiores a 25 (AITA et al., 2004). De acordo com Alvarenga et al. (2001), no SPD a utilização de espécies com relação C/N mais alta, como é o caso de gramíneas, acarreta decomposição mais lenta da palhada deixada sobre a superfície do solo, e processos como a imobilização, mineralização e lixiviação são alterados.

Como forma de amenizar o suprimento de nitrogênio para culturas graníferas semeadas sobre cobertura vegetal principalmente de gramíneas, algumas estratégias têm sido apregoadas, como a adubação nitrogenada nas culturas de primavera como forma de reduzir a relação C/N e, após a ação microbiana, propiciar fornecimento de nitrogênio por meio da mineralização na época de maior exigência do milho. Aita et al. (2004) concluíram que a consorciação de aveia e ervilhaca provocou diminuição na quantidade de

nitrogênio mineral do solo em relação à ervilhaca solteira, sendo esse efeito inversamente proporcional à quantidade de aveia no consórcio.

Outra solução para proporcionar maior suprimento de nitrogênio pode ser a adubação nitrogenada nas culturas antecessoras ao milho, aproximadamente 30 dias antes da semeadura, como forma de diminuir a relação C/N principalmente das gramíneas, uma vez que estas espécies produzem mais matéria seca. Destacam-se entre estas espécies as culturas do milheto e da aveia-preta (DIECKOW et al., 2006; SILVA et al., 2006b; SILVA et al., 2007). De acordo com Rosolem et al. (2004), o milho apresentou maior recuperação do nitrogênio em sucessão às culturas do milheto e da aveia-preta quando estas foram adubadas com nitrogênio durante a fase de crescimento, em comparação com as mesmas culturas sem fertilização. Os autores encontraram que a adubação nitrogenada na aveia-preta (C₃) diminuiu a relação C/N da planta - de 36/1 para 24/1 - e também no milheto (C₄), demonstrando maior mineralização de nitrogênio para o milho.

A utilização de espécies forrageiras, tais como as do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, vêm sendo estudadas com fins de cobertura morta principalmente pelo fato da grande amplitude de cultivo destas espécies nos Cerrados, ocupando até 85% das áreas de pastagens cultivadas, em muitas delas estas espécies já estão sendo utilizadas com dupla finalidade, ou seja, pastejo e cobertura morta (BROCH, 2000). De acordo com Kluthcouski e Stone (2003), estudos comprovam que a palhada de Marandu, associada a restos culturais de milho provenientes de cultivo consorciado, ultrapassam 17 t ha⁻¹ de matéria seca, mantendo-se suficiente para cobertura do solo por mais de 107 dias. Isto demonstra a capacidade destas espécies para sistemas de produção como a ILP.

De acordo com recomendações de Raij e Cantarella (1996), que subdividiram a quantidade de nitrogênio a ser aplicada em cobertura para o milho em função da classe de resposta do solo ao nutriente e seu manejo, para o cultivo sobre a palhada remanescente da pastagem, são esperadas baixas respostas à aplicação de nitrogênio, por isso, no Estado de São Paulo, são recomendados apenas 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura para produtividade de grãos de 6 a 8 t ha⁻¹. No entanto, nessas recomendações, não é considerada a condição que se encontra a pastagem, que pode determinar a quantidade variável de fitomassa deixada sob o solo e a possível recuperação de nitrogênio quando esta espécie é usada como fornecedora do nutriente no sistema quando fertilizada (CAMPOS, 2004). FEIGL et al. (1998)

citaram valores de fitomáteria seca da parte aérea de pastagens variando entre 10 a 15 t ha⁻¹ e radicular entre 15 e 32 t ha⁻¹.

Outro fator que influencia a resposta à adubação nitrogenada de uma cultura sobre a palhada remanescente da pastagem é a espécie da gramínea, pois esta exerce um papel fundamental na disponibilidade de nitrogênio (RIZZARDI, 1998). Em sistemas de produção que envolvem gramíneas com alta relação C/N, como o marandu e o mombaça, antecedendo o cultivo do milho, pode haver a imobilização microbiana de parte do nitrogênio aplicado, o que pode reduzir a eficiência da adubação nitrogenada (SCHERER, 2001).

Godoy et al. (2007), avaliando a concentração de nitrogênio na folha de milho em função do aumento de doses de fertilizante nitrogenado semeado sob palhada de *B. decumbens*, em condições de casa-de-vegetação, concluíram que a dose de nitrogênio em cobertura para se obter o máximo acúmulo de fitomáteria seca na parte aérea do milho equivale, em média, a 78 kg ha⁻¹, valor abaixo do citado por Amado et al. (2002) para o cultivo de milho após gramínea (120 kg ha⁻¹ de N), para produtividade de grãos de 6 a 9 t ha⁻¹.

4.5. Balanço e eficiência de utilização do nitrogênio pelas forrageiras perenes tropicais e a cultura do milho

Para se avaliar o aproveitamento do N-fertilizante pelas espécies, tem-se utilizado dois métodos: por diferença ou com uso de traçador isotópico ¹⁵N. Algumas vantagens inerentes à técnica isotópica são a detecção do elemento em grandeza de 10⁻⁸ g e a possibilidade de separar, na planta ou no solo, o elemento proveniente do fertilizante, do solo ou de outra fonte, permitindo assim quantificar a proporção do nitrogênio proveniente do fertilizante, mesmo que não haja resposta em termos de produtividade de matéria seca (MURAOKA, 1991).

Na técnica isotópica, o nitrogênio absorvido pelas plantas é calculado pela quantidade na planta e pela determinação da razão isotópica do N (¹⁵N/¹⁴N) nas amostras de plantas e do fertilizante marcado aplicado no solo. Este método permite distinguir, no nitrogênio total da planta, a parte que é proveniente do fertilizante daquela oriunda do solo ou da atmosfera (TRIVELIN, 2000). No caso de fertilizantes contendo as formas de nitrogênio amoniacal e nítrica, o uso de traçadores permite ainda estabelecer a relação entre as duas fontes na recuperação pela planta (LARA CABEZAS et al., 2005).

O método da recuperação do N-fertilizante pela diferença do nitrogênio absorvido por plantas adubadas em relação à plantas não adubadas possui limitações, uma vez que plantas que recebem nitrogênio apresentam sistema radicular mais vigoroso que as plantas controle, podendo ocorrer superestimativa dos valores. Porém, este é o método mais empregado, visto os altos custos inerentes à adoção da técnica com traçador ^{15}N (OLIVEIRA, 2001).

Ambrosano (1989) também ressaltou que a utilização de técnicas e as relações entre o nitrogênio total acumulado e a produção de matéria seca não são parâmetros que fornecem evidências seguras para a estimativa da recuperação do N-fertilizante.

Embora o método isotópico seja considerado o que apresenta maior precisão nas determinações de quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) e de eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUF), similarmente representado pela recuperação de nitrogênio pela planta (TRIVELIN, 2000), quando se adiciona ao solo um fertilizante nitrogenado, o mesmo pode alterar, num primeiro momento, a eficiência de uso pela planta. Esse efeito foi chamado de ANI, interações devido ao nitrogênio aplicado, definido como a diferença, em %, entre o resultados do método da diferença e o método isotópico (OLIVEIRA, 2001; FERNANDES, 2006).

No tocante à recuperação de N por gramíneas forrageiras, grande parte das pesquisas envolvendo este tema foram conduzidos em experimentos sob regime de cortes (CAMPOS, 2004; OLIVEIRA et al., 2003 a, b). Nesses estudos, os resultados constataram doses anuais de 200 a 400 kg ha⁻¹ oriundos da fertilização ou da mineralização microbiana, sendo a recuperação estimada por métodos isotópicos medida em cerca de 55% a 80% na forragem colhida, e 5% a 15% podem ser perdidos por lixiviação e desnitrificação, e o restante retido na matéria orgânica dos solos (VIDELA, 2004). Através desses resultados verifica-se a importância de se medir a recuperação de nitrogênio em forrageiras de clima tropical, visto o potencial de produtividade de matéria seca, chegando a 50 t ha⁻¹ ano⁻¹ dependendo da espécie utilizada e do manejo. Oliveira (2001) obteve as maiores eficiências no uso do nitrogênio na *B. brizantha* com a dose de 70 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Além disso, por meio da utilização de ^{15}N na uréia, aplicado no período chuvoso, constatou-se que o nitrogênio advindo do fertilizante concentrou-se em 27% na parte aérea, 22% na coroa e 5% no resíduo, principalmente quando a uréia foi incorporada ao solo. Quando a fertilização ocorreu no mês

de agosto, em virtude das condições climáticas desfavoráveis à absorção do nutriente e ao desenvolvimento da forrageira, as perdas de nitrogênio foram maiores e a taxa de recuperação foi consideravelmente menor, mantendo a mesma proporção de distribuição entre as partes da planta.

A recuperação de nitrogênio pela cultura do milho quando semeado em sucessão a gramíneas pode apresentar variações pelo método isotópico, que variam entre doses, épocas de aplicação e, no caso do cultivo no SPD, a espécie precedente, variando de 40 a 68%. Villas Bôas et al. (1999), trabalhando com variações de nitrogênio – uréia em diferentes épocas de desenvolvimento do milho encontraram recuperação de até 58% nos tratamentos onde foram realizadas duas aplicações de uréia enriquecidas com ^{15}N em faixas de 40 cm de largura. Redy e Redy (1993) obtiveram eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado em condições de clima temperado variando entre 43 e 57%. Pesquisas realizadas em regiões do Brasil demonstraram que as recuperações do nitrogênio aplicadas, calculadas pelo método da diferença, foram influenciadas pelas doses de nitrogênio (FERNANDES, 2006).

Estudos envolvendo a utilização de traçadores em fertilizantes nitrogenados em sistemas de produção como a ILP são escassos na literatura. Campos (2004), com objetivo de determinar combinações de doses de nitrogênio – sulfato de amônio enriquecido na pré-semeadura ou em cobertura na cultura do milho semeado sob pastagem degradada de *B. decumbens* em condições de Cerrados, concluiu que acréscimos na recuperação de nitrogênio pelos grãos de milho ocorreram quando o sulfato de amônio foi aplicado em cobertura, com resultado semelhante ao tratamento com aplicação em pré-semeadura, ou seja, durante o crescimento do Marandu. A recuperação de nitrogênio do sulfato de amônio pelo milho foi de 79 e 40%, quando aplicado em cobertura e na pré-semeadura, respectivamente.

Assim, muito embora com altos custos, o uso de fertilizantes nitrogenados utilizando traçadores isotópicos para estudos de aproveitamento pelas plantas é importante para constatação da dinâmica do nitrogênio nas plantas em função do sistema de manejo adotado, uma vez que o método da diferença, via de regra, superestima a recuperação do nutriente (OLIVEIRA, 2001).

Trivelin (2000) salientou que independente do método utilizado para estimar a quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante, é importante a metodologia correta de avaliação em experimentos conduzidos à campo, uma vez que pode haver movimento lateral do nitrogênio do fertilizante, convencionalmente chamado pelo autor de “efeito bordadura”, uma vez que o deslocamento do nitrogênio no perfil do solo é uma fonte potencial de erro em experimentos, principalmente em espécies com sistema radicular profundo e volumoso como as plantas forrageiras (CAMPOS, 2004).

5. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi composta de um experimento instalado em área anteriormente manejada no SPD por duas safras (2001/02 e 2002/03) com a seqüência de culturas de verão / inverno: milho/aveia e soja/aveia.

5.1. Localização da área experimental e caracterização do local

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA, Campus de Botucatu/UNESP, localizada no município de Botucatu-SP, latitude 22° 51'S, longitude 48° 26'W Grw. e altitude de 780 m. O clima predominante na região é do tipo Cwa segundo a classificação climática de Köeppen, ou seja, tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994), cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C e a média do mês mais frio entre 3 e 18°C(MARTINS, 2003)¹.

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et al. (1983) como Terra Roxa Estruturada, atualmente denominado NITOSSOLO VERMELHO Estruturado (EMBRAPA, 1999).

Nas Figuras 1 e 2 estão contidos os dados de precipitação pluvial e as temperaturas máxima e mínima (2003, 2004, 2005 e 2006) e radiação solar (2004, 2005 e

¹ MARTINS, D. Classificação climática de Botucatu – SP. (Divulgação interna do Departamento de Ciências Ambientais - Faculdade de Ciências Agronômicas, 2003).

2006) durante a condução dos experimentos, registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado.

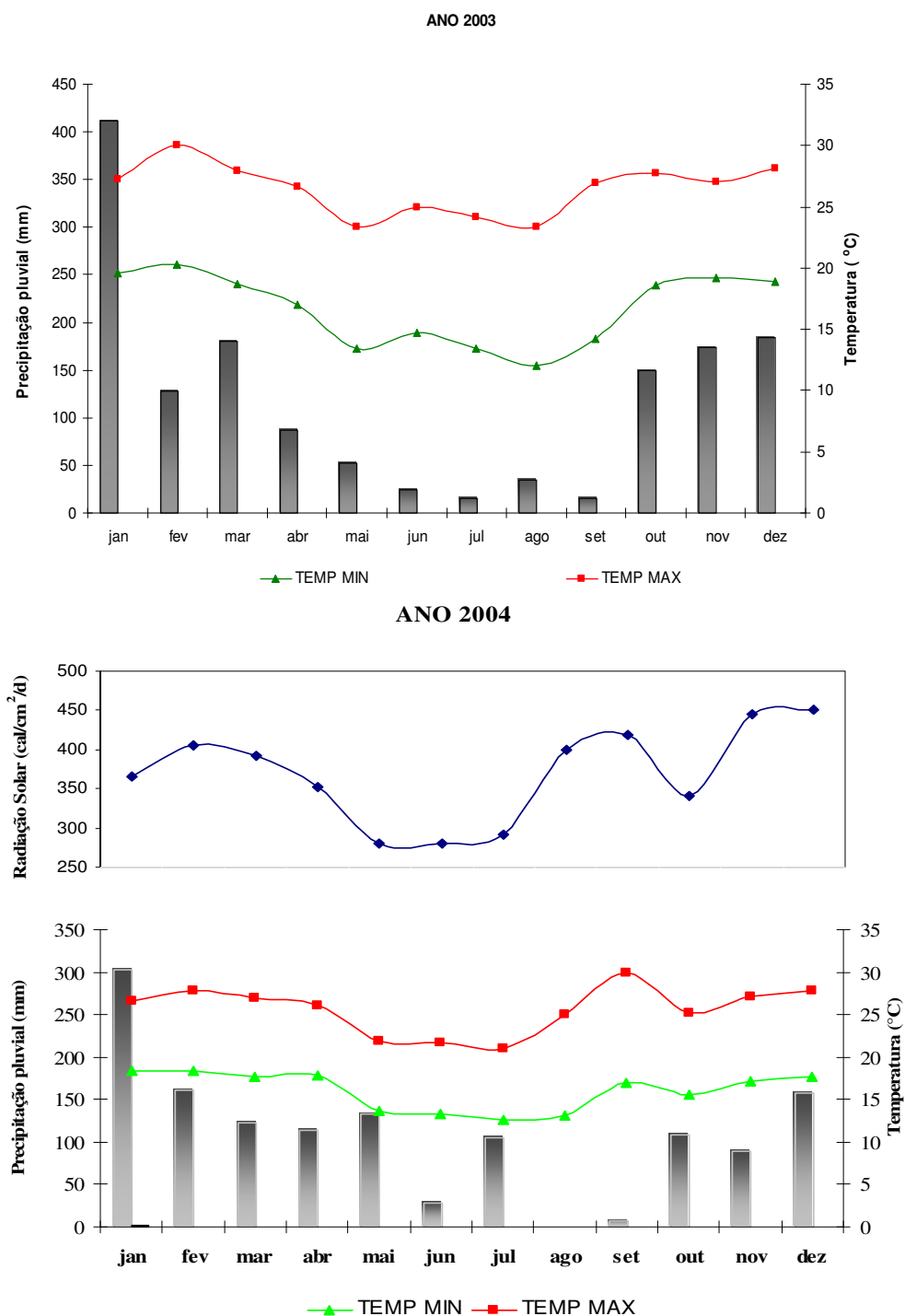


Figura 1: Precipitação pluvial, temperaturas máximas, mínimas e radiação solar mensais durante a condução do experimento. Botucatu-SP, anos 2003 e 2004.

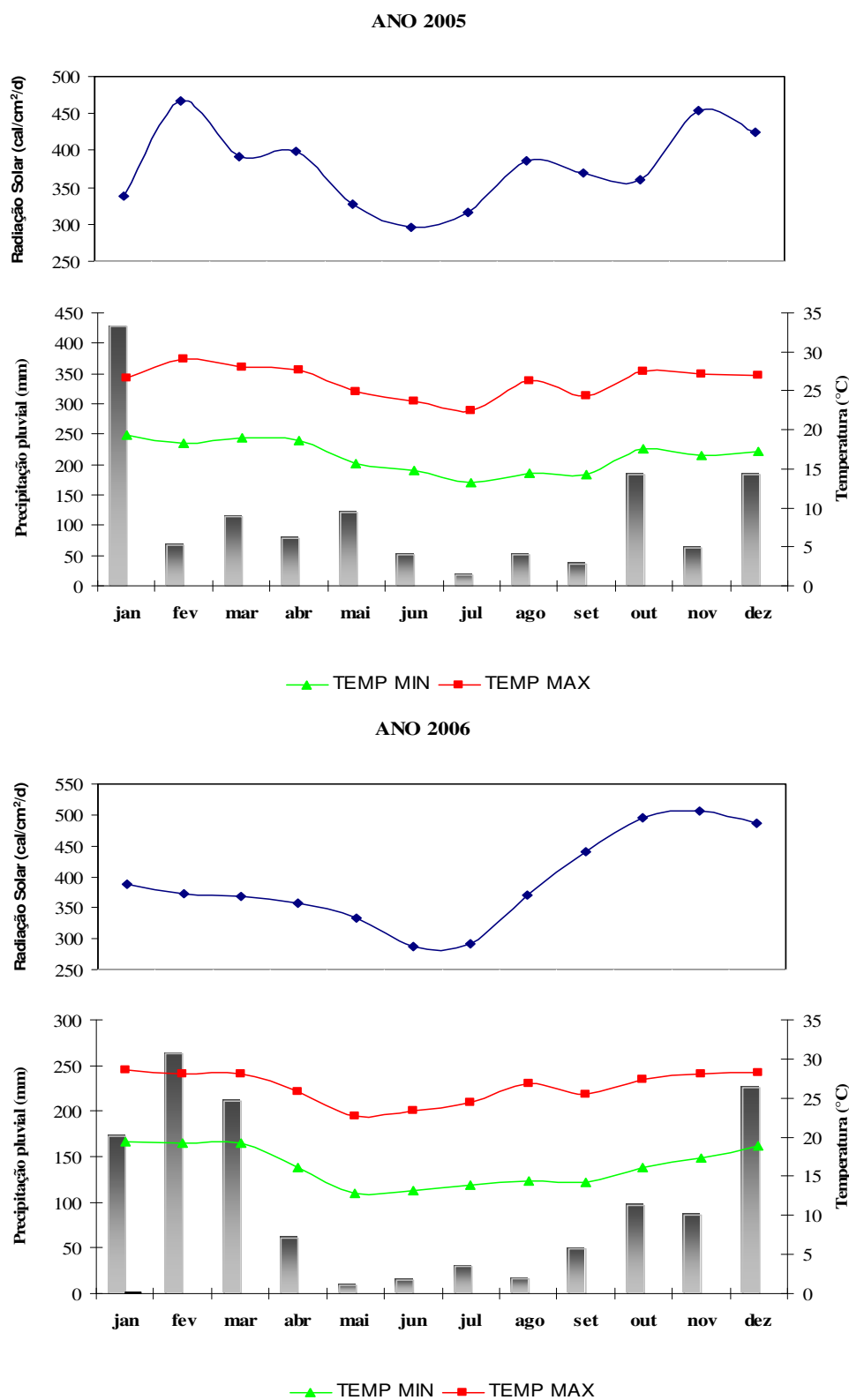


Figura 2: Precipitação pluvial, temperaturas máximas, mínimas e radiação solar mensais durante a condução do experimento. Botucatu-SP, anos 2005 e 2006.

Antes da instalação dos experimentos nos anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06 foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, para a análise química de rotina, para fins de fertilidade, conforme Raij & Quaggio (1983). Os resultados revelaram as seguintes características:

Ano agrícola 2003/04: pH (CaCl₂) 5,5; 33 g kg⁻¹ de MO; P (resina) 12 mg dm⁻³; 3,6 mmol_c dm⁻³ de K; 40 mmol_c dm⁻³ de Ca; 11 mmol_c dm⁻³ de Mg; 36 mmol_c dm⁻³ de H+Al, 59% de V; 2,1; 1,8; 1,1; 7,4 mg dm⁻³ de Cu, Zn, Mn e Fe, respectivamente.

Ano agrícola 2004/05: pH (CaCl₂) 5,0; 35 g kg⁻¹ de MO; P (resina) 12 mg dm⁻³; 2,3 mmol_c dm⁻³ de K; 34 mmol_c dm⁻³ de Ca; 7 mmol_c dm⁻³ de Mg; 44 mmol_c dm⁻³ de H+Al, 64% de V.

Ano agrícola 2005/06: pH (CaCl₂) 5,8; 27 g kg⁻¹ de MO; P (resina) 15 mg dm⁻³; 2,3 mmol_c dm⁻³ de K; 24 mmol_c dm⁻³ de Ca; 8 mmol_c dm⁻³ de Mg; 24 mmol_c dm⁻³ de H+Al, 51% de V.

5.2. Estudo I - Produção da cultura de milho em duas épocas de consorciação com os capins Marandu e Mombaça em SPD

Este experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

5.2.1. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. O experimento foi constituído de cinco tratamentos: **1** - Cultivo solteiro do milho, **2** - Milho + *B. brizantha* semeados simultaneamente, **3** - Milho + *B. brizantha* semeada por ocasião da adubação nitrogenada de cobertura, **4** - Milho + *P. maximum* semeados simultaneamente e **5** - Milho + *P. maximum* semeado por ocasião da adubação nitrogenada de cobertura.

Cada unidade experimental foi constituída por 10 linhas de 20 m de comprimento, perfazendo uma área total de 100 m², com carregadores de 10 m para manobra e estabilização dos equipamentos. Para as avaliações das características agrônômicas e de

produção do milho, foram consideradas seis linhas centrais desprezando um metro na extremidade de cada linha de plantas.

5.2.2. Híbrido de milho

No primeiro ano agrícola foi utilizado o híbrido Dekalb DKB 466 e no segundo e terceiro anos o Pioneer P30F90. Esses híbridos têm como características principais: híbridos simples modificado de ciclo precoce, recomendados para semeadura tardia ou safrinha. Possuem grão de textura semi-dura e cor alaranjada, tendo sua finalidade destinada para produção de grãos e/ou silagem. A altura média pode chegar a 1,90 m e a altura de inserção da espiga de 0,80 cm. As folhas são relativamente eretas, de ideotipo moderno (AMARAL FILHO et al., 2002). O potencial produtivo desses híbridos ultrapassa 9.000 kg ha⁻¹, com populações variando entre 55.000 e 60.000 plantas ha⁻¹. Possuem suscetibilidade a doenças como *Puccinia sorghi*, porém são resistentes a doenças do colmo e também de grão, sendo medianamente resistente ao “*Corn stunt*” (enfezamentos causados por molicutes, que são fitoplasmas e espiroplasmas transmitidos pela cigarrinha *Dalbulus maidis*).

5.2.3. Espécies forrageiras

Foram utilizadas as forrageiras *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu e *Panicum maximum*, cv. Mombaça. A *Brachiaria brizantha* tem como centro de origem a África tropical, podendo atingir de 1,5 a 2,5 m de altura em condições de livre crescimento. Possui perfilhos predominantemente eretos e folhas com bainha inteiramente pilosa, lâmina foliar glabra na face abaxial e com pêlos curtos e esparsos na face adaxial, conferindo aspereza (NUNES et al., 1985). Tem ampla adaptação climática até 3000 m de altitude. A temperatura ideal para seu desenvolvimento se encontra na faixa de 30 a 35°C, temperatura mínima de 15°C e boa tolerância ao frio (SKERMAN; RIVEROS, 1990). Tem sido recomendada para solos de média a boa fertilidade, tolerando condições de acidez moderada (SANTOS JÚNIOR, 2001). Apresenta adequado valor forrageiro e alta produção de matéria seca, além de ser resistente à cigarrinha das pastagens (SOARES FILHO et al., 2002).

O *Panicum maximum* também é de origem africana e em 1982 a EMBRAPA Gado de Corte iniciou o processo de seleção de gramíneas forrageiras desta espécie. O cultivar Mombaça é uma planta perene, de crescimento cespitoso, com altura média

de 1,65 m, é utilizada para pastejo e silagem (EMBRAPA, 2001). Possui como características alta exigência em nutrientes e estacionalidade de produção (JANK et al., 1994).

5.2.4. Instalação e condução do experimento nos anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06

Com base nos resultados da análise de solo, a partir da amostragem de 0-20 cm (Tabela 1), verificou-se a necessidade de calcário, que foi aplicado em superfície sobre o resíduo vegetal remanescente na área, na quantidade de 1 t ha⁻¹. O calcário aplicado foi o dolomítico com PRNT=90%, com a finalidade de elevar a saturação por bases a 70%, segundo as recomendações de Raij et al. (1996), para a cultura do milho.

Antes da semeadura da cultura do milho, foi realizada a dessecação das plantas presentes na área com a utilização do herbicida glyphosate, na dose de 1,8 kilogramas ha⁻¹ do ingrediente ativo (i. a.), utilizando volume de aplicação de 200 L ha⁻¹. Essa aplicação foi realizada com pulverizador tratorizado de barras de 12 m de comprimento e bicos leque 110.02 espaçados de 0,50 m.

Os híbridos de milho foram semeados no espaçamento de 0,80 m e na densidade para atingir estande final de 55.000 plantas ha⁻¹. Na semeadura simultânea das forrageiras com o milho, utilizou-se 10,0 e 7,5 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie (VC=24%), respectivamente, de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e de *Panicum maximum* cv. Mombaça, de acordo com recomendações de Kluthcouski et al. (2000).

Para a semeadura do milho, bem como para a primeira época de consorciação, foi utilizada semeadora adubadora modelo Personalle Drill 13 Semeato para SPD, com cinco linhas. Na segunda época de consorciação foi realizada, juntamente com a adubação nitrogenada de cobertura e incorporados ao solo por meio de adubador de disco. A semeadura do milho foi realizada em 15/12/2003, 22/11/2004 e 20/12/2005, respectivamente.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 26 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 51 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a 320 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-28-16, seguindo as recomendações de Raij et al. (1996) para a cultura do milho.

Para implantação das forrageiras, na primeira época de estabelecimento do consórcio (tratamentos 2 e 4), as sementes foram misturadas ao fertilizante de semeadura do milho e depositadas no compartimento de fertilizante da semeadora,

distribuídos na mesma profundidade do adubo e simultaneamente à semeadura da cultura do milho.

A emergência do milho ocorreu 5 dias após a semeadura, em 20/12/2003, 27/11/2004 e 25/12/2005, enquanto a *B. brizantha* emergiu em 30/12/2003, 03/12/2004 e 30/12/2005, e o *P. maximum* em 03/01/2004, 08/12/2004 e 03/01/2006. Vale ressaltar que as profundidades de deposição do fertilizante + semente das forrageiras foram de 8 cm e 6 cm, respectivamente, para *B. brizantha* e *P. maximum*.

Aos 13 dias após a emergência (DAE) do milho, foi efetuado em toda a área experimental o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) mediante a aplicação do inseticida deltamethrin, na dosagem de 5 g ha⁻¹ do i. a., com volume de aplicação de 200 L ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras com 12 m de comprimento, utilizando bicos leque espaçados em 0,50 m e pressão de 50 psi. Simultaneamente a esta operação realizou-se o controle de plantas daninhas em pós-emergência, com adição na calda do herbicida atrazina, na dose de 1 L ha⁻¹ do i. a.

Nesta época, as forrageiras encontravam-se em estádios iniciais de emergência no campo, sendo que a dose aplicada do herbicida não impediu o desenvolvimento das mesmas, uma vez que o espectro de atuação do princípio ativo não atinge estas espécies.

Quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico de quatro folhas desenvolvidas, procedeu-se a adubação de cobertura, respectivamente em 23/01/2004, 15/12/2005 e 14/01/2006, por meio de aplicação de 120 kg ha⁻¹, correspondendo a 375 kg ha⁻¹ do fertilizante nitrato de amônio. Esta quantidade seguiu as recomendações de Raij et al. (1996), para atingir o teto de produtividade de 8-10 toneladas de grãos, com classe de resposta alta para este nutriente, sendo esta quantidade indicada para áreas nos primeiros anos sob SPD.

Nas parcelas onde foram realizadas as semeaduras de *B. brizantha* e *P. maximum* simultaneamente a adubação de cobertura (Tratamentos 3 e 5), as sementes foram misturadas ao fertilizante e colocadas mecanicamente no solo na profundidade de 5 cm, utilizando 10,0 e 7,5 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie (VC=24%), respectivamente.

A colheita do milho foi realizada em 10/05/2004, 01/04/2005 e 18/05/2006, correspondendo, respectivamente, a 131, 105 e 142 DAE do milho.

5.2.5. Obtenção dos resultados

5.2.5.1. Determinação das características agronômicas da cultura do milho

a) Estande final e índice de espigas

O estande final e o índice de espigas foram determinados um dia antes da colheita. Para tanto realizou-se a contagem do número de plantas e do número de espigas contidas nas duas linhas centrais com comprimento de 10 metros, em cada unidade experimental. O índice de espigas foi obtido por meio da razão: número de espigas por hectare pelo estande final (plantas ha⁻¹).

b) Altura de plantas, inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo

A altura de plantas e inserção da primeira espiga foi determinada 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 primeira espiga, respectivamente. O diâmetro do colmo foi determinado no primeiro 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.

c) Número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do milho

O número de grãos por espiga foi calculado multiplicando-se o número de fileiras e o número de grãos por fileira, em dez espigas por unidade experimental. A massa de 100 grãos foi determinada pela média de pesagem dos grãos de quatro amostras de 100 grãos, e os resultados foram corrigidos para o teor de água de 13%.

A produtividade foi determinada colhendo as plantas contidas em três linhas centrais com 20 m de comprimento de cada unidade experimental, mecanicamente com colhedora automotriz de parcela, modelo Nurserymaster da Wintersteiger. Após a colheita, os grãos foram pesados e posteriormente foi calculada a produtividade em kg ha⁻¹ com teor de umidade de 13%.

d) Diagnose foliar

Para a diagnose foliar, realizaram-se amostragens no milho em 18/02/04, 26/01/05 e 08/03/06, correspondendo a 58, 59 e 70 DAE, respectivamente, momento em que mais de 50% das plantas encontravam-se pendoadas e com presença de estilo-estigmas (cabelo). Para tanto, fez-se a coleta da folha da base da espiga em 10 plantas por unidade experimental, sendo posteriormente descartados os terços inferiores e superiores da folha, seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (1996). Os terços médios das folhas foram lavados em água corrente, acondicionados em sacos de papel e secados em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, até atingirem peso constante. Posteriormente o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm. Em seguida, foram determinadas as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Essas determinações foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta, da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP – Botucatu.

e) Análise Estatística

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância, as médias entre os sistemas de cultivo comparados pelo teste de t (DMS) a 5% de probabilidade.

5.3. Estudo II – Produção de forragem dos capins Marandu e Mombaça em função da adubação nitrogenada (¹⁵N) e da época de consorciação com o milho

Este estudo foi conduzido nos anos de 2004, 2005 e 2006 após a colheita da cultura do milho para produção de grãos.

5.3.1. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por quatro tratamentos em duas épocas de consorciação (**1** - Milho + *B. brizantha* semeados simultaneamente, **2** – Milho + *B. brizantha* semeada por ocasião da adubação nitrogenada de cobertura, **3** – Milho + *P. maximum* semeados simultaneamente e **4** – Milho + *P. maximum*

semeado por ocasião da adubação nitrogenada de cobertura) e as subparcelas compostas por quatro doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) como nitrato de amônio. As parcelas tinham área útil de 100 m² e as subparcelas 25 m².

Vale ressaltar que somente para no primeiro ano de condução do experimento (2003/04) não foi possível a aplicação dos tratamentos do fator doses de nitrogênio.

5.3.2. Condução do experimento

Após a operação de colheita do milho, todas as unidades experimentais foram uniformizadas com auxílio de triturador horizontal tratorizado, adotando como referência 25 cm em relação ao solo. Esse manejo teve por objetivo simular um corte das plantas forrageiras sem remoção do material da área. Assim, após essa operação, o material ainda permaneceu sobre a superfície do solo.

Procedeu-se, então, a aplicação das doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) em cobertura, distribuídas na entrelinha das forrageiras e esperou-se que as plantas atingissem 50 cm de altura. Por ocasião da adubação de cobertura nas forrageiras no ano agrícola 2004/05, correspondendo a 18 dias após a colheita da uniformização das unidades experimentais (19/04/05), foram demarcadas, no centro de cada subparcela dos tratamentos consorciados com *Brachiaria brizantha*, duas linhas com um metro de comprimento (microparcelas), onde foi aplicado manualmente em superfície, solução de nitrato de amônio enriquecido (¹⁵NH₄NO₃), tendo abundância isotópica de 5% em átomos de ¹⁵N somente no amônio do nitrato de amônio. No restante da parcela foi aplicado nitrato de amônio não enriquecido (NH₄NO₃).

A área que recebeu o nitrato enriquecido em ¹⁵N foi isolada, e desta forma foi possível determinar a taxa de recuperação real de nitrogênio derivado do amônio no fertilizante nitrato de amônio pelas forrageiras, durante o período de outono-primavera.

Foram realizadas amostragens para determinação da produção de matéria seca. Para essas avaliações adotou-se o seguinte manejo: corte mecânico das plantas forrageiras, sem remoção do material - considerando como referência a dose zero de nitrogênio - sempre que atingiam o porte de 50 cm, e corte à altura de 25 cm em relação à superfície do solo. Para tanto, utilizou-se roçadora mecânica manual, em dois m² por unidade

experimental, sendo as amostragens realizadas em pontos dentro de cada parcela, e no restante utilizou-se o triturador horizontal tratorizado.

Em cada uma das amostragens, o material cortado foi pesado, e uma amostra foi colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 60°C até peso constante, para a quantificação da produção de matéria seca.

As avaliações foram efetuadas, respectivamente, aos 57 e 139 dias após a colheita de grãos no ano agrícola de 2003/04. No segundo ano (2004/05), as avaliações ocorreram aos 70, 150 e 216 dias após a colheita do milho e, no ano de 2005/06, aos 75, 150 e 216 dias após a colheita do milho.

Aproximadamente 20 dias após da última avaliação, em cada ano, as forrageiras foram dessecadas para a semeadura da safra de verão seguinte.

a) Determinação da porcentagem de matéria seca e produção de matéria seca das forragens

Para realizar essas determinações, as amostras colhidas nas subparcelas foram pesadas, sendo uma subamostra colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 60°C até massa constante. Destas subamostras, determinaram-se a porcentagem de matéria seca contida nas forragens e a produção de matéria seca por hectare.

b) Determinação da composição químico-bromatológica das forragens

No segundo e terceiro anos agrícolas, após cada colheita das forrageiras para quantificação da produção e do teor de matéria seca, outra sub-amostra de cada tratamento foi separada e posteriormente moída em moinho com peneira com malha de um mm para determinação dos componentes bromatológicos.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) foram determinados conforme metodologia descrita por Silva (1990). Para essas determinações, utilizaram-se as amostras das plantas moídas.

A estimativa dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada por meio da fórmula sugerida por Harlan et al. (1991), a qual é descrita por:

$$\% \text{NDT} = 109,64 - 1,479 \times \% \text{FDA}$$

Onde:

% NDT – porcentagem de nutrientes digestíveis totais;

% FDA – fibra em detergente ácido, determinada em laboratório.

Todas essas determinações bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia -UNESP – Botucatu.

c) Estimativa do acúmulo de nitrogênio e de recuperação do N derivado do amônio no nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela parte aérea da *Brachiaria brizantha* após a colheita da cultura do milho

Em cada umas das avaliações para quantificação da produção de matéria seca (70, 150 e 216 dias após a colheita do milho), foram realizadas amostragens da parte aérea do Marandu em cada microparcela, sendo separadas sub-amostras para serem avaliadas as seguintes variáveis, de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2003):

a) produção de matéria seca;

b) concentração de nitrogênio (g kg^{-1}) e abundância de ^{15}N (% em átomos), sendo estas avaliações determinadas em espectrômetro de massa acoplado ao analisador ANCA-SL (Europa Scientific Ltda.);

c) porcentagem de nitrogênio nas partes das plantas proveniente do fertilizante, conforme a equação:

$$\% \text{NPPF} = [(a-c) / (b-c)] \cdot 100$$

onde:

a= abundância de ^{15}N em % de átomos na planta;

b=5% (porcentagem de ^{15}N na nitrato de amônio) e c=abundância de ^{15}N natural (mensurada na testemunha adjacente à microparcela);

d) quantidade de nitrogênio nas forrageiras proveniente do fertilizante, calculada por meio da equação:

$$\text{QNPPF (g / subparcela)} = [\% \text{NPPF} / 100] \cdot \text{Np},$$

Em que:

N_p = nitrogênio acumulado nas plantas da microparcela em gramas. Nestas avaliações, a testemunha foi determinada pela colheita de um m^2 em área vizinha à microparcela, sendo separada uma sub-amostra para as mesmas quantificações anteriormente descritas.

Como no nitrato de amônio somente o NH_4^+ estava marcado, todos os cálculos foram considerados levando em consideração que a *B. brizantha* pode absorver iguais quantidades de NO_3^- e NH_4^+ . Assim, a quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante e a recuperação de nitrogênio foram estimadas para o N derivado do NH_4^+ , sendo os resultados multiplicados por dois.

Todas estas análises foram feitas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), seguindo as metodologias propostas por Trivelin et al. (1994).

d) Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, com as médias entre os sistemas de cultivo comparados pelo teste de t (DMS) a 5% de probabilidade. Para o fator doses de nitrogênio os resultados foram analisados por regressão polinomial, adotando-se o maior grau da equação.

5.4. Estudo III – Produção de milho sobre palhada dos capins Marandu e Mombaça cultivados em consórcio e adubadas com nitrogênio

5.4.1. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro sistemas de cultivo (**1** - Milho + *B. brizantha* semeados simultaneamente, **2** – Milho + *B. brizantha* semeada por ocasião da adubação nitrogenada de cobertura, **3** – Milho + *P. maximum* semeados simultaneamente e **4** – Milho + *P. maximum* semeado por ocasião da adubação nitrogenada de cobertura) e as subparcelas doses de nitrogênio aplicadas na forrageira no ano anterior após a colheita do milho (2004/05) (0, 30, 60 e 120 $kg\ ha^{-1}$). As parcelas tinham área útil de 100 m^2 e as subparcelas 25 m^2 .

5.4.2. Condução do experimento

Este experimento foi conduzido somente no ano agrícola 2005/06.

No dia 18/12/2005, 30 dias após a última avaliação da produção de forragens, realizou-se a dessecação das plantas utilizando herbicida glyphosate, na dose de 1.800 g ha⁻¹ do i. a., com volume de aplicação de 250 L ha⁻¹. A operação foi realizada com pulverizador tratorizado de barras com 12m de comprimento e bicos leque 110.02 espaçados de 0,50 m.

Em 20/12/2005, procedeu-se a semeadura do milho, utilizando o híbrido Pioneer 30F90, na população de 55.000 plantas ha⁻¹, no espaçamento de 0,80 m. Nas microparcels adubadas com ¹⁵N na *B. brizantha* a semeadura ocorreu sobre a microparcela demarcada.

Na semeadura simultânea das forrageiras com o milho, utilizou-se 10 kg ha⁻¹ e 7,5 kg ha⁻¹ (VC=24%), respectivamente, de sementes de *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu e de *Panicum maximum*, cv. Mombaça, de acordo com as recomendações de Kluthcouski et al. (2000).

Na semeadura da cultura do milho em consórcio com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, utilizou-se semeadora adubadora modelo Personal Drill 13 Semeato para SPD, com cinco linhas. No consórcio efetuado por ocasião da adubação de cobertura a semeadura foi realizada concomitantemente com a adubação de cobertura (14/01/2006), por meio de adubador de discos para SPD.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 26 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 51 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a 320 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-28-16, seguindo as recomendações de Raij et al. (1996) para a cultura do milho.

Para a implantação das forrageiras, na primeira época de estabelecimento do consórcio referente aos tratamentos dois e quatro, as sementes foram misturadas ao fertilizante de semeadura do milho e depositadas no compartimento de fertilizante da semeadora, distribuídos na mesma profundidade do adubo e simultaneamente à semeadura da cultura do milho.

As profundidades de deposição do fertilizante com semente das forrageiras foram de 8 cm e 6 cm, respectivamente, para *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu e *Panicum maximum*, cv. Mombaça, objetivando, dessa forma, o atraso na emergência e no

estabelecimento das forrageiras, e assim reduzir a competição com a cultura do milho. A emergência do milho ocorreu seis dias após a semeadura, em 27/12/2005, enquanto a *B. brizantha* teve sua emergência em 30/12/2005 e o *P. maximum* em 03/01/2006.

Aos 13 dias após a emergência (DAE) do milho, foi efetuado o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) mediante a aplicação do inseticida deltamethrin, na dosagem de 5 g ha⁻¹ do i. a., com volume de aplicação de 200 L ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras com 12 m de comprimento, utilizando bicos leque espaçados em 0,50 m e pressão de 50 psi. Simultaneamente a essa operação realizou-se o controle de plantas daninhas em pós-emergência, com adição na calda do herbicida atrazina, na dose de 1 L ha⁻¹ do i. a. cabe ressaltar que essas aplicações foram efetuadas em toda a área experimental. Nessa época, tanto a *Brachiaria brizantha* como o *Panicum maximum* encontravam-se em estádios iniciais de emergência no campo, sendo que a dose aplicada do herbicida não impediu o desenvolvimento das forrageiras, uma vez que o espectro de atuação do princípio ativo não atinge estas espécies.

Quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico de quatro folhas desenvolvidas (14/01/2006), procedeu-se a adubação de cobertura com nitrogênio na dose de 120 kg ha⁻¹, correspondendo a 375 kg ha⁻¹ do fertilizante nitrato de amônio. A quantidade utilizada seguiu as recomendações de Raij et al. (1996), para os primeiros anos de cultivo para atingir o teto de produtividade de 8 a 10 toneladas de grãos.

Nas parcelas onde foram realizadas as semeaduras de *B. brizantha* e *P. maximum* simultaneamente a adubação de cobertura referente aos tratamentos 3 e 5, as sementes foram misturadas ao fertilizante e colocadas mecanicamente no solo na profundidade de 5 cm, utilizando 10,0 e 7,5 kg ha⁻¹ de sementes para cada espécie (VC=24%), respectivamente.

A colheita do milho foi realizada em 18/05/2006, correspondendo a 142 dias após emergência.

5.4.3. Obtenção dos dados

5.4.3.1. Determinação das características agronômicas da cultura do milho

a) Estande final e índice de espigas

Idem item 4.5.1.1. (a).

b) Altura de plantas, inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo

Idem item 4.5.1.1. (b).

c) Número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do milho

Idem item 4.5.1.1. (c).

d) Diagnose foliar

Idem item 4.5.1.1. (d).

e) Estimativa da recuperação do nitrogênio derivado do amônio no nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) aplicado na *Brachiaria brizantha* pela cultura do milho

Na semeadura do milho no ano agrícola 2005/06, foi avaliada, por ocasião da colheita de grãos, a recuperação do ^{15}N , aplicado em cobertura na *B. brizantha* no ano anterior. Assim, foram colhidas as plantas de milho contidas nas microparcelas onde realizou-se a adubação com nitrato de amônio enriquecido em ^{15}N , em 1 m de linha, e em posições correspondentes nas linhas adjacentes.

As variáveis analisadas estão descritas no item 5.3.2 (c).

5.5. Análise estatística

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância, as médias entre os sistemas de cultivo comparados pelo teste de t (DMS) a 5% de probabilidade. Para o fator doses de nitrogênio e o desdobramento doses de N dentro de sistemas de cultivo consorciados os resultados foram analisados mediante regressão polinomial, adotando-se o maior grau da equação.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Estudo I - Produção da cultura de milho em duas épocas de consorciação com os capins Marandu e Mombaça em SPD

6.1.1. Características agronômicas da cultura do milho

Os valores médios de estande final de plantas e índice de espigas em cada ano agrícola, assim como a média dos três anos estão contidos na Tabela 1. Nos três anos agrícolas de condução do experimento constata-se que o estande final de plantas foi maior no sistema de cultivo com *Panicum maximum* por ocasião da adubação de cobertura. Na média dos três anos, o consórcio do milho com *P. maximum* proporcionou os resultados mais extremos, tendo o consorcio por ocasião da adubação de cobertura o maior estande final de plantas, e o menor valor no caso do cultivo simultâneo na semeadura. Entre as demais modalidades (cultivo consorciado com *B. brizantha* e solteiro) não houve diferença significativa para esta variável, na média dos três anos. Kluthcouski e Aidar (2003) relataram que em alguns experimentos conduzidos com essa forma de consorciação o tratamento testemunha teve menor emergência de plantas em relação aos tratamentos consorciados. No entanto, os autores não apresentaram uma hipótese para explicar tal

resultado, relatando que há necessidade de estudos para entender a inter-relação entre as espécies consorciadas na fase inicial de estabelecimento do consórcio.

Tabela 1. Valores médios de estande final de plantas e índice de espigas da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em SPD. Botucatu- SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

Sistemas de cultivo	Estande final			Média
	2003/04	2004/05	2005/06	
	-----plantas ha ⁻¹ -----			
Milho solteiro	60.999 c	64.062 ab	53.906 bc	59.656 b
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	63.222 b	60.937 b	56.250 bc	60.136 b
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	58.777 d	60.842 b	58.203 b	59.274 b
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	67.666 a	65.312 a	62.891 a	65.290 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	64.110 b	51.250 c	53.516 c	56.292 c
	-----Valor de DMS (plantas ha ⁻¹)-----			
	6326	3264	4357	2482
	-----CV (%)-----			
	2,11	3,50	4,97	2,68
	-----Índice de espigas-----			
	-----n ^o planta ⁻¹ -----			
Milho solteiro	1,1 a	1,1 a	1,2 b	1,1 b
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1,1 a	1,1 a	1,2 b	1,1 b
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1,1 a	1,1 a	1,2 b	1,1 b
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	1,0 ab	1,0 a	1,4 a	1,2 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	1,0 b	1,0 a	1,0 c	1,0 c
	-----Valor de DMS (n ^o planta ⁻¹)-----			
	0,06	0,17	0,09	0,03
	-----CV (%)-----			
	3,40	3,53	4,97	1,99

Médias seguidas por letras iguais nas colunas (minúsculas) em cada variável não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

O menor estande de plantas no caso do cultivo consorciado de milho com *P. maximum* concomitantemente à semeadura pode estar relacionado a maior competição entre as espécies nesse sistema de cultivo, possivelmente em virtude do hábito de crescimento da forrageira, onde as plantas apresentavam crescimento vegetativo mais vigoroso nesse tratamento, em comparação ao tratamento consorciado com *B. brizantha*. Borghi e Crusciol (2007) constataram que, em virtude da maior população de *B. brizantha* proporcionada pelo sistema de cultivo consorciado efetuado simultaneamente na linha e entrelinha, houve diminuição do estande final de plantas, independente do espaçamento entrelinhas adotado, 90 e 45 cm, em decorrência da maior competição exercida pela forrageira, principalmente no início de desenvolvimento do milho.

O índice de espigas não foi influenciado pelos sistemas de cultivo consorciados somente no ano agrícola 2004/05, provavelmente pelas melhores condições climáticas durante o desenvolvimento do milho em comparação aos anos de 2003/04 e 2005/06.

Assim como constatado no estande final de plantas, na média dos três anos agrícolas, os consórcios de milho com *P. maximum* proporcionaram as maiores diferenças entre os tratamentos, tendo o consórcio na adubação de cobertura o maior índice de espigas e menor valor na semeadura simultânea (Tabela 1).

Os valores de altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo para os três anos agrícolas de condução do experimento estão contidos na Tabela 2.

Pelos resultados pode-se verificar que na média dos três anos não houve variações em quaisquer das variáveis estudadas, independente dos sistemas de cultivo empregados, mesmo ocorrendo variações entre os tratamentos em alguns anos. No ano agrícola 2003/04, os menores valores de altura de plantas e de inserção da espiga são decorrentes do híbrido utilizado, de estatura menor que o híbrido semeado nos anos seguintes.

Tabela 2. Valores médios de altura de plantas, inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo na cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em SPD. Botucatu- SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

Sistemas de cultivo	Altura de plantas			Média
	2003/04	2004/05	2005/06	
	-----m-----			
Milho solteiro	1,77 c	2,53 a	2,39 ab	2,23 a
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1,79 bc	2,54 a	2,42 ab	2,23 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1,80 bc	2,44 ab	2,45 a	2,25 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	1,88 a	2,52 a	2,39 ab	2,26 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	1,86 ab	2,34 b	2,32 b	2,17 a
	-----Valor de DMS (m)-----			
	0,08	0,16	0,10	0,09
	-----CV (%)-----			
	2,99	4,25	2,72	2,63
	-----m-----			
	Altura de inserção da espiga			
Milho solteiro	1,00 c	1,48 a	1,35 a	1,28 a
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1,02 abc	1,46 a	1,40 a	1,29 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1,01 bc	1,37 a	1,74 a	1,37 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	1,09 ab	1,44 a	1,36 a	1,30 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	1,10 a	1,33 a	1,32 a	1,25 a
	-----Valor de DMS (m)-----			
	0,08	0,17	0,50	0,20
	-----CV (%)-----			
	5,55	7,93	22,54	10,15
	-----mm-----			
	Diâmetro do colmo			
Milho solteiro	23,31 a	22,62 ab	19,60 a	18,64 a
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	23,54 a	24,05 a	20,16 a	19,02 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	24,81 a	22,95 ab	20,31 a	18,70 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	24,03 a	24,10 a	20,29 a	18,82 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	23,93 a	22,28 b	19,46 a	18,54 a
	-----Valor de DMS (mm)-----			
	1,92	1,51	2,29	0,69
	-----CV (%)-----			
	5,58	4,21	7,44	2,40

Médias seguidas por letras iguais nas colunas (minúsculas) em cada variável não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

No primeiro ano a altura de plantas sofreu influência dos tratamentos, onde o sistema de cultivo do milho solteiro proporcionou os menores valores de altura de plantas e o sistema de cultivo consorciado do milho com *P. maximum* em cobertura os menores valores indicando, provavelmente, que houve competição entre as espécies consorciadas. No ano agrícola 2005/06 a altura de plantas sofreu influência dos tratamentos, embora apresentando a mesma tendência do ano anterior, tendo o cultivo do milho com *P. maximum*, semeado simultaneamente, a menor altura de plantas em relação aos demais de cultivo.

O efeito dos tratamentos na altura das plantas refletiu na altura de inserção da primeira espiga, onde a consorciação do milho com *P. maximum* proporcionou os maiores valores. Do mesmo modo, a menor altura de plantas no cultivo do milho solteiro culminou com menor altura de inserção da primeira espiga. Segundo Borghi (2004), a competição da cultura granífera com a forrageira, pode acarretar desenvolvimento de plantas com maior estatura.

Os valores de número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos nos três anos agrícolas estão contidos na Tabela 3. Pelos valores pode-se observar que em cada variável houve variações entre os tratamentos nos anos agrícolas, muito embora na média os tratamentos não proporcionaram diferenças significativas entre os valores de número de grãos por espiga e massa de 100 grãos.

O número de grãos por espiga foi influenciado pelos sistemas de cultivo consorciado somente no terceiro ano de condução do experimento, uma vez que o cultivo do milho solteiro proporcionou o maior valor quando comparado aos demais tratamentos. Além disso, no cultivo do milho com *P. maximum* consorciado concomitantemente à semeadura constatou-se o menor valor, provavelmente, pela maior competitividade ocasionada durante o período de desenvolvimento das espécies.

Para a massa de 100 grãos houve variação entre os tratamentos somente no primeiro ano de condução do experimento, onde as modalidades de consorciação efetuadas por ocasião da semeadura proporcionaram menores valores, sendo mais pronunciado no consórcio do milho com *B. brizantha* em semeadura e no cultivo solteiro.

Tabela 3. Valores médios de massa da espiga, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga e massa de 100 grãos da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em SPD. Botucatu- SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

Sistemas de cultivo	Número de grãos por espiga			Média
	2003/04	2004/05	2005/06	
	-----n ^o -----			
Milho solteiro	446 a	500 a	599 a	515 a
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	446 a	535 a	563 ab	508 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	490 a	518 a	545 ab	524 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	483 a	576 a	565 ab	541 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	458 a	490 a	544 b	497 a
	-----Valor de DMS (n ^o)-----			
	64	90	55	44
	-----CV (%)-----			
	8,99	11,11	6,33	5,52
	-----g-----			
	-----g-----			
Milho solteiro	35,00 b	29,43 a	33,25 a	32,53 a
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	38,00 a	31,27 a	33,33 a	32,76 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	34,00 b	29,44 a	32,80 a	33,53 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	38,00 a	29,41 a	32,98 a	32,81 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	36,00 ab	29,86 a	32,55 a	33,48 a
	-----Valor de DMS (g)-----			
	2,21	3,18	1,62	1,14
	-----CV (%)-----			
	3,97	6,91	3,19	2,24
	-----kg ha ⁻¹ -----			
	-----kg ha ⁻¹ -----			
Milho solteiro	10.056 c	9.361 ab	10.729 bc	10.048 bc
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	10.235 bc	9.295 ab	10.873 ab	10.212 bc
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	12.604 a	10.314 a	10.089 bc	10.924 b
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	13.281 a	11.046 a	11.904 a	12.077 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	12.203 ab	7.468 b	9.731 c	9.801 c
	-----Valor de DMS (kg ha ⁻¹)-----			
	1609	1329	1045	977
	-----CV (%)-----			
	11,35	13,99	6,36	5,97

Médias seguidas por letras iguais nas colunas (minúsculas) em cada variável não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

Uma explicação para os menores valores de massa de 100 grãos nesses tratamentos, no ano agrícola de 2003/04, seria a presença de mais de uma espiga por planta, comprometendo a partição de fotoassimilados para os grãos, sendo esta uma característica variável entre os híbridos. Nos demais anos, mesmo havendo variação no índice de espigas, a ausência de efeito na massa de 100 grãos pode estar relacionada ao híbrido semeado, demonstrando que pode haver diferenças no cultivo consorciado, principalmente, quanto à especificidade dos híbridos no tocante à exigência por fatores inerentes ao seu desenvolvimento (água, luz e nutrientes).

Borghi e Crusciol (2007) também encontraram variações na massa de 100 grãos de milho quando consorciado com *B. brizantha* no primeiro ano de condução do experimento, principalmente quando o consórcio foi efetuado na entrelinha, muito semelhante ao sistema utilizado nesse experimento. Porém, tais resultados são de difícil explicação, pois outras variáveis morfológicas devem ser consideradas para afirmar com clareza o efeito da competição entre as espécies.

Com relação à produtividade de grãos, houve efeito dos sistemas de cultivo nos três anos agrícolas, resultado decorrente das variações existentes no estande final de plantas e índice de espigas.

Mesmo com as diferenças significativas existentes entre os sistemas de cultivo consorciados, constata-se pela Tabela 3 que o cultivo do milho com *P. maximum* consorciado por ocasião da adubação de cobertura proporcionou a maior produtividade de grãos nos três anos de condução do experimento. Além disso, somente no ano agrícola 2003/04 o cultivo do milho solteiro proporcionou o menor valor, havendo diferença de 3.225 kg ha^{-1} em relação ao consórcio do milho com *P. maximum* semeado na adubação de cobertura.

Nos dois anos agrícolas subseqüentes (2004/05 e 2005/06), o cultivo do milho com *P. maximum* semeado simultaneamente proporcionou a menor produtividade de grãos, fato este relacionado possivelmente com a competição entre as espécies. Considerando o consórcio efetuado na adubação de cobertura, a utilização *P. maximum* proporcionou uma diferença de 3.578 kg ha^{-1} e 2.173 kg ha^{-1} , respectivamente, nos anos de 2004/05 e 2005/06, comparado ao cultivo consorciado com *P. maximum* simultaneamente à semeadura.

No caso da *B. brizantha*, constata-se que a produtividade de grãos esteve estatisticamente semelhante ou superior à testemunha, comprovando a hipótese de que o cultivo consorciado entre o milho e a Marandu pode ser efetuado sem comprometimento da produtividade de grãos.

Esses resultados corroboram os relatos de Kluthicouski e Aidar (2003) e Alvarenga et al. (2006), de que esse sistema de cultivo não reduziu significativamente a produção de grãos de milho, em virtude da não aplicação de herbicida graminicida em pós-emergência, reduzindo possíveis efeitos fitotóxicos, muito embora os autores tenham encontrado, em algumas regiões, decréscimos de até 17% na produtividade de grãos. Contudo, ressaltaram para casos em que esse sistema proporcionou aumento na produtividade de grãos, como verificado no presente trabalho.

Com base nos valores médios dos três anos agrícolas, pode-se inferir que a escolha da espécie forrageira torna-se um dos fatores mais importantes para o sucesso do cultivo consorciado visando a produção de grãos de milho. No caso da escolha por *P. maximum* cv. Mombaça, a melhor opção para semeadura da forrageira seria o cultivo efetuado na adubação de cobertura do milho, uma vez que o desenvolvimento acelerado do milho limita o crescimento da forrageira até a colheita da cultura granífera. O cultivo simultâneo compromete a produtividade de grãos, pois o hábito de crescimento cespitoso da forrageira exige maior competição por fatores limitantes ao desenvolvimento - água, luz e nutrientes - para ambas espécies.

No caso do Marandu o cultivo consorciado pode ser realizado em qualquer época, pois a forrageira muda completamente seu hábito de crescimento quando estabelecida em consórcio, identificada pela formação de poucos perfilhos, com folhas finas e compridas direcionadas à entrelinha da cultura do milho. De acordo com Borghi (2004), quando estabelecido em consórcio, o Marandu somente irá desenvolver seu hábito cespitoso quando o milho atinge o ponto de maturação fisiológica. Neste estágio, não há mais competição entre a cultura produtora de grãos e a forrageira, permitindo seu pleno estabelecimento, de tal forma que, 50 a 70 dias após a colheita, a pastagem já estará em condições de ser utilizada como forragem no período de outono-inverno (PORTES et al., 2003).

Ressalta-se que na literatura alguns autores verificaram que a produtividade do milho consorciado com *B. brizantha* concomitantemente à semeadura não sofreu redução significativa em relação ao cultivo solteiro, viabilizando este sistema de produção, assim como constatado nesse ano agrícola (KLUTHCOUSKI et al., 2000; TSUMANUMA, 2004; BORGHI e CRUSCIOL, 2007).

6.1.2. Diagnose foliar da cultura do milho

Nas Tabelas 8 e 9 encontram-se os valores referentes as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio foliares da cultura do milho em função das épocas de consorciação com as forrageiras, nos três anos do experimento. Constata-se que, na média dos três anos agrícolas, as concentrações de cálcio e magnésio (Tabela 5) não sofreram influência dos sistemas de cultivo, e que os valores encontram-se dentro do intervalo ideal preconizado por Rajj et al. (1996) para a cultura do milho (2,5-8,0 e 1,5-5,0 g kg⁻¹, respectivamente). Para nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre verificam-se diferenças entre os tratamentos.

Para o nitrogênio as diferenças entre os tratamentos foram verificadas somente no primeiro ano do experimento, onde o consórcio do milho com Mombaça nas duas épocas proporcionaram aumentos na concentração de nitrogênio em relação aos demais sistemas de cultivo (Tabela 4). Nos anos agrícolas subsequentes (2004/05 e 2005/06) não houve diferenças nas concentrações de nitrogênio em função dos tratamentos. Na média dos três anos, o cultivo do milho com *P. maximum* consorciado na adubação de cobertura proporcionou maior concentração foliar de nitrogênio, indicando que, este sistema de cultivo proporcionou menor competitividade entre a forrageira e o milho, o que pode ser atribuído ao lento desenvolvimento da forrageira quando semeada nessa época pelas condições impróprias ao seu estabelecimento em virtude da menor luminosidade com o fechamento das entrelinhas pelas folhas. Borghi e Crusciol (2007) verificaram que, em função da redução do espaçamento de 90 para 45 cm em cultivo consorciado de milho com Marandu, não houve diminuição na concentração de nitrogênio foliar no milho, sendo esta variável influenciada pelas modalidades de consórcio empregadas. Porém, os resultados são semelhantes do presente trabalho, uma vez que os sistemas de cultivo consorciados também proporcionaram concentrações foliares de

nitrogênio superiores ao cultivo do milho solteiro. As concentrações estiveram dentro do intervalo considerado adequado para a cultura do milho (27-35 g kg⁻¹) segundo Raij et al. (1996), exceto no ano agrícola 2003/04.

Tabela 4. Concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio foliares do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em SPD. Botucatu-SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

Sistemas de cultivo	Nitrogênio			Média
	2003/04	2004/05	2005/06	
	-----g kg ⁻¹ -----			
Milho solteiro	23,10 c	29,89 a	30,17 a	27,72 b
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	26,63 b	28,73 a	30,76 a	28,33 b
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	24,22 c	29,99 a	31,11 a	28,83 ab
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	29,47 a	30,20 a	29,71 a	29,12 ab
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	27,82 ab	29,82 a	30,34 a	30,00 a
	-----Valor de DMS (g kg ⁻¹)-----			
	1,93	4,19	2,15	1,51
	-----CV (%)-----			
	4,76	9,14	4,59	3,41
	-----Fósforo-----			
	-----g kg ⁻¹ -----			
Milho solteiro	2,27 bc	2,48 bc	2,26 b	2,33 b
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	2,39 a	3,17 a	2,47 ab	2,61 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	2,22 c	2,63 bc	2,42 ab	2,48 ab
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	2,36 a	2,79 b	2,61 a	2,57 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	2,32 ab	2,33 c	2,68 a	2,45 ab
	-----Valor de DMS (g kg ⁻¹)-----			
	0,09	0,35	0,32	0,18
	-----CV (%)-----			
	2,57	8,47	8,37	4,70
	-----Potássio-----			
	-----g kg ⁻¹ -----			
Milho solteiro	12,17 a	16,50 a	14,31 b	14,33 b
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	12,12 a	18,55 a	20,59 a	17,11 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	12,17 a	18,57 a	20,14 a	16,93 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	12,40 a	19,42 a	20,95 a	16,76 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	11,97 a	17,37 a	20,18 a	17,34 a
	-----Valor de DMS (g kg ⁻¹)-----			
	1,20	3,10	1,89	0,91
	-----CV (%)-----			
	6,39	11,14	6,38	3,58

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas (minúsculas) em cada variável não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

As concentrações de fósforo no milho variaram em função dos sistemas de cultivo. Na média dos três anos constata-se que os cultivos consorciados proporcionaram maiores concentrações, com destaque para os consórcios efetuados por ocasião da adubação de cobertura. No primeiro ano os consórcios efetuados na adubação de cobertura proporcionaram as maiores concentrações, o mesmo não acontecendo no segundo ano, onde somente o cultivo consorciado de milho com Marandu na adubação de cobertura proporcionou maior concentração de fósforo.

No ano agrícola 2005/06 pode-se constatar que os sistemas de cultivo consorciados proporcionaram maiores concentrações foliares de fósforo quando comparados ao cultivo solteiro, muito embora nos consórcios com Marandu os valores sejam estatisticamente semelhantes ao menor valor, indicando que, em função das diferenças de emergência proporcionadas pela profundidade de deposição das sementes e da época de consorciação, as raízes de milho conseguem ocupar maior volume de solo proporcionando maior absorção. Assim como o nitrogênio, cálcio e magnésio, as concentrações estiveram dentro do intervalo ideal preconizado por Raji et al. (1996) para a cultura do milho (2,0 – 4,0 g kg⁻¹).

Constataram-se diferenças para a concentração de potássio no milho somente no terceiro ano de condução do experimento (Tabela 4). Verifica-se que os sistemas de cultivo consorciados proporcionaram concentrações foliares de potássio maiores que o sistema de cultivo do milho solteiro. Nesse ano agrícola o milho foi semeado sobre palhada dos mesmos tratamentos do ano anterior, e pode ter ocorrido reciclagem de potássio dessa cobertura vegetal após o manejo mecânico e posterior dessecação. Garcia et al. (2006), trabalhando com palhada de *B. brizantha* proveniente de cultivo consorciado com milho, constataram aumento na concentração de potássio no solo e na planta onde o milho foi semeado sob palhada de Marandu proveniente do ano anterior, inclusive com diminuição na concentração de potássio não trocável do solo, evidenciando a hipótese de que esta espécie forrageira é altamente eficiente na reciclagem de potássio. O mesmo pode ser extrapolado para o *P. maximum* uma vez que, por ser uma forrageira de alto potencial de produção de matéria seca e com sistema radicular profundo e volumoso, pode ter concentrado grande quantidade de potássio durante seu desenvolvimento no ano agrícola de 2004/05, e após sofrer manejo

mecânico e dessecação para a semeadura do milho do ano 2005/06, pode ter liberado parte deste potássio para o solo na época de maior exigência pela cultura granífera.

Tabela 5. Teores de cálcio, magnésio e enxofre foliares da cultura do milho (g kg^{-1}) consorciado com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em SPD. Botucatu-SP, anos agrícolas 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

Sistemas de cultivo	Cálcio			Média
	2003/04	2004/05	2005/06	
	-----g kg ⁻¹ -----			
Milho solteiro	5,95 b	5,45 ab	7,07 ab	6,16 b
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	5,30 c	5,30 ab	6,77 b	5,97 b
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	8,10 a	5,82 a	6,92 b	6,77 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	5,75 bc	4,50 b	6,77 b	5,87 b
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	5,70 bc	5,07 ab	7,72 a	5,97 b
	-----Valor de DMS (g kg ⁻¹)-----			
	0,56	1,00	0,71	0,49
	-----CV (%)-----			
	5,91	12,50	6,54	5,26
	-----Magnésio-----			
	-----g kg ⁻¹ -----			
Milho solteiro	2,65 a	2,92 a	2,12 a	2,57 a
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	2,67 a	2,67 a	2,10 a	2,47 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	2,59 a	2,62 a	2,30 a	2,52 a
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	2,35 a	2,42 a	2,07 a	2,28 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	2,46 a	2,42 a	2,40 a	2,43 a
	-----Valor de DMS (g kg ⁻¹)-----			
	0,34	0,80	0,51	0,43
	-----CV (%)-----			
	8,89	19,78	14,93	11,50
	-----Enxofre-----			
	-----g kg ⁻¹ -----			
Milho solteiro	1,90 ab	1,44 b	1,67 bc	1,38 bc
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1,82 ab	1,30 b	1,48 c	1,26 c
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1,78 b	1,35 b	1,83 ab	1,41 b
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	2,03 a	2,01 a	1,92 a	1,57 a
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	2,00 ab	1,87 a	1,88 ab	1,57 a
	-----Valor de DMS (g kg ⁻¹)-----			
	0,24	0,15	0,22	0,12
	-----CV (%)-----			
	8,17	6,05	8,31	5,63

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas (minúsculas) em cada variável não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

A concentração de cálcio no milho variou em função dos tratamentos nos três anos do experimento (Tabela 5). Nos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05 o cultivo do milho simultaneamente com *B. brizantha* proporcionou maior concentração de cálcio, e a semeadura efetuada na adubação de cobertura a menor concentração, inclusive em relação ao cultivo do milho solteiro, tanto para a *B. brizantha* (2003/04) quanto para o *P. maximum* (2004/05). No terceiro ano os cultivos de milho solteiro e consorciado com *P. maximum* simultaneamente na semeadura proporcionaram maior concentração de cálcio. Na média dos três anos agrícolas o cultivo de milho com *B. brizantha* simultaneamente à semeadura proporcionou maior concentração de cálcio no milho, em relação aos demais sistemas de cultivo, muito embora todos os sistemas estejam dentro do intervalo ideal preconizado por Raij et al. (1996) para a cultura do milho (2,5 – 8,0 g kg⁻¹).

Não houve variação na concentração de magnésio no milho em função dos sistemas de cultivo empregados (Tabela 5). Tal fato pode ser explicado pela fertilidade do solo, as concentrações de Mg verificadas nas análises antes da semeadura do experimento estavam acima da recomendação de Raij et al. (1996), que é de 5 mmol_c dm⁻³, para que este elemento não seja limitante para a cultura.

Em todos os anos houve variação na concentração de enxofre em função dos sistemas de cultivo empregados (Tabela 5). Nos três anos agrícolas o cultivo do milho com *P. maximum* semeado por ocasião da adubação de cobertura houve a maior concentração de enxofre foliar, muito embora no primeiro ano não diferentes estatisticamente dos demais tratamentos, exceto do cultivo com Marandu simultaneamente à semeadura. Nos anos 2004/05 e 2005/06 os consórcios de milho com Mombaça proporcionaram as maiores concentrações de enxofre em comparação aos demais tratamentos. Estes resultados são explicados pela interação entre esse elemento e o nitrogênio, uma vez que nesse sistema de cultivo também proporcionou maiores concentrações de nitrogênio foliares no milho nesses anos agrícolas. Assim como verificado para o nitrogênio, o cultivo do milho com *B. brizantha* proporcionou menor concentração de enxofre foliar na cultura granífera, o que pode ser em decorrência da maior competitividade com o milho em virtude de sua emergência mais rápida. Considerando a média dos três anos, o cultivo consorciado com *P. maximum* proporcionou maiores concentrações de enxofre para o milho, assim como constatado para o nitrogênio. Como no início do desenvolvimento a relação raiz/parte aérea é muito alta, pode haver

comprometimento na absorção de alguns elementos, principalmente para os nutrientes nitrogênio, fósforo e enxofre, indispensáveis para o desenvolvimento vegetativo e para o estabelecimento radicular. Como foi possível retardar o desenvolvimento do *P. maximum* pela maior profundidade de deposição da semente no solo, não houve comprometimento no fornecimento desses nutrientes para o milho, principalmente pelo nível de fertilidade do solo onde foi instalado o experimento. De acordo com Raij et al. (1996), os valores de enxofre encontram-se próximos dos limites inferiores considerado ideal para a cultura do milho (1,5 – 3,0 g kg⁻¹).

6.2. Estudo II – Produção dos capins Marandu e Mombaça em função da adubação nitrogenada (¹⁵N) e da época de consorciação com o milho

6.2.1. Produtividade de matéria seca dos capins Marandu e Mombaça

6.2.1.1. Ano agrícola 2003/04

Na Tabela 6 estão valores de produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça em duas épocas de amostragem. Pelos resultados verifica-se que, nas duas avaliações, houve efeito dos tratamentos.

Em relação à primeira amostragem, realizada 57 dias após a colheita do milho, o cultivo consorciado por ocasião da cobertura proporcionou maior produção de matéria seca, nas duas espécies forrageiras estudadas, provavelmente pela maior velocidade de acúmulo de massa proporcionada pelo maior tempo de estabelecimento nesse sistema de cultivo, quando comparado ao estabelecimento das forrageiras semeadas em cobertura. Como pode-se constatar pela Figura 1, após a colheita do milho, a forrageira foi beneficiada pelo final da precipitação pluvial e de temperaturas elevadas, propiciando rápido crescimento após o processo de colheita.

De acordo com Portes et al. (2000), a rebrota rápida das forrageiras em cultivo consorciado, especialmente a Marandu, permite que a forrageira seja utilizada aos 70 dias após a colheita do milho, em virtude do seu aproveitamento do final do período de verão.

Tabela 6. Produtividade de matéria seca de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em duas épocas de avaliação, após a colheita do milho para grãos. Botucatu- SP, ano agrícola 2003/04.

Sistemas de cultivo	Produção de matéria seca	
	57 dias	139 dias
	-----kg ha ⁻¹ -----	
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	3.907 a	5.661 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1.271 b	2.619 c
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	3.653 a	4.962 b
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	2.033 b	2.198 c
Valor de F	0,0001**	0,0001**
Valor de DMS	847	597
CV (%)	19,5	9,7

Médias seguidas por mesmas letras (minúsculas) nas colunas não diferem entre si pelo teste DMS a 5%.

Na segunda avaliação, realizada em 29/09/04, verificou-se novamente que o consórcio efetuado na cobertura proporcionou maior produção de matéria seca quando comparado com a semeadura das forrageiras na semeadura, possivelmente, pela menor taxa de crescimento nesta época de consorciação. Decorridos aproximadamente 110 dias após a colheita do milho, o cultivo consorciado com Marandu proporcionou maior rebrota, acarretando maior produção de matéria seca.

Os consórcios efetuados simultaneamente à semeadura, assim como verificado na primeira avaliação, proporcionaram menor produção de matéria seca. Esse resultado é decorrente das condições climáticas inadequadas para propiciar o pleno desenvolvimento das plantas, que permaneceram com lento crescimento até a colheita do milho e em virtude da baixa precipitação pluvial nos meses de agosto e setembro, aliado às baixas temperaturas registradas no período de outono-inverno. Essas condições resultaram em baixa taxa fotossintética pelas forrageiras, culminando em baixo potencial de rebrotação. Em

decorrência do maior número de perfilhos que restaram após o período de colheita, a Marandu apresentou maior taxa de rebrotação quando comparada com o Mombaça. Segundo Portes et al. (2003), com o decorrer do ciclo, os colmos promovem realocação de fotoassimilados para formação de novos perfilhos e folhas, facilitando a rebrotação com maior vigor, culminando em maior acúmulo de matéria seca nesta avaliação.

Porém, convém salientar que em função dos resultados obtidos, pode-se inferir que há necessidade de pelo menos duas determinações da produção de matéria seca para validação de modalidades de consórcio no estabelecimento de pastagens com culturas graníferas.

6.2.1.2. Ano agrícola 2004/05

Na Tabela 7 encontram-se os valores de F e níveis de significância referentes à produtividade de matéria seca nas três amostragens / corte da forrageira sem remoção (75, 150 e 216 dias após a colheita do milho para grãos) e também no somatório das épocas. Constata-se pelos resultados que nas três épocas e no somatório a interação foi significativa entre os sistemas de consórcio e as doses de nitrogênio. Na Tabela 8 estão contidos os resultados de produtividade de matéria seca das forrageiras em função das doses de nitrogênio e dos sistemas de cultivo.

Na interação entre doses de nitrogênio x sistemas de cultivo constata-se que, com relação à primeira época de amostragem, efetuada 75 dias após a colheita do milho e posterior uniformização da área, o cultivo consorciado do milho com Marandu simultaneamente à semeadura não houve efeito das doses de nitrogênio. Nos sistemas de consórcio com *P. maximum* houve aumentos significativos na produtividade em função das doses de nitrogênio em cobertura, e no consórcio com *B. brizantha* em cobertura o efeito foi inverso (Figura 3a). Nos sistemas de cultivo consorciado de milho com *P. maximum* as respostas foram quadráticas, sendo que no cultivo simultâneo a resposta foi crescente até a dose de nitrogênio de 73 kg ha⁻¹, e no cultivo consorciado por ocasião da adubação de cobertura houve aumento até 83 kg ha⁻¹. No caso do cultivo de milho com *B. brizantha* em cobertura houve decréscimo na produtividade de matéria seca com o aumento das doses de nitrogênio, tendo a testemunha o maior valor de produtividade.

Tabela 7: Valores de F e nível de significância referentes à produtividade de matéria seca de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada à épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	75 dias	150 dias	216 dias	Soma
-----Valores de F-----				
Sistemas de cultivo (SC)	153,08*	634,31**	53,69**	500,43**
Doses de N (N)	6,15**	156,25**	25,51**	56,58**
SC x N	13,48**	15,93**	47,17**	58,86**
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----				
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura				
R.L.	17,17**	54,07**	19,25**	0,23 ^{ns}
R.Q.	16,91**	0,99 ^{ns}	21,55**	25,14**
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura				
R.L.	0,001 ^{ns}	7,33 ^{ns}	3,13 ^{ns}	2,13 ^{ns}
R.Q.	0,37 ^{ns}	1,25 ^{ns}	3,44 ^{ns}	1,83 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura				
R.L.	26,63**	109,41**	41,32**	204,62**
R.Q.	13,75**	1,03 ^{ns}	62,37**	12,55 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura				
R.L.	15,89**	192,59**	137,17**	0,84 ^{ns}
R.Q.	46,13**	0,68 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,01 ^{ns}
-----CV (%)-----				
SC	12,77	5,96	6,64	4,31
N	10,12	5,66	5,20	3,16

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Este resultado pode ser explicado pelo fato do manejo de uniformização das unidades experimentais adotado após a colheita do milho. No caso do cultivo simultâneo de milho com *B. brizantha*, as plantas apresentavam maior

desenvolvimento vegetativo, constituídas por poucos perfilhos e com folhas finas e compridas, direcionadas à entrelinha do milho para maior captação da energia luminosa, como forma de diminuir a competição por radiação luminosa. Por ocasião da maturação fisiológica do milho, as condições climáticas favoráveis podem acelerar o desenvolvimento da forrageira, de tal forma que, por ocasião da colheita mecânica, muitos perfilhos foram eliminados durante esta operação.

De acordo com Portes et al. (2003) após a colheita mecânica de grãos da cultura anual, as forrageiras podem ser utilizadas como forragem 70 dias após essa operação uma vez que, antes desse período, todos os fotoassimilados produzidos e armazenados nas estruturas do relvado servem de reserva para a formação de novos perfilhos e folhas. No caso do *P. maximum* o porte da planta por ocasião da colheita era diferenciado, apresentando maiores quantidades de perfilhos e folhas de tal forma que, mesmo após a operação de uniformização das unidades experimentais, a adição do fertilizante nitrogenado proporcionou aumentos na produtividade de matéria seca. No caso do cultivo do milho consorciado com as forrageiras por ocasião da adubação de cobertura, a perda de estruturas vegetativas por ocasião da colheita e da uniformização das parcelas foi bem menor quando comparado aos sistemas de consórcio simultâneo, principalmente pelo porte das forrageiras em virtude da competição com o milho, possibilitando respostas quando da adição do fertilizante nitrogenado.

Decorridos 150 dias da uniformização mecânica das plantas (Figura 3b) e 131 dias da fertilização nitrogenada, pode-se observar que no cultivo da *B. brizantha* semeada simultaneamente ao milho não houve efeito na produtividade de massa em função das doses de nitrogênio. Nota-se que nos demais tratamentos houve aumento linear na produtividade de matéria seca com o aumento das doses de nitrogênio, sendo superior no cultivo do milho com *P. maximum* simultaneamente à semeadura. Tal resultado é decorrente do maior porte dessa espécie nesse tratamento, mesmo após a uniformização das unidades experimentais até a altura de 25 cm em relação à superfície do solo, logo após a primeira avaliação.

Tabela 8: Produtividade de matéria seca de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada à épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação das doses de adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	75 dias	150 dias	216 dias	Soma
Sistemas de cultivo	-----Matéria seca (kg ha ⁻¹)-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	384 d	2.377 c	3.956 c	6.949 c
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	616 c	3.179 b	4.655 b	8.521 b
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	742 b	3.142 b	4.466 b	8.350 b
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	1011 a	5.457 a	5.290 a	12.144 a
Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	-----DMS-----			
0	630 b	2.966 b	5.040 a	9.325 a
30	699 ab	3.043 b	4.419 b	8.160 b
60	727 a	3.933 a	4.443 b	9.103 a
120	697 ab	4.212 a	4.465 b	9.375 a
	-----CV (%)-----			
	80	367	406	498
	16,40	14,55	12,41	7,77

Médias seguidas por mesmas letras (minúsculas) nas colunas não diferem entre si pelo teste DMS a 5%.

Quanto aos sistemas consorciados por ocasião da adubação de cobertura, a maior produtividade de matéria seca no *P. maximum* em relação a *B. brizantha* se deve às diferenças no desenvolvimento entre as espécies e no acúmulo de matéria seca. No caso do Mombaça, mesmo com as condições climáticas decorrentes do período (diminuição da temperatura por ocasião do período de outono) o acúmulo de matéria seca é maior em relação à Marandu, comprovadamente elucidado pela morfologia diferenciada entre estas duas espécies.

Na última avaliação, realizada 216 após o corte da forrageira sem remoção na área, observa-se que somente os cultivos consorciados com Mombaça

proporcionaram diferenças na produtividade de matéria seca (Figura 3c). No caso do cultivo simultâneo com o milho, o Mombaça diminuiu a produtividade de matéria seca com o aumento das doses de nitrogênio, o que pode ser explicado pelo fato de que, nessa época, todo o nitrogênio disponibilizado para a forrageira foi consumido durante o período de outono-inverno, uma vez que já haviam sido decorridos 197 dias da fertilização nitrogenada. Embora cronologicamente semelhantes, as plantas submetidas às maiores doses de fertilização nitrogenada (120 kg ha^{-1}) encontraram-se fisiologicamente mais velhas, com maior quantidade de estruturas mais desenvolvidas comparadas às plantas sob doses menores, o que talvez tenha culminado com decréscimo na produtividade, principalmente pelas condições climáticas inerentes ao período de amostragem e a maior demanda por nitrogênio em virtude do maior porte das plantas no sistema de consórcio simultâneo.

À medida que foram sendo efetuados os cortes a 25 cm do solo, provavelmente, todas as reservas e o nitrogênio disponível no solo foram absorvidos e translocados para a parte aérea, e nessa época, todo o nitrogênio já tenha sido consumido. No caso do cultivo consorciado por ocasião da adubação de cobertura, houve diminuição na produtividade nas doses de nitrogênio de 30 e 60 kg ha^{-1} , aumentando novamente a produtividade na maior dose. Este resultado implica na afirmação de que, para o Mombaça estabelecido em cobertura, por ser mais exigente, estas doses não suprem a planta forrageira em nitrogênio, sendo necessário quantidades superiores a 120 kg ha^{-1} para que ocorra aumento em matéria seca.

Somando as três épocas verifica-se que somente nos sistemas de cultivos consorciados efetuados por ocasião da adubação de cobertura a produção de forragem foi incrementada significativamente pela fertilização nitrogenada (Figura 3d). No consórcio com Mombaça o aumento foi linear, e com a Marandu houve decréscimo nas doses intermediárias, aumentando na dose de 120 kg ha^{-1} , indicando que as doses de 30 e 60 kg ha^{-1} não foram suficientes para suprir a demanda da forrageira pelo nutriente de forma a aumentar a produção de forragem. Pelos resultados encontrados, constata-se o potencial de utilização do Mombaça para ser consumido como forragem durante o período de outono-inverno, principalmente quando adubada com fertilizante nitrogenado após a colheita do milho para grãos. Entretanto, pode existir um agravante de que, nesse sistema de cultivo, os números de pastejos seriam bem menores quando comparado ao sistema de cultivo consorciado

simultaneamente, dada a diferença de crescimento e o potencial de produtividade quando comparadas às duas épocas de consorciação.

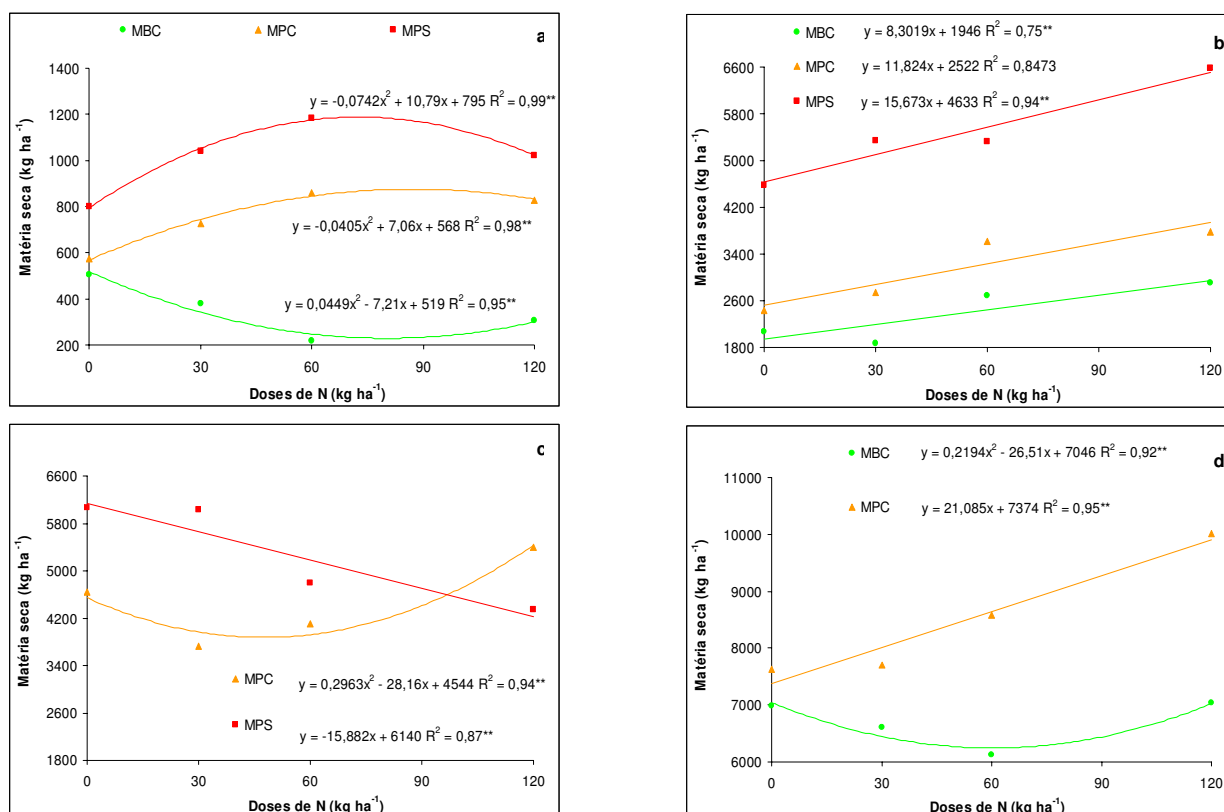


Figura 3: Produtividade de matéria seca de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* aos 75 (a), 150 (b), 216 (c) dias após a colheita do milho para grãos, e somatório das épocas (d) em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05. MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura ; MPS – Milho + *P. maximum* na semeadura.

A resposta significativa em relação ao sistema de cultivo consorciado por ocasião da adubação de cobertura se deve ao fato de que, em ambas as espécies forrageiras, houve menor perda de estruturas vegetativas por ocasião da colheita mecânica do

milho e posterior uniformização das unidades experimentais. A consorciação efetuada na adubação de cobertura desencadeou maior competitividade das forrageiras com o milho por radiação luminosa a tal ponto que, por ocasião da colheita para grãos, tanto Marandu como o Mombaça apresentavam poucas estruturas vegetativas (folhas e perfilhos). Em virtude da maior competição e menor desenvolvimento, houve menor perda por ocasião da colheita da cultura granífera, sendo que estas estruturas serviram de reserva para a translocação de fotoassimilados para as gemas vegetativas, permitindo assim a formação de novos perfilhos.

Mesmo com menor produtividade em relação à semeadura simultânea nas três épocas de amostragem, principalmente como constatado para o Mombaça, o sistema de cultivo consorciado na adubação de cobertura pode ser utilizado quando a adoção dessas espécies para consumo animal for fornecida no período de primavera, por exemplo, onde as condições climáticas proporcionam a retomada do pleno desenvolvimento destas espécies. Além disso, os resultados permitem constatar que as doses de 30 e 60 kg ha⁻¹ não suprem a demanda por nitrogênio, podendo então ser sugerida a hipótese de que, em cultivo consorciado, as quantidades de nitrogênio a serem fornecidas para as forrageiras devem ser superiores à recomendação de Werner et al. (1996), visto a forma de estabelecimento destas espécies e da competitividade com o milho por ocasião da época de consorciação.

Borghini (2004) encontrou produtividades de matéria seca de *B. brizantha* em cultivo consorciado com milho simultaneamente à semeadura muito superiores aos encontrados para essa espécie no presente experimento. Porém, vale ressaltar que os valores aqui discutidos referem-se aos 25 cm superiores das plantas.

6.2.1.3. Ano agrícola 2005/06

Na Tabela 9 encontram-se os valores de F e níveis de significância referentes à produtividade de matéria seca nas três amostragens / corte da forrageira sem remoção (62, 131 e 171 dias após a colheita do milho para grãos) e também no somatório das épocas. Verifica-se que nas três épocas e no somatório dos valores a interação entre sistemas de consórcio e as doses de nitrogênio foi significativa. Na Tabela 10 estão os resultados de produtividade de matéria seca das forrageiras em função das doses de nitrogênio e dos sistemas de cultivo.

Tabela 9: Valores de F e nível de significância referentes à produtividade de matéria seca de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada à épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	62 dias	131 dias	171 dias	Soma
-----Valores de F -----				
Sistemas de cultivo (SC)	142,94**	120,80**	68,11**	85,16**
Doses de N (N)	16,41**	9,63**	29,89**	16,53**
SC x N	33,62**	7,18**	48,02**	37,37**
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----				
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura				
R.L.	10,08 ^{ns}	0,37 ^{ns}	23,97**	11,80**
R.Q.	0,004 ^{ns}	21,77**	33,90**	39,25**
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura				
R.L.	111,30**	2,305 ^{ns}	0,07 ^{ns}	6,17**
R.Q.	63,81**	2,98 ^{ns}	27,68**	46,14**
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura				
R.L.	2,19 ^{ns}	2,87 ^{ns}	81,83**	50,16**
R.Q.	17,70 ^{ns}	0,69 ^{ns}	83,34**	84,55**
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura				
R.L.	4,71 ^{ns}	4,97 ^{ns}	2,76 ^{ns}	0,04 ^{ns}
R.Q.	2,79 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,47 ^{ns}	9,79 ^{ns}
-----CV (%)-----				
SC	5,58	4,74	5,64	3,80
N	5,13	6,61	5,86	4,01

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 10: Produtividade de matéria seca de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada à épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação das doses de adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	62 dias	131 dias	171 dias	Soma
Sistemas de Cultivo	-----Matéria seca (kg ha ⁻¹)-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1.077 c	904 a	3.286 b	5.268 c
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1.512 b	927 a	3.239 b	5.679 b
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura	1.527 b	708 c	3.149 b	5.384 c
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura	1.605 a	760 b	4.012 a	6.377 a
Doses de N (kg ha ⁻¹)				
0	1.513 a	831 b	3.067 d	5.411 c
30	1.375 b	803 bc	3.535 b	5.714 b
60	1.360 b	881 a	3.373 c	5.615 b
120	1.472 a	784 c	3.711 a	5.968 a
	-----DMS-----			
	53	37	142	160
	-----CV (%)-----			
	5,22	6,28	5,81	3,97

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste DMS a 5%.

Com relação à primeira época de amostragem (62 dias após a colheita do milho), pode-se observar que somente o sistema de cultivo consorciado do milho com Marandu simultaneamente à semeadura foi afetado pelas doses de nitrogênio (Figura 4a), sendo que nos demais sistemas não houve efeito. Constata-se ainda que até na dose de nitrogênio de 60 kg ha⁻¹ não houve acréscimo na produtividade de matéria seca do Marandu, porém 120 kg ha⁻¹ proporcionaram o maior valor.

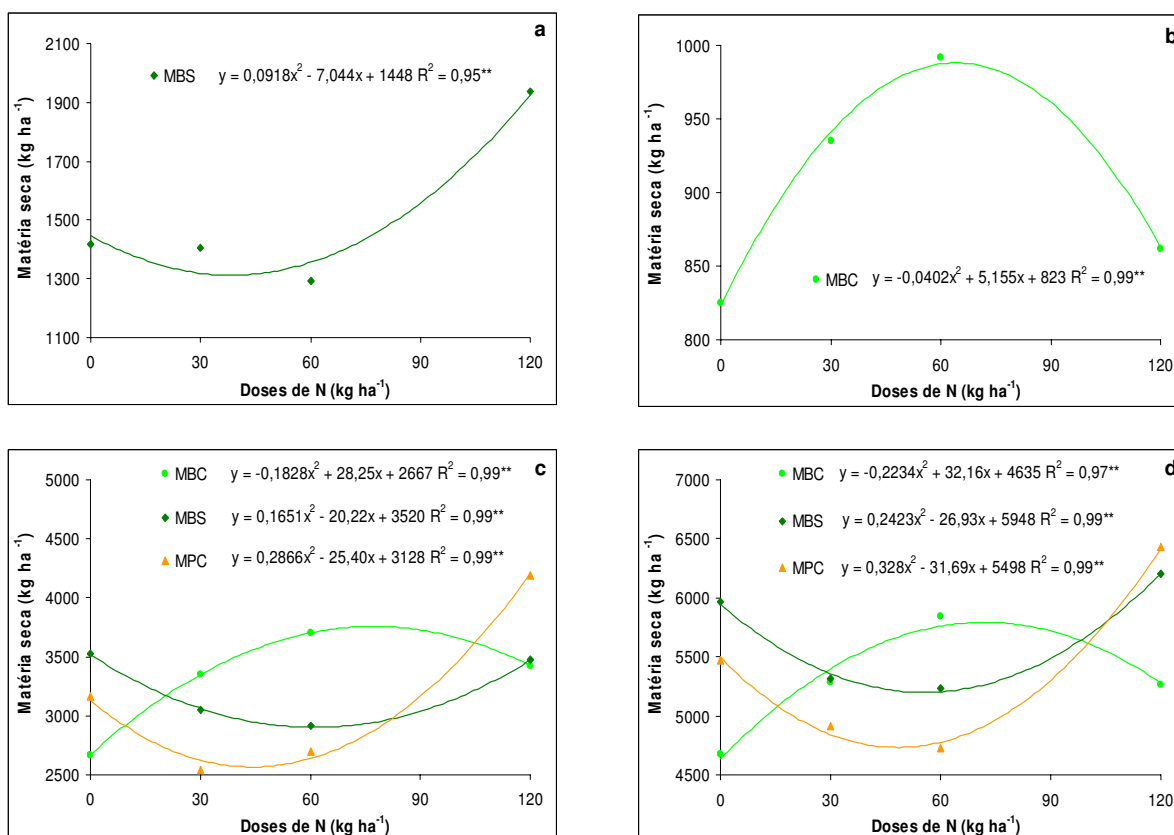


Figura 4: Produtividade de matéria seca de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* aos 62 (a), 131 (b), 174 (c) dias após a colheita do milho para grãos, e somatório das épocas (d) em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06. MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura ; MPS – Milho + *P. maximum* na semeadura.

A ausência de resposta nos demais sistemas de consórcio pode estar relacionado ao fato do manejo adotado após a colheita do milho para uniformização das unidades experimentais. Nesse ano, as condições climáticas - temperatura e precipitação pluvial - foram favoráveis ao desenvolvimento das forrageiras em comparação aos anos anteriores, principalmente após a colheita do milho para grãos.

Assim como no ano anterior, constatou-se que nos sistemas de cultivos efetuados simultaneamente à semeadura, as espécies forrageiras apresentavam maior desenvolvimento vegetativo, porém com diferenças de porte entre as espécies. No caso do Marandu, as plantas quando submetidas ao consórcio simultâneo, apresentavam poucos perfilhos e com folhas finas e compridas, direcionando essas estruturas para as entrelinhas do milho, a fim de obter maior captação da radiação luminosa. No Mombaça as plantas apresentavam porte bem mais vigoroso e com a touceira já formada, com maior número de folhas e perfilhos. Para o consórcio efetuado concomitantemente à adubação de cobertura, o desenvolvimento das espécies foi totalmente diferente, uma vez que as folhas do milho diminuíram a incidência de luz nas entrelinhas controlando naturalmente o estabelecimento até o momento da colheita de grãos.

Como a colhedora automotriz procedeu ao corte das plantas de milho na altura de inserção da espiga, nos consórcios efetuados simultaneamente à semeadura, tanto o Marandu como o Mombaça apresentavam intenso crescimento vegetativo, ao ponto de alcançar a altura do milho nesses tratamentos, proporcionando grande acúmulo de matéria seca, uma vez que devido ao estágio fenológico do milho, a forrageira não encontrava impedimentos que impedisse o seu pleno desenvolvimento.

Porém, após a passagem da colhedora, as forrageiras e principalmente o Mombaça, ainda apresentavam grande porte, razão pela qual realizou-se o corte sem remoção do material a uma altura de 25 cm em relação à superfície do solo, como forma de padronizar as alturas e estimular o perfilhamento e a formação da pastagem.

Com a operação de uniformização, ocorreu grande eliminação das folhas, sobrando grande volume de colmos. De acordo com Portes et al. (2003), nos 20 a 50 dias após a colheita da cultura produtora de grãos, pode ocorrer aparente paralisação no crescimento da pastagem, e neste período pode estar ocorrendo realocação de fotoassimilados dos colmos para a formação de novos perfilhos e folhas, além de um novo sistema radicular, mais volumoso e eficiente na absorção de nutrientes, pois as condições de fertilidade do solo e da adubação de cobertura, proporcionaram recuperação da parte aérea da forrageira.

Em função desse manejo, houve maior perda de folhas e perfilhos por parte do Mombaça em relação ao Marandu. Com menor perda de estruturas vegetativas, o estabelecimento tornou-se mais rápido, considerando ainda o acréscimo de nitrogênio via

fertilização, estimulando o desenvolvimento de novos perfilhos. Ressalta-se que o aumento na produtividade de matéria seca no caso do consórcio do milho com Marandu na semeadura ocorreu com uma dose de N cerca de duas vezes superior à maior dose recomendada por Werner et al. (1996) para as forrageiras tropicais perenes. Porém, os autores recomendam a adubação nitrogenada nestas espécies levando em consideração a aplicação do fertilizante nitrogenado na época de maior precipitação pluvial. No caso deste experimento, a adubação foi realizada após a colheita do milho para grãos. Assim, a diminuição de temperatura e na luminosidade comprometem o pleno desenvolvimento das duas espécies forrageiras, principalmente no caso do Mombaça, onde houve maior perda de estruturas que poderiam facilitar o rápido estabelecimento.

A partir da colheita de grãos, a presença de temperaturas elevadas e precipitação pluvial adequadas promovem o rápido desenvolvimento da forrageira, com acúmulo de massa verde variando de $438 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ em solo de média fertilidade até $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ em solos com fertilidade elevada (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003). De acordo com Morikawa et al. (1998), o nitrogênio e o enxofre, por serem os principais componentes das proteínas, as quais participam ativamente da divisão celular e da síntese de compostos orgânicos que formam a estrutura vegetal, influenciam o perfilhamento, apresentando assim maior potencial de produção de matéria seca, mesmo após sucessivos cortes. Desta forma, pode-se inferir que as doses de nitrogênio, quando aplicada em cobertura nas forrageiras em condições não totalmente favoráveis a seu desenvolvimento, podem ser superiores em comparação com as recomendações atuais. Além disso, em função do sistema de produção envolvendo a semeadura de duas espécies simultaneamente, deve-se ater ao fato de que o estabelecimento e a época de adubação a fim de proporcionar o rápido estabelecimento da forrageira são fatores a serem levados em consideração.

Borghi (2004) encontrou resultados superiores de produtividade de matéria seca de *B. brizantha* quando consorciado com o milho simultaneamente na linha de semeadura, mesmo após decorridos apenas 10 dias da colheita mecânica da cultura do milho. Porém, no caso foi coletada toda a parte aérea das plantas, o que diferencia da metodologia desse experimento onde, nesse caso, a altura de corte da parte aérea foi padronizada em 25 cm em relação ao solo. Dessa forma, após essa avaliação, ainda restavam 25 cm de estrutura de

relvado que estariam sendo utilizados como reserva para a formação de novos perfilhos e folhas para a manutenção das forrageiras no período de outono-inverno.

Na segunda época de amostragem, decorridos 171 dias após a colheita e padronização dos tratamentos e 160 dias após a fertilização nitrogenada (Figura 4b), constata-se que somente no sistema de consórcio do milho com Marandu por ocasião da adubação de cobertura houve resposta às doses de nitrogênio em cobertura, proporcionando acréscimo na produtividade de matéria seca até a dose de nitrogênio de 64 kg ha^{-1} , culminando com decréscimo no valor com a maior dose de nitrogênio. Tal resultado pode ser atribuído ao fato de que, como nesse sistema de cultivo consorciado esta espécie foi a que mais sofreu com a competição com o milho quando semeada em cobertura, havendo menor perda de estruturas vegetativas com os manejos proporcionados até esta avaliação. Assim, nesse sistema de cultivo, a Marandu exigiu maior tempo de recuperação de potencial produtivo em relação ao consórcio efetuado simultaneamente à semeadura, porém necessitou de um aporte menor de nitrogênio para atingir a maior produtividade quando comparado aos demais sistemas de consórcio.

Na última época de avaliação, realizada no mês de novembro de 2006, constata-se que somente no consórcio do milho com Mombaça na semeadura não houve resposta na produtividade de matéria seca com a adubação nitrogenada (Figura 4c). Os cultivos efetuados por ocasião da adubação de cobertura proporcionaram comportamento semelhante com o aumento nas doses de nitrogênio, muito embora observa-se que, na maior dose, a produtividade foi superior com o Mombaça. Além disso, constata-se nesses tratamentos que, em ambas as espécies, houve diminuição na produtividade até a dose de 60 kg ha^{-1} (Figura 4c). O consórcio do Marandu simultaneamente na semeadura foi inverso aos demais sistemas de cultivo, diminuindo a produtividade de matéria seca a partir da dose de nitrogênio de 61 kg ha^{-1} .

Somando as três épocas verifica-se que somente o cultivo do *P. maximum* quando semeado simultaneamente com o milho não foi influenciado pela adubação nitrogenada (Figura 4d). Nos demais sistemas, o comportamento é semelhante à terceira época de amostragem. Com os consórcios efetuados na adubação de cobertura, salienta-se que na maior dose de nitrogênio há diferença de apenas 214 kg ha^{-1} entre as espécies, sendo o maior valor proporcionado pelo *P. maximum*. No cultivo de Marandu simultaneamente à semeadura

houve aumento na produtividade de matéria seca até a dose de dose de nitrogênio de 56 kg ha⁻¹.

Estes resultados evidenciam que, no caso do consórcio efetuado na adubação de cobertura, a expressão do máximo potencial produtivo das forrageiras somente ocorre na retomada dos fatores limitantes ao seu desenvolvimento, como temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica. Quando comparadas as duas espécies utilizadas nesse experimento, a Marandu, mesmo com as limitações de luz e temperatura, conseguiu produzir perfilhos e folhas a fim de proporcionar seu estabelecimento durante o período de outono-inverno. No caso do Mombaça, mesmo com o maior porte após a colheita do milho para grãos, as condições predominantes não propiciam o desenvolvimento da planta, mesmo com o aumento de nitrogênio via fertilização, o que pode ser atribuído ao acúmulo de graus-dia necessários para o desenvolvimento dessa espécie. Quando se comparam as duas espécies, a Marandu necessita de um número menor de graus-dia para seu desenvolvimento em relação ao Mombaça (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987). Este fator, associado à grande perda de estruturas vegetativas que poderiam permitir seu estabelecimento após os cortes, culminou com a ausência de resposta nesse tratamento.

No caso do *P. maximum* semeado em cobertura, quando da colheita do milho, a planta apresentava porte bem menor quando comparado ao consórcio na semeadura.

O estabelecimento das plantas num período de condições climáticas adversas ao seu desenvolvimento culminou com resposta bem mais lenta quando comparado com a Marandu semeada na mesma época. Porém, as estruturas vegetativas que sobraram após todos os manejos efetuados, permitiram maior desenvolvimento do relvado, sendo que a partir deste momento a maior dose de nitrogênio foi primordial para a produtividade de matéria seca nesse sistema de cultivo.

Alvim et al. (1993) observaram que a luminosidade e a temperatura são fatores importantes para determinar o acúmulo de matéria seca das plantas forrageiras tropicais ao longo do ano. De acordo com Aidar et al. (2003), em condições de elevada altitude, as variações de temperaturas diurnas e noturnas aliadas ao decréscimo do comprimento do dia no inverno podem comprometer o acúmulo de biomassa pelas forrageiras.

No caso do cultivo simultâneo do Marandu com o milho, a diferença no acréscimo da produtividade com as épocas de amostragem, aumentando a produtividade de matéria seca e diminuindo a dose de nitrogênio requerida para a expressão desse resultado, pode estar relacionado ao fato de que possa estar havendo maior disponibilidade de nitrogênio via mineralização da matéria orgânica quando depositada na superfície do solo por ocasião dos manejos efetuados e da cobertura morta já presente na área, uma vez que as parcelas foram semeadas sobre palhada proveniente do ano anterior. Embora com produtividades pouco expressivas com o decorrer das épocas de amostragem, é importante salientar que estes valores referem-se às estruturas vegetativas acima de 25 cm da parte aérea das plantas. Embora muito inferiores aos resultados de Borghi (2004) quando do consórcio do milho com *B. brizantha*, os valores encontrados nesse experimento são expressivos, considerando apenas uma parte do total de matéria seca produzido pelas espécies forrageiras, demonstrando a viabilidade deste sistema de produção tanto na produção de forragem no período de outono-inverno como na produção de cobertura morta para o SPD.

6.2.2. Valor nutritivo dos capins Marandu e Mombaça

6.2.2.1. Ano agrícola 2004/05

Nas Tabelas 11 e 12 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as variáveis teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) referentes à primeira época de amostragem para quantificação da produção de matéria seca das forrageiras, efetuada 75 dias após a colheita do milho para grãos.

Constata-se que as variáveis foram determinadas somente nos cultivos consorciados efetuados simultaneamente à semeadura, tendo em vista que somente nesse sistema de cultivo as plantas apresentavam porte para avaliação das características químico-bromatológicas.

Tabela 11: Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada à épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (junho). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	MS	FDN	FDA
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	0,71 ^{ns}	42,42 ^{ns}	7,87 ^{ns}
Doses de N (N)	1,84 ^{ns}	2,23 ^{ns}	3,25 ^{ns}
SC x N	1,74 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,53 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	0,20 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,14 ^{ns}
R.Q.	1,61 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	1,49 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,68 ^{ns}
R.Q.	0,85 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,61 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	0,65	3,12	10,81
N	0,84	2,91	6,58

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O cultivo consorciado do milho com Mombaça simultaneamente à semeadura proporcionou aumento linear da proteína bruta com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 5b), mesmo depois de transcorridos poucos dias da fertilização nitrogenada. Tal fato se deve ao maior desenvolvimento das plantas por ocasião da época de consorciação com o milho. Apesar de menor produtividade de matéria seca na maior dose de nitrogênio em relação ao consórcio efetuado por ocasião da adubação de cobertura (120 kg ha⁻¹), constata-se que nesse tratamento houve aumento no teor de proteína bruta, implicando na afirmação de

que nessa dose de nitrogênio há formação de maior quantidade de estruturas mais jovens, porém pouco desenvolvidas sem incrementar a produtividade. Tal efeito é conhecido por diluição - concentração que, segundo Schunke (2001), refere-se à menor concentração de nutrientes em decorrência do maior desenvolvimento vegetativo.

Tabela 12: Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum maximum* relacionada à épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (junho). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	NDT	CINZAS	PB
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	7,88 ^{ns}	29,39 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Doses de N (N)	3,25 ^{ns}	4,60 **	20,52**
SC x N	1,53 ^{ns}	0,09 ^{ns}	10,84**
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	2,14 ^{ns}	0,46 ^{ns}	2,44 ^{ns}
R.Q.	0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	3,44 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	0,68 ^{ns}	3,10 ^{ns}	88,03**
R.Q.	0,61 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,003 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	5,03	11,76	20,02
N	3,06	6,63	9,78

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

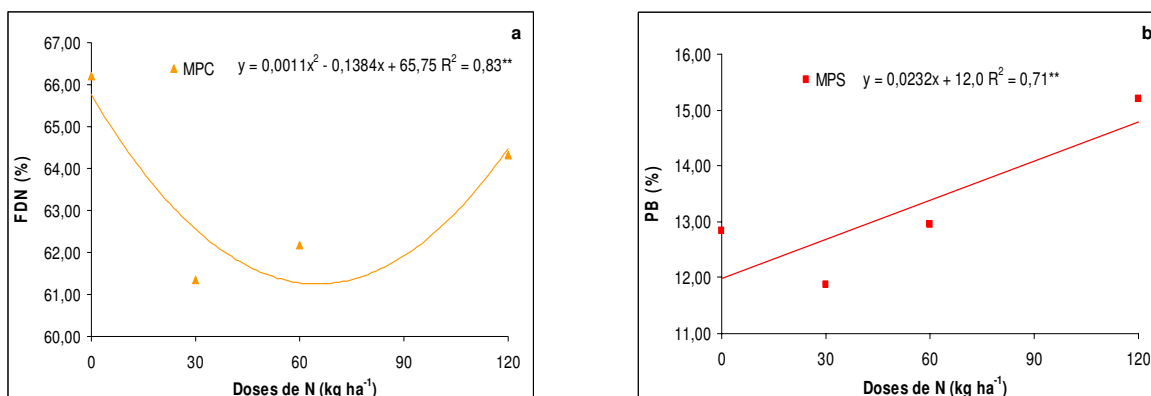


Figura 5: Teores de fibra em detergente neutro (FDN) (a) e proteína bruta (PB) (b) de *B. brizantha* e *P. maximum*, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à primeira época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura ; MPS – Milho + *P. maximum* na semeadura.

Nas Tabelas 13 e 14 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as variáveis teor matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) referentes à segunda época de amostragem para quantificação da produção de matéria seca das forrageiras, efetuada 150 dias da colheita do milho para grãos. As interações significativas encontram-se desdobradas nas Figuras de 6a a 6e. Pelos resultados constata-se que para cada variável analisada houve respostas diferenciadas entre os sistemas de cultivo empregados.

Tabela 13: Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (agosto). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	MS	FDN	FDA
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	4,78*	6,52*	97,33**
Doses de N (N)	3,80*	2,44 ^{ns}	19,89**
SC x N	2,22*	3,91**	7,59**
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	3,34 ^{ns}	7,73**	13,40**
R.Q.	3,24 ^{ns}	1,23 ^{ns}	31,00**
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	2,32 ^{ns}	0,65 ^{ns}	44,76**
R.Q.	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,49 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	0,56 ^{ns}	0,13 ^{ns}	3,02 ^{ns}
R.Q.	2,12 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,26 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	4,30*	1,49 ^{ns}	0,76 ^{ns}
R.Q.	1,93 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,84 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	0,73	3,42	4,49
N	0,73	3,41	5,51

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 14: Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (agosto). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	NDT	CINZAS	PB
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	97,36**	18,90**	5,82*
Doses de N (N)	19,89**	0,94 ^{ns}	2,88*
SC x N	7,59**	1,23 ^{ns}	3,24**
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	13,44**	0,05 ^{ns}	0,54 ^{ns}
R.Q.	31,02**	0,08 ^{ns}	25,70**
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	44,72**	0,08 ^{ns}	1,56 ^{ns}
R.Q.	0,49 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	3,00 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2,33 ^{ns}
R.Q.	0,26 ^{ns}	2,85 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	0,76 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,40 ^{ns}
R.Q.	0,84 ^{ns}	5,57*	0,21 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	1,92	11,08	13,02
N	2,36	9,56	8,75

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O cultivo consorciado do milho com *P. maximum* na semeadura proporcionou maior teor de matéria seca em relação aos demais tratamentos (Figura 6a), em

decorrência do maior desenvolvimento dessa espécie pelo sistema de consorciação. No cultivo simultâneo de milho com *B. brizantha* a dose de nitrogênio de 120 kg ha⁻¹ proporcionou menor teor de FDA (Figura 6b), refletindo diretamente no aumento no teor de NDT (Figura 6c), o que pode estar relacionado ao fato de que, em virtude do manejo efetuado logo após a primeira avaliação, na altura de 25 cm em relação à superfície do solo, mesmo não havendo produtividade de matéria seca significativa nesse sistema de cultivo, houve formação de novas e tenras estruturas vegetativas, em decorrência da translocação de fotoassimilados das estruturas mais velhas, principalmente na maior dose de nitrogênio.

Para o teor de cinzas constata-se que houve efeito significativo apenas para o cultivo consorciado de milho com *P. maximum* na semeadura (Figura 6d), sendo que na maior dose de nitrogênio o resultado foi semelhante ao da testemunha (ausência de fertilização nitrogenada). Este resultado pode ser explicado pelo fato de que, nesses extremos, há formação de estruturas fisiologicamente mais velhas quando comparadas às plantas nas doses intermediárias de nitrogênio. Tal afirmação é respaldada ao analisar a Figura 6a, onde na dose de nitrogênio de 120 kg ha⁻¹ obteve-se maior teor de MS quando comparado aos demais tratamentos.

No caso do cultivo consorciado de milho com *B. brizantha* por ocasião da adubação de cobertura, houve diminuição dos valores de PB nas doses intermediárias de N (Figura 6e), o que implica afirmar que, em virtude das condições climáticas desfavoráveis ao seu desenvolvimento, as doses de nitrogênio de 30 e 60 kg ha⁻¹ não supriram a demanda do Marandu para que proporcionasse aumento na concentração de PB.

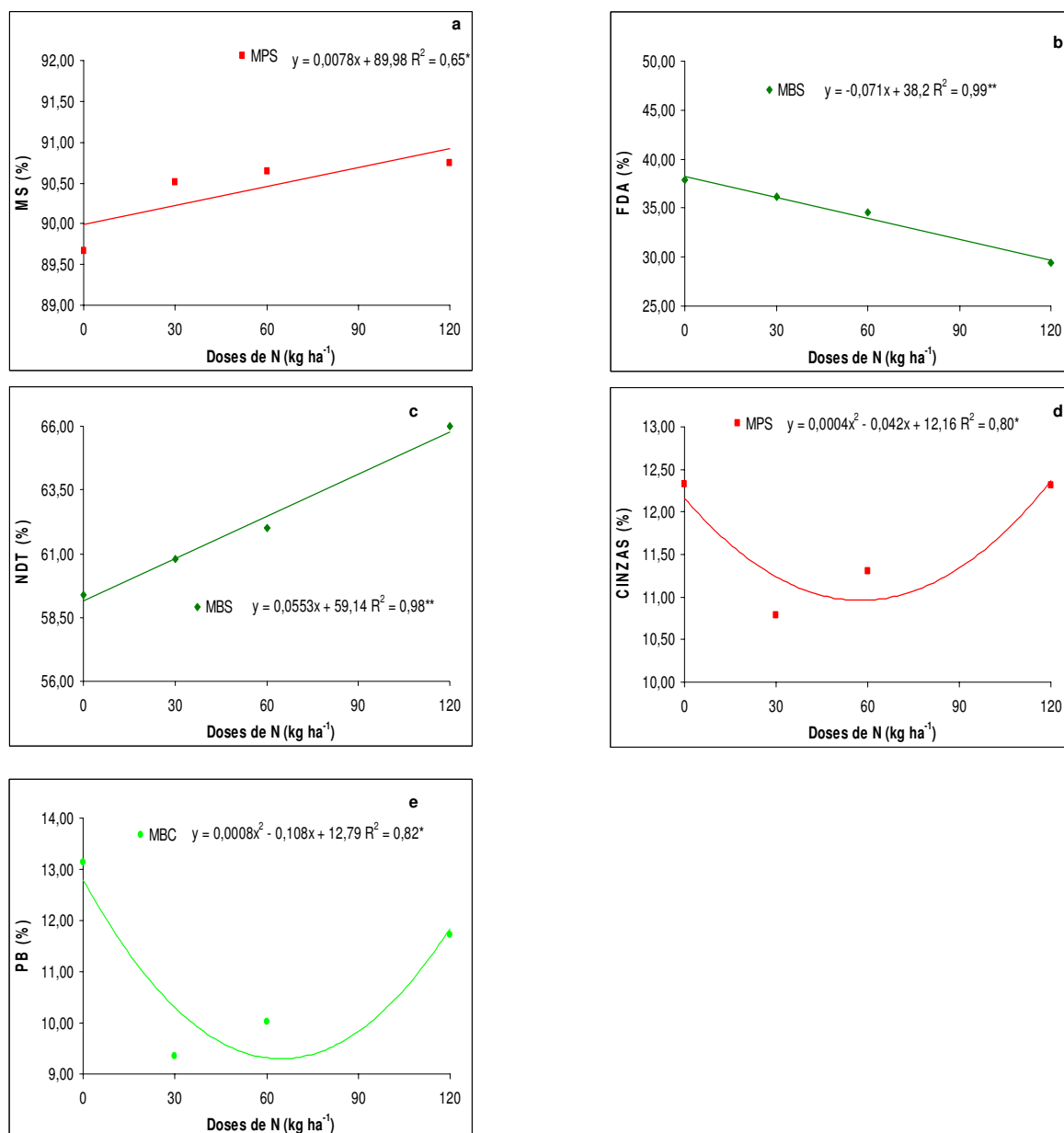


Figura 6: Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente ácido (FDA) (b), nutrientes digestíveis totais (NDT) (c), cinzas (d) e proteína bruta (PB) (e) de *B. brizantha* e *P. maximum*, expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à segunda época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

Nas Tabelas 15 e 16 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as variáveis teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) referentes à terceira época de amostragem, efetuada 216 dias após a colheita do milho para grãos.

Por meio da interação significativa entre sistemas de cultivo x doses de nitrogênio constata-se que o cultivo consorciado de milho com *B. brizantha* simultaneamente à semeadura proporcionou menor teor de matéria seca com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura (Figura 7a). Essa diminuição no teor de matéria seca nesse tratamento pode estar relacionada ao fato de que, nesta avaliação, todo o nitrogênio aplicado em cobertura no Marandu após a colheita do milho não supriu a planta nessa época de avaliação, em virtude do tempo transcorrido entre a adubação nitrogenada em cobertura (197 dias) e os dois cortes mecânicos efetuados após as avaliações anteriores. Mesmo não havendo resposta significativa na produtividade de matéria seca durante as épocas de amostragem, provavelmente, todo o nitrogênio aplicado foi utilizado pelo Marandu ou estava imobilizado no solo a fim de que, mesmo com o início da primavera, a planta não apresentasse a formação de novas estruturas vegetativas que proporcionasse aumento no teor de matéria seca da forrageira.

O cultivo do milho com *P. maximum*, consorciado por ocasião da adubação de cobertura, proporcionou aumento de FDA até a dose de nitrogênio de 71 kg ha⁻¹ (Figura 7b), refletindo diretamente no teor de NDT deste sistema de cultivo (Figura 7c). Mesmo considerando que o cultivo consorciado proporciona maior competição entre a cultura de grãos e a forrageira, não sendo o caso do cultivo efetuado na adubação de cobertura do milho, os valores de NDT do Mombaça encontraram-se muito próximos aos relatados quando semeado em cultivo solteiro, mesmo na ausência de adubação nitrogenada. Embora com valores expressivos, o consórcio de milho com forrageiras tropicais na adubação de cobertura não proporciona forragem de qualidade e quantidade no início da primavera, comprometendo sua utilização na época de outono/inverno, mas pode ser inserido num sistema de produção onde a escolha seja para produção de forragem uma única vez e que sua rebrota ainda proporcione aporte de cobertura morta para a próxima safra de verão, viabilizando assim os propósitos da ILP.

Tabela 15: Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	MS	FDN	FDA
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	4,08*	2,36 ^{ns}	14,83**
Doses de N (N)	1,24 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,82 ^{ns}
SC x N	1,88 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,68 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	1,17 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,04 ^{ns}
R.Q.	0,001 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	9,34**	0,49 ^{ns}	2,77 ^{ns}
R.Q.	1,83 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,93 ^{ns}
R.Q.	0,02 ^{ns}	4,57 ^{ns}	5,00*
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	3,23 ^{ns}	0,05 ^{ns}	4,05 ^{ns}
R.Q.	1,71 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,21 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	1,16	4,67	7,32
N	0,74	3,58	6,53

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 16: Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

	NDT	CINZAS	PB
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	14,82**	1,49 ^{ns}	6,41**
Doses de N (N)	0,82 ^{ns}	0,70 ^{ns}	2,02 ^{ns}
SC x N	1,68 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,25 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,30 ^{ns}
R.Q.	0,02 ^{ns}	1,25 ^{ns}	3,33 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	2,77 ^{ns}	0,02 ^{ns}	4,64 ^{ns}
R.Q.	0,27 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,66 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	0,92 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,55 ^{ns}
R.Q.	4,97*	0,15 ^{ns}	1,66 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	4,04 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,09 ^{ns}
R.Q.	1,21 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,12 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	3,35	14,98	13,24
N	2,99	13,89	6,83

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

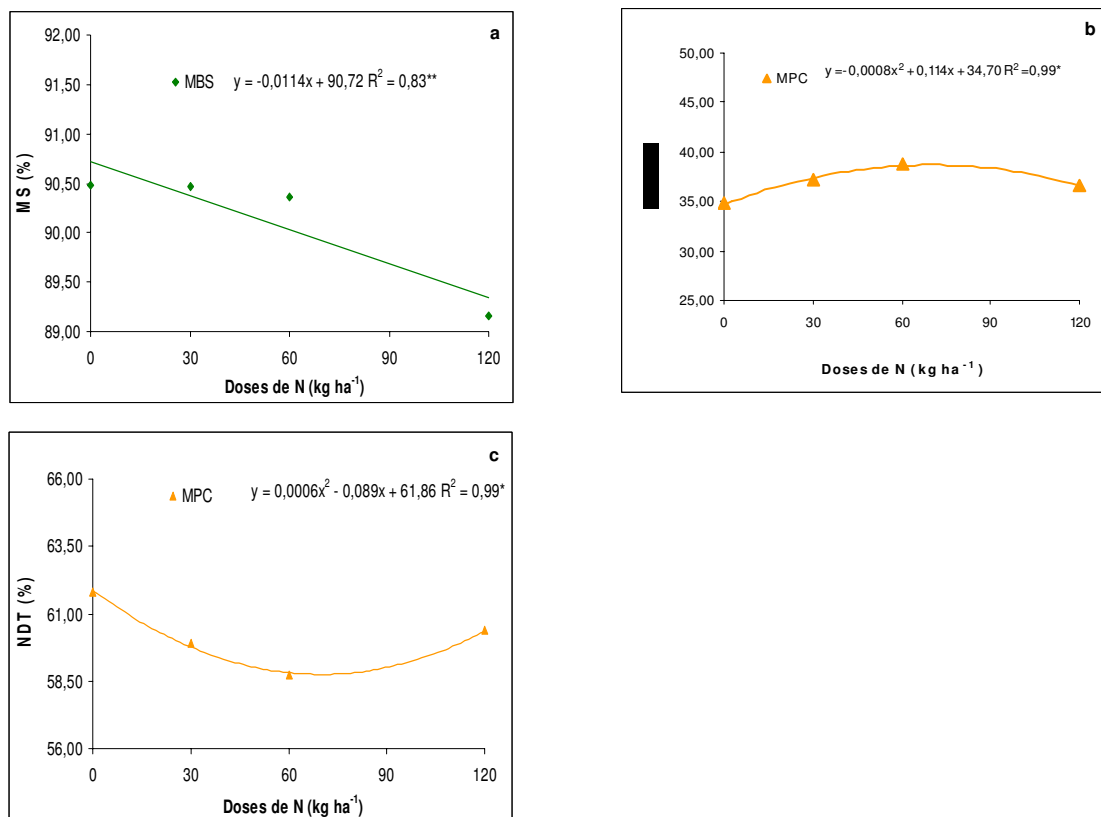


Figura 7: Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente ácido (FDA) (b) e nutrientes digestíveis totais (NDT) (c) de *B. brizantha* e *P. maximum*, expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à terceira época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura ; MPS – Milho + *P. maximum* na semeadura.

6.2.2.2. Ano agrícola 2005/06

Nas Tabelas 17 e 18 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as variáveis teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta

(PB) referentes à primeira época de amostragem simulando o pastejo para quantificação da produção de matéria seca das forrageiras, efetuada 62 dias após a colheita do milho para grãos.

Tabela 17: Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (julho). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	MS	FDN	FDA
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	7,88**	7,75**	11,70**
Doses de N (N)	2,46 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,54 ^{ns}
SC x N	1,96 ^{ns}	2,19*	1,40 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	0,08 ^{ns}	13,62**	0,27 ^{ns}
R.Q.	1,48 ^{ns}	2,47 ^{ns}	1,44 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	0,16 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}
R.Q.	0,45 ^{ns}	0,11 ^{ns}	7,95**
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	8,27**	0,32 ^{ns}	0,24 ^{ns}
R.Q.	0,11 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	3,37 ^{ns}	0,07 ^{ns}	3,53 ^{ns}
R.Q.	7,27**	2,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	0,96	3,56	3,63
N	0,79	3,93	5,57

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 18: Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (julho). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	NDT	CINZAS	PB
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	11,70**	22,15**	14,33**
Doses de N (N)	0,5 ^{ns}	1,48 ^{ns}	2,76 ^{ns}
SC x N	1,44 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,61 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	0,27 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,00 ^{ns}
R.Q.	1,45 ^{ns}	2,08 ^{ns}	5,44*
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	0,04 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,17 ^{ns}
R.Q.	7,95**	1,67 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	0,24 ^{ns}	1,65 ^{ns}	5,22*
R.Q.	0,30 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	3,54 ^{ns}	0,02 ^{ns}	6,49**
R.Q.	0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,21 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	1,61	13,52	15,26
N	2,47	12,27	12,26

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

As interações significativas estão desdobradas nas Figuras 8a a 8e. Pelos resultados constata-se que em cada variável analisada houve comportamento diferenciado entre os sistemas consorciados.

O cultivo do *P. maximum* proporcionou maior teor de matéria seca quando comparado com a *B. brizantha*, sendo que no caso da consorciação efetuada por ocasião da adubação de cobertura a resposta à adubação nitrogenada ocorreu de forma linear (Figura 8a). Já na consorciação simultânea com o milho na semeadura, no *P. maximum* houve diminuição no teor de matéria seca até a dose de nitrogênio de 60 kg ha⁻¹, e aumento até a maior dose. Esse resultado sugere a hipótese de que, nos consórcios efetuados na semeadura, a ausência de resposta na produtividade de matéria seca em função da adubação nitrogenada em cobertura pode ser devido ao grande acúmulo de matéria seca que ainda permaneceu após o manejo mecânico realizado após a colheita de grãos, impedindo o desenvolvimento de novas estruturas vegetativas (Tabela 7). Entretanto, com touceiras bem desenvolvidas, o que implica na afirmação de que, fisiologicamente, esta espécie se encontra em estágio de desenvolvimento avançado e, para que pudesse ocorrer aumento significativo de produção de matéria seca, as doses de nitrogênio deveriam ser superiores a 60 kg ha⁻¹.

A maturidade fisiológica entre as espécies forrageiras fica evidente ao observar a Figura 6a. O cultivo do Marandu consorciada com o milho na adubação de cobertura apresentou aumento de produtividade de matéria seca e proporcionou diminuição no teor de FDN (Figura 8b).

Pelo fato desse sistema de cultivo consorciado apresentar menor desenvolvimento vegetativo do Marandu até esta avaliação, pode-se inferir que, nesse caso, as estruturas vegetativas que sobraram do manejo mecânico estão sendo responsáveis pela formação de novos perfilhos e folhas, induzidas pelo aumento das doses de nitrogênio, principalmente, na dose de 120 kg ha⁻¹.

Na Figura 8c pode-se observar que os maiores teores de FDA estão concentrados nos sistemas de cultivo consorciados simultaneamente à semeadura, nas duas espécies forrageiras, porém com comportamentos diferentes. No caso do Marandu, houve diminuição no teor de FDA até a dose de 60 kg ha⁻¹, porém, constatou-se aumento na maior dose, resultado este atribuído ao intenso desenvolvimento nessa dose de nitrogênio em relação às demais doses, principalmente pelo tempo transcorrido entre a adubação de cobertura e a amostragem (58 dias). A adubação nitrogenada estimula o desenvolvimento de estruturas vegetativas, como novos perfilhos e folhas, daí sua importância no manejo sustentável da pastagem. Porém, há um aspecto a ser levado em consideração, em que mesmo tendo idades

cronologicamente semelhantes, o aumento da adubação nitrogenada pode tornar as plantas, quando submetidas a doses altas de nitrogênio, fisiologicamente com idade mais avançada, culminando com o aumento na concentração de alguns componentes, como a celulose e a lignina, que aumentam a espessura da parede celular, implicando em aumento na concentração de fibras nestas plantas. A mesma inferência pode ser utilizada para o *P. maximum*, porém, nessa espécie, o efeito torna-se mais pronunciado, uma vez que o aumento nas doses de nitrogênio implicou no aumento no teor de FDA.

O aumento nos teores de FDA das forrageiras, quando consorciadas com o milho simultaneamente na semeadura, implicou na diminuição no teor de NDT (Figura 8d), principalmente na dose de 120 kg ha⁻¹. Porém, para o Marandu consorciada na semeadura, houve aumento no teor de NDT até a dose estimada de 58 kg ha⁻¹.

É importante ressaltar que, no consórcio simultâneo à semeadura, houve menor teor de FDA (Figura 8c), podendo-se inferir que, mesmo a adubação nitrogenada sendo efetuada em época não adequada ao pleno desenvolvimento da forrageira, a planta apresenta formação de novas estruturas vegetativas. A mesma inferência pode ser feita para o Mombaça, onde houve diminuição linear de NDT com o aumento nas doses de N. Nesse caso, em virtude do diferente hábito de crescimento durante o período de consorciação com o milho, a planta apresentou maior desenvolvimento vegetativo em comparação com o Marandu.

Pela Figura 8e pode-se observar que houve aumento linear no teor de PB somente para o *P. maximum* independente da época de consorciação com a cultura do milho. O aumento teor de PB foi constatado na consorciação efetuada por ocasião da adubação de cobertura, porém, no caso do consórcio da semeadura, mesmo tendo aumento linear de FDA e diminuição de NDT, no *P. maximum* consorciado na semeadura houve aumento linear com o aumento das doses de N. Este resultado pode ser decorrente do efeito diluição, ou seja, a forrageira, quando consorciada em cobertura, apresenta menor desenvolvimento vegetativo, assim, concentra mais proteínas por quilograma de matéria seca em comparação às plantas consorciadas simultaneamente à semeadura.

No caso do Marandu semeada em cobertura, o que pode ter ocorrido para a diminuição no teor de PB a partir da dose de 50 kg ha⁻¹ pode estar relacionado à translocação de proteínas para a formação de novos perfilhos e folhas para as estruturas de crescimento da planta (parte inferior) e que, de acordo com a metodologia empregada no

presente experimento, não foi colhida. Nesse sistema constatou-se menor concentração de FDN, indicando que, nesta avaliação, foram coletadas estruturas fisiologicamente muito jovens e que, em virtude das adversidades climáticas para seu desenvolvimento, a forrageira ainda apresentou maior translocação de proteínas para regiões responsáveis pelo crescimento.

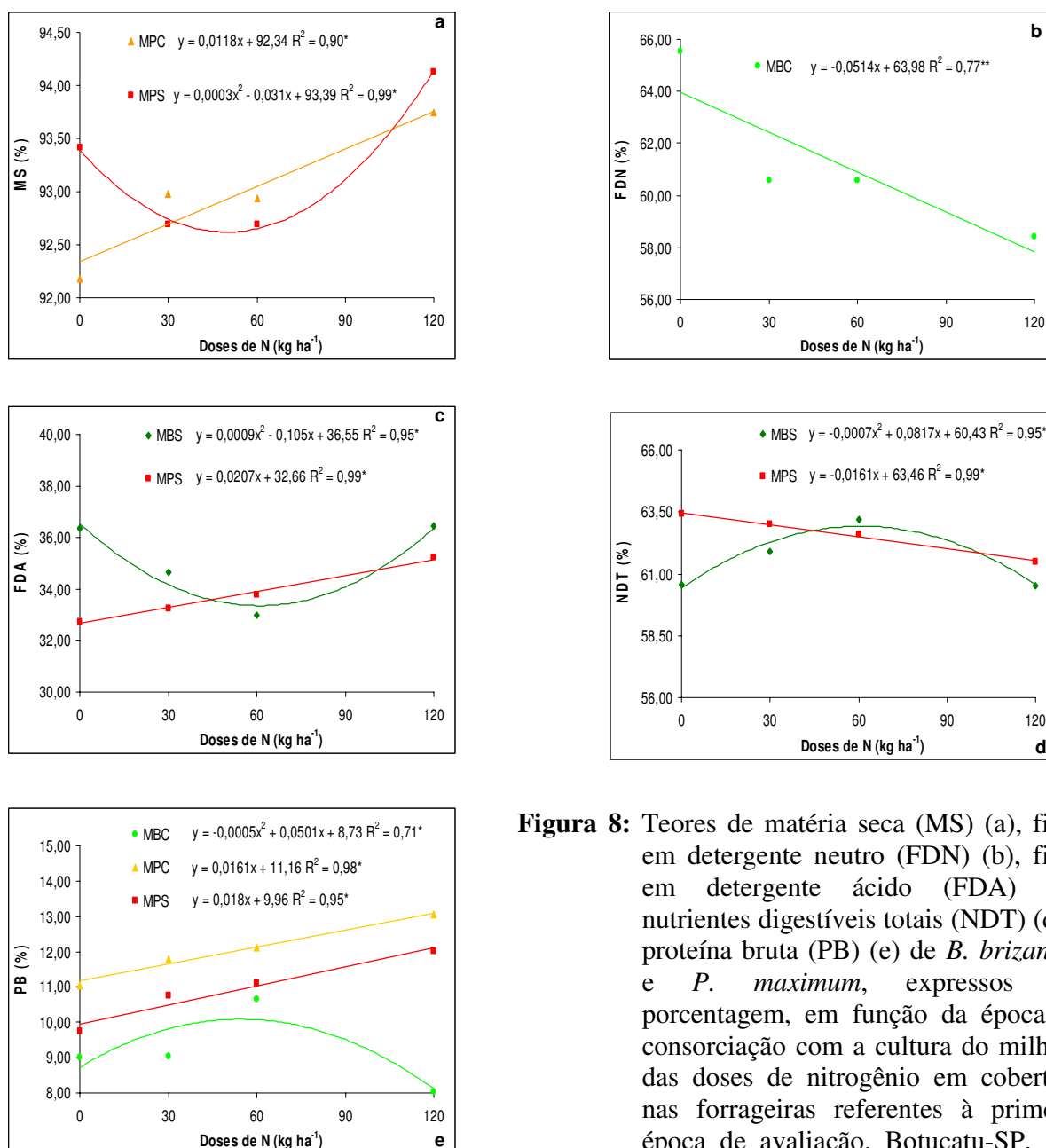


Figura 8: Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente neutro (FDN) (b), fibra em detergente ácido (FDA) (c), nutrientes digestíveis totais (NDT) (d) e proteína bruta (PB) (e) de *B. brizantha* e *P. maximum*, expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à primeira época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

Nas Tabelas 19 e 20 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as variáveis teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) referentes à segunda época de amostragem, efetuada 131 dias após a colheita do milho para grãos. Os desdobramentos das interações significativas encontram-se nas Figuras 9a a 9d. Constata-se que em cada variável analisada houve comportamento diferenciado entre os sistemas de consorciação.

Nesta época de amostragem, efetuada no mês de setembro de 2006, pode-se observar que somente os cultivos consorciados por ocasião da adubação de cobertura proporcionaram efeitos significativos no teor de matéria seca das forrageiras (Figura 9a). No caso do Marandu, o aumento no teor ocorreu de forma linear com a fertilização nitrogenada, e para o Mombaça o aumento ocorreu até a dose calculada de 68 kg ha^{-1} . A partir desses resultados constata-se que, apesar da diminuição na quantidade de radiação incidente e da temperatura no período de outono-inverno, as forrageiras culminaram em menor desenvolvimento vegetativo, aumentando a concentração de matéria seca ao longo do tempo. Isto pode ser decorrente também em relação à primeira amostragem, efetuada em julho de 2006, da perda de uma quantidade muito menor de parte aérea por ocasião da amostragem em virtude de seu crescimento, acarretando concentração maior de matéria seca, quando comparado aos consórcios efetuados simultaneamente à sementeira.

No caso dos sistemas de cultivo consorciados na sementeira, houve aumento no teor de FDN nas duas espécies em função da aplicação de nitrogênio (Figura 9b). Para o *P. maximum* o aumento foi mais expressivo, ocorrendo de forma linear, e no Marandu somente na dose de 120 kg ha^{-1} houve maior teor de FDN. Estes maiores teores na dose mais elevada sugerem que, para o *P. maximum*, as plantas encontram-se fisiologicamente mais desenvolvidas, quando comparadas com as plantas estabelecidas sob as menores doses de nitrogênio. Desta forma, o aumento na dose de fertilizante nitrogenado não aumenta de forma linear a produtividade de matéria seca e proporciona forragem de melhor qualidade.

Para a *B. brizantha* pode-se verificar na Figura 9b que até a dose de 60 kg ha^{-1} houve diminuição no teor de FDN em relação ao tratamento testemunha, podendo-se então inferir que o manejo de corte das forrageiras sem remoção do material adotado logo após a primeira avaliação permitiu a formação de novos perfilhos e folhas, fisiologicamente

mais jovens quando comparados ao tratamento testemunha e na maior dose de nitrogênio, embora a produtividade de matéria seca nesse sistema não foi significativa.

Tabela 19: Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (setembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	MS	FDN	FDA
-----Valores de F -----			
Sistemas de cultivo (SC)	20,29**	4,91*	4,78**
Doses de N (N)	3,33*	9,20**	0,19 ^{ns}
SC x N	1,19 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,95 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R. L.	4,61*	0,95 ^{ns}	2,51 ^{ns}
R. Q.	0,83 ^{ns}	1,49 ^{ns}	3,24
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R. L.	1,39 ^{ns}	2,99 ^{ns}	0,69 ^{ns}
R. Q.	1,60 ^{ns}	12,36**	3,41 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R. L.	0,44 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,28 ^{ns}
R. Q.	4,38*	2,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R. L.	1,60 ^{ns}	19,65**	0,99 ^{ns}
R. Q.	1,20 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,38 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	1,67	4,99	5,16
N	2,41	5,02	5,62

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 20: Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de matéria seca (MS) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (setembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	NDT	CINZAS	PB
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	4,43*	2,06 ^{ns}	1,07 ^{ns}
Doses de N (N)	0,15 ^{ns}	0,19 ^{ns}	3,41*
SC x N	1,93 ^{ns}	3,75*	1,38 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R. L.	2,48 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,27 ^{ns}
R. Q.	3,20 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R. L.	0,68 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,32 ^{ns}
R. Q.	3,38 ^{ns}	16,33**	6,94**
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R. L.	0,28 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,79 ^{ns}
R. Q.	0,03 ^{ns}	7,33**	4,02**
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R. L.	0,03 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,69 ^{ns}
R. Q.	0,12 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,46 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	2,09	7,17	7,93
N	2,24	8,62	6,80

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

De acordo com Portes et al. (2003), após o manejo de cortes mecânicos, pode ocorrer grande eliminação das folhas, sobrando grande volume de colmos. Nos 20 a 50 dias após o manejo, pode ocorrer aparente paralisação no crescimento do Marandu, durante a qual poderia estar ocorrendo realocação de fotoassimilados dos colmos para a formação de novos perfilhos e folhas, além de um novo sistema radicular, mais volumoso e eficiente na absorção de nutrientes, pois as condições de fertilidade do solo e da adubação de cobertura, proporcionaram recuperação da parte aérea da forrageira.

Borghì (2004) relatou que, embora os resultados nas modalidades de consorciação empregadas em seu experimento demonstraram diferenças na produtividade de matéria seca da *B. brizantha*, o acúmulo de matéria seca durante os meses considerados críticos para seu desenvolvimento possibilitaram a conclusão que o cultivo consorciado de milho com forrageiras em especial o Marandu pode ser efetuado sem comprometimento para ambas as espécies.

Na Figura 9c constata-se que na Marandu semeada simultaneamente com o milho houve aumento no teor de cinzas até dose estimada de nitrogênio de 60 kg ha⁻¹. Nessa dose, o Mombaça consorciado por ocasião da adubação de cobertura do milho houve diminuição desta variável, o que pode estar relacionado ao efeito diluição - concentração em decorrência do aumento na produtividade de matéria seca nesta espécie.

Com relação ao teor de PB nas forragens, somente no cultivo do Marandu consorciada com milho na semeadura houve resposta quadrática inversa à adubação nitrogenada (Figura 9d). Porém, ressalta-se que na maior dose de nitrogênio em cobertura, o valor de PB foi semelhante ao tratamento com ausência de adubação nitrogenada. Nas doses de 30 e 60 kg ha⁻¹ houve diminuição de PB porque as plantas submetidas a estas doses, apresentaram-se fisiologicamente menos desenvolvidas em relação às plantas adubadas com 120 kg ha⁻¹ e, nesse caso, pode ter ocorrido translocação de proteínas para as gemas localizadas na touceira para ainda promover formação de estruturas vegetativas. Borghì (2004) encontrou resultados de PB semelhantes aos deste experimento, na mesma época de avaliação.

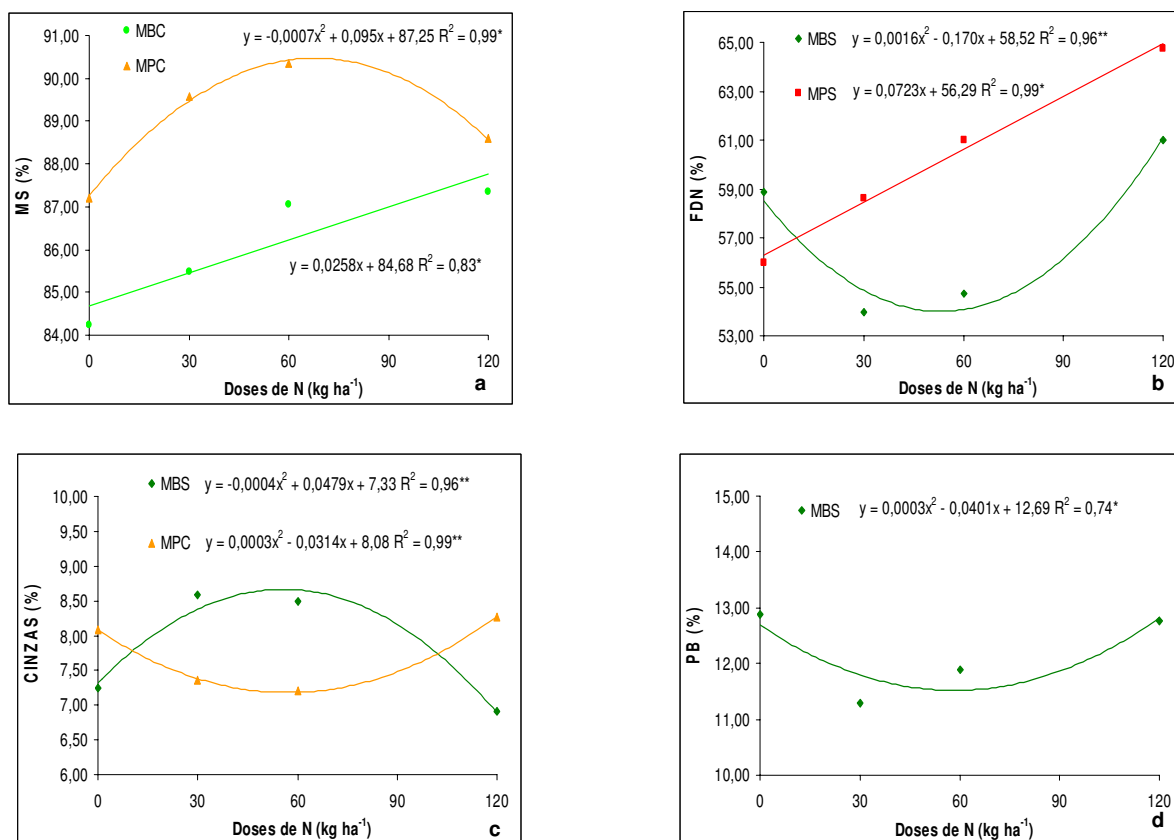


Figura 9: Teores de matéria seca (MS) (a), fibra em detergente neutro (FDN) (b), cinzas (c) e proteína bruta (PB) (d) de *B. brizantha* e *P. maximum*, expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à segunda época de avaliação. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura ; MPS – Milho + *P. maximum* na semeadura.

Nas Tabelas 21 e 22 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as variáveis teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) referentes à terceira época de amostragem simulando o pastejo, efetuada 171 dias após a colheita do milho para grãos.

Tabela 21: Valores de F e nível de significância referentes aos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	MS	FDN	FDA
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	4,27*	6,09*	2,25 ^{ns}
Doses de N (N)	2,71 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,68 ^{ns}
SC x N	0,62 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,81 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R. L.	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,38 ^{ns}
R. Q.	0,92 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R. L.	0,25 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}
R. Q.	0,24 ^{ns}	3,25 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R. L.	0,66 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,10 ^{ns}
R. Q.	0,13 ^{ns}	9,27**	0,10 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R. L.	0,66 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,46 ^{ns}
R. Q.	1,02 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,14 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	0,70	3,91	10,15
N	1,49	3,56	8,12

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 22: Valores de F e nível de significância referentes aos teores nutrientes digestíveis totais (NDT), cinzas e proteína bruta (PB) de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* relacionada a épocas de corte após a colheita de grãos do milho, em função dos sistemas de consorciação e das doses de adubação nitrogenada em cobertura (novembro). Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	NDT	CINZAS	PB
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	2,25 ^{ns}	4,53*	1,25 ^{ns}
Doses de N (N)	0,68 ^{ns}	0,49 ^{ns}	4,84**
SC x N	0,81 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,32 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R. L.	1,39 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,47 ^{ns}
R. Q.	0,99 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R. L.	0,03 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,59 ^{ns}
R. Q.	0,33 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R. L.	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,98 ^{ns}
R. Q.	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R. L.	0,46 ^{ns}	0,16 ^{ns}	12,77**
R. Q.	1,14 ^{ns}	1,63 ^{ns}	4,23*
-----CV (%)-----			
SC	3,97	11,24	14,11
N	3,18	15,23	8,92

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Decorridos 40 dias da segunda época de amostragem, correspondendo a 164 dias após a fertilização nitrogenada, verifica-se que somente os sistemas de cultivo

consorciado com *P. maximum* foram influenciados pela adubação com nitrogênio (Tabelas 21 e 22). Em relação ao teor de FDN, constata-se que no cultivo da forrageira com o milho por ocasião da adubação de cobertura houve diminuição nesse teor com o aumento das doses de nitrogênio em relação ao tratamento testemunha, mesmo decorridos 164 dias após a fertilização nitrogenada. Isto indica que, ao optar por realizar a semeadura do *P. maximum* na adubação de cobertura do milho, a pastagem pôde ser utilizada apenas nessa época, pois apresentou maior disponibilidade de forragem e com menor teor de fibra, proporcionando maior digestibilidade (Figura 10a).

No caso do cultivo consorciado do *P. maximum* semeado simultaneamente com o milho houve aumento no teor de PB com as doses de nitrogênio (Figura 10b). Nos dois sistemas de cultivo, os resultados indicam que, como esta avaliação foi realizada no mês de novembro, a elevação das temperaturas, culminando com o início do período chuvoso e aumento da intensidade luminosa estimulou o crescimento desta espécie, o que vinha ocorrendo durante as avaliações anteriores de forma mais gradativa quando comparado com o Marandu.

A partir destes resultados pode-se inferir que o sistema de cultivo consorciado do milho utilizando Mombaça como fonte de forragem para o período de outono-inverno deve ser melhor avaliado visando os objetivos propostos pela ILP, que é de fornecer forragem na época de maior escassez de alimento e ainda proporcionar cobertura morta para o SPD. Utilizando esta espécie forrageira, a pastagem somente retomará seu crescimento após o início da primavera, o que compromete sua utilização como fonte de alimento antes desse período, além de que, em virtude de seu hábito de crescimento entouceirado, dificulta o manejo para a dessecação e posterior semeadura.

Quando consorciado com o milho na semeadura, além de diminuir a produtividade de grãos, o Mombaça não responde à adubação nitrogenada feita após a colheita, aumentando o teor de fibra e com velocidade de acúmulo de massa bem menor quando comparado ao Marandu, pois as condições climáticas inerentes ao período de outono-inverno não são favoráveis ao desenvolvimento desta espécie forrageira. Somente após o início da primavera, onde ocorre o início de temperaturas mais altas durante o dia e o fotoperíodo começa a aumentar, que a planta inicia seu pleno desenvolvimento, translocando

proteínas e outros componentes por toda a planta, estimulando o perfilhamento e voltando então a expressar seu potencial produtivo.

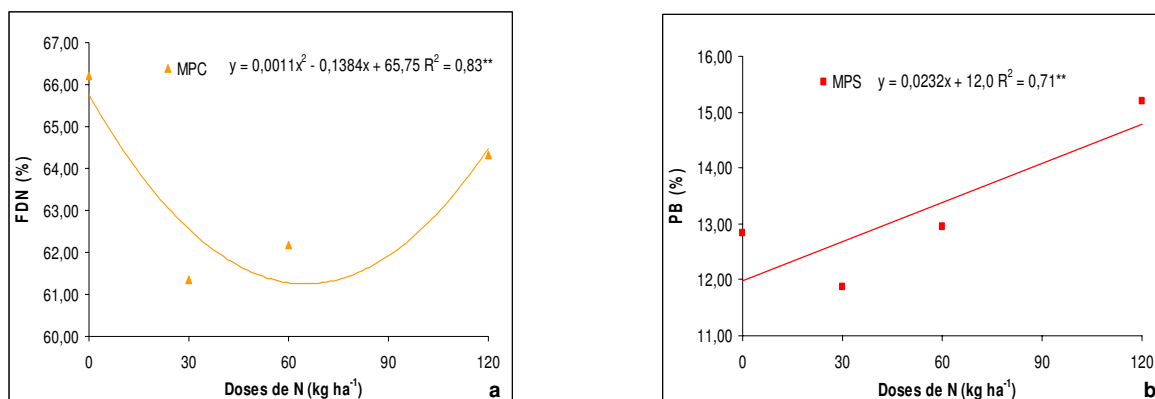


Figura 10: Teores de fibra em detergente neutro (FDN) (a) e proteína bruta (PB) (b) de *B. brizantha* e *P. maximum*, expressos em porcentagem, em função da época de consorciação com a cultura do milho e das doses de nitrogênio em cobertura nas forrageiras referentes à terceira época de avaliação. Botucatu-SP, 2006.
MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura ; MPS – Milho + *P. maximum* na semeadura.

6.2.2.3. Estimativa do acúmulo de nitrogênio e de recuperação do N derivado do amônio do nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela parte aérea do capim Marandu após a colheita da cultura do milho

Na Tabela 23 encontram-se os valores médios de produtividade de matéria seca (MS), quantidade de N na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF), expressos em kg ha^{-1} e eficiência de utilização do fertilizante (EUF), expresso em porcentagem para a *B. brizantha* adubada com nitrato de amônio enriquecido ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) após a colheita do milho para grãos, nos três períodos de amostragem efetuados no ano agrícola 2004/05. Constatou-se que, na primeira avaliação, efetuada 50 dias após a fertilização nitrogenada, somente o sistema de cultivo consorciado simultaneamente à semeadura proporcionou valores de QNPPF e EUF. Isto ocorreu porque somente nesse tratamento o Marandu apresentava o porte mínimo de 50 cm de altura, adotado como referência para as avaliações de matéria seca da forrageira, em virtude de seu maior tempo de estabelecimento e, conseqüentemente, maior aproveitamento dos recursos proporcionados por esse sistema de cultivo. Na avaliação efetuada aos 160 dias após a fertilização (DAF), a interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio foi significativa, onde o consórcio do milho com *B. brizantha* simultaneamente à semeadura proporcionou maior QNPPF e menor EUF, não sendo verificado o mesmo efeito na avaliação aos 198 DAF, onde o consórcio efetuado por ocasião da adubação de cobertura apresentou maiores valores de QNPPF e também de EUF.

As doses de nitrogênio também influenciaram os valores médios de QNPPF e EUF ao longo dos períodos de amostragem, sendo que, exceto na primeira avaliação (50 DAF) a dose de nitrogênio de 120 kg ha^{-1} em cobertura no Marandu proporcionou maior QNPPF em relação às doses de 30 e 60 kg ha^{-1} . Porém, em relação à recuperação de nitrogênio pela planta, que leva em consideração a quantidade do nutriente absorvida em relação à dose inicialmente aplicada, os resultados demonstram que na menor dose (30 kg ha^{-1}) ocorre maior eficiência, principalmente aos 160 DAF, recuperando 47% de todo o nitrogênio aplicado após a colheita do milho, demonstrando que na menor dose as plantas recuperam praticamente todo o nitrogênio fornecido.

Tabela 23: Produtividade de matéria seca (MS), quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) e eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUF) pela *B. brizantha* estabelecida em épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de nitrogênio aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

Sistemas de cultivo	-----50 DAF-----			-----160 DAF-----			-----198 DAF-----		
	MS	QNPPF	EUF	MS	QNPPF	EUF	MS	QNPPF	EUF
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	%
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura				2.486 b	24 b	35 b	3.804 b	27 a	40 a
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	648	6	11	3.310 a	28 a	54 a	4.524 a	19 b	28 b
Doses de N (kg ha ⁻¹)									
30	640 a	6 ab	19 a	2.054 b	13 c	43 a	3.427 c	14 b	47 a
60	670 a	5b	8 b	3.244 a	25 b	42 a	5.009 a	12 c	20 c
120	635 a	7a	6 b	3.398 a	39 a	32 b	4.055 b	43 a	36 b
DMS	104	0,92	3,68	179	3,35	15,67	192	1,78	3,50
CV	16,00	15,54	33,44	7,11	16,57	14,98	5,31	8,86	11,70

¹ DAF – Dias após a fertilização nitrogenada nos tratamentos.

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas (minúsculas) não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

Aos 198 DAF os valores médios indicaram maior produção de matéria seca na dose recomendada para o Marandu de acordo com Werner et al. (1996), que é de 60 kg ha⁻¹. Com isso, a planta bem estabelecida nesta avaliação, culminou com menor absorção de nitrogênio e, conseqüentemente, menor recuperação do nitrogênio do nitrato de amônio. Tal fato é decorrente do menor porte das plantas no cultivo consorciado na adubação de cobertura uma vez que, em comparação às plantas consorciadas simultaneamente na semeadura, apresentavam menor porte e com menor número de perfilhos. Assim, a relação entre a quantidade de N absorvida e translocada para as estruturas vegetativas é bem maior que uma planta com maior número de perfilhos e com a base da touceira mais desenvolvida (SCHUNKE, 2001). Desse modo, o resultado de maior eficiência no sistema de cultivo consorciado na adubação de cobertura é relevante, pois plantas com menor porte aproveitam melhor o nitrogênio fornecido, pois o número de perfilhos por planta é menor, proporcionando maior aproveitamento em detrimento de plantas fisiologicamente mais velhas, como as plantas estabelecidas simultaneamente à semeadura.

De acordo com Moraes et al. (2006), a formação de perfilhos em espécies forrageiras tropicais, em especial do gênero *Brachiaria*, está diretamente relacionada à radiação luminosa incidente nas gemas axilares e a disponibilidade de nitrogênio. Segundo os autores, seu suprimento eleva o número de perfilhos por planta, sendo este um sinal para a ativação das gemas e para produção de novos perfilhos. A qualidade da luz também é influenciada pela época do ano, que promove diferenças na densidade populacional de perfilhos nos períodos do ano (SANTOS et al., 1999; CARVALHO et al., 2000; UEBELE, 2002; FAGUNDES et al., 2005). De fato, a menor intensidade de radiação e a reduzida relação dos comprimentos de onda vermelho/vermelho extremo inibem o perfilhamento (DEREGIBUS et al., 1983) proporcionando balanço negativo de energia, ocorrendo redução do número de perfilhos, resultado da competição por luz. De acordo com as informações sobre radiação luminosa (Figura 2), grande parte do crescimento destas forrageiras pode ter sido inibido pela redução da radiação luminosa proporcionado pelo período de outono-inverno.

A interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio referente aos valores de produção de matéria seca de *B. brizantha* estão demonstrados na Tabela 24. Observa-se que, na primeira época de avaliação, não houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio, tendo em vista que são necessários aproximadamente 70 dias de intervalo

entre o manejo destas espécies e a rebrota da forrageira para ser fornecida como forragem, quando semeada em consórcio com culturas graníferas (PORTES et al., 2003). Ao analisar o desdobramento de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio constata-se que nas demais épocas de avaliação o cultivo do Marandu semeada simultaneamente com o milho proporcionou maior produtividade de matéria seca em relação ao consórcio efetuado por ocasião da adubação de cobertura. Isto decorre do maior tempo de estabelecimento da forrageira, propiciando maior acúmulo de matéria seca, evidenciando assim as diferenças entre as épocas analisadas, independentemente da dose de nitrogênio aplicada (Tabela 24). Na interação entre doses de nitrogênio e sistemas de cultivo observou-se que, aos 160 DAF, na dose de 30 kg ha⁻¹ proporcionou os menores valores de matéria seca nos dois sistemas de cultivo analisados. Essas diferenças se mantiveram na última avaliação (198 DAF), tendo a dose de 60 kg ha⁻¹ de N a maior produtividade de matéria seca.

A interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio referente aos valores de QNPPF na *B. brizantha* ao longo do período de amostragem da forrageira para produção de matéria seca está demonstrada na Tabela 25. Na interação entre doses de nitrogênio e sistemas de cultivo, nas três épocas de amostragem, a dose de 120 kg ha⁻¹ proporcionou a maior concentração de nitrogênio na forrageira, demonstrando capacidade em responder ao aumento do elemento via adubação.

Com relação à interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio, verificaram-se diferenças significativas entre os sistemas de cultivo consorciado nas doses de 60 kg ha⁻¹ aos 160 e 120 kg ha⁻¹ aos 198 DAF, fato este relacionado à maior produtividade de matéria seca nessa dose. O cultivo simultâneo de milho com Marandu proporcionou, nesta dose, maior QNPPF nestas épocas de avaliação, sendo que maiores valores foram observados aos 160 DAF. Decorridos 198 dias da fertilização constatou-se que nas doses de nitrogênio de 30 e 120 kg ha⁻¹ o consórcio por ocasião da adubação de cobertura houve maior QNPPF, provavelmente pelo maior desenvolvimento vegetativo da forrageira nesse sistema pela retomada das condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento.

Tabela 24: Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio e sistemas de cultivo referente aos valores de produtividade de matéria seca da *B. brizantha* estabelecida em épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de nitrogênio aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

Sistemas de cultivo	30	60	120
	N (kg ha ⁻¹)		
	50 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	647 A	670 A	635 A
DMS	179		
	160 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1.867 bB	2.690 bA	2.902 bA
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	2.240 aC	4.107 aA	3.585 aB
DMS	310		
	198 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	3.217 bC	4.359 bA	3.837 bB
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	3.638 aC	5.660 aA	4.273 aB
DMS	333		

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas), em cada época, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

Com maior QNPPF em função das doses de nitrogênio e dos sistemas de cultivo, a mesma explicação pode ser extrapolada para as interações entre as variáveis para a eficiência do fertilizante nitrogenado (Tabela 26).

Pelos resultados de QNPPF e EUF nas épocas de avaliação pode-se inferir que o máximo acumulado de nitrogênio pela Marandu consorciada simultaneamente à semeadura ocorreu aos 160 dias da fertilização nitrogenada e que, para o consórcio efetuado na adubação de cobertura, tal efeito foi verificado aos 198 dias após a fertilização. Isto porque na consorciação efetuada na semeadura houve maior tempo para o crescimento do Marandu

em comparação ao consórcio na adubação de cobertura mesmo quando ainda consorciado com o milho.

Tabela 25: Desdobramento da interação entre doses de nitrogênio e sistemas de cultivo referentes aos valores de quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela *B. brizantha* estabelecida em épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de nitrogênio aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

Sistemas de cultivo	30	60	120
	N (kg ha ⁻¹)		
	50 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	5,63 AB	5,01 B	7,10 A
DMS		1,59	
	160 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	11,63 aC	20,13 bB	39,41 aA
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	13,89 aC	30,72 aB	38,31 aA
DMS		5,79	
	198 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	18,46 aB	9,69 bC	52,28 aA
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	9,90 bC	13,96 aB	34,32 bA
DMS		3,08	

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas), em cada época, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

Constatou-se ainda que houve maior eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado aos 160 dias após a fertilização nitrogenada, onde o Marandu recuperou mais de 60% do nitrogênio aplicado após a colheita do milho, demonstrando que nesta época houve maior resposta da forrageira às doses de nitrogênio aplicada no início do

outono (Tabela 26). Tal fato foi decorrente do aumento da radiação solar e da melhor formação e estabelecimento dos perfilhos após o corte mecânico nas avaliações, mesmo sem remoção do material ceifado. Nas menores doses de nitrogênio constatou-se o maior EUF, destacando o fato de que, em virtude do menor número de perfilhos por planta, o Marandu consorciado na adubação de cobertura redistribuiu para um número menor de estruturas vegetativas do que a forrageira semeada simultaneamente com o milho, esta com maior número de perfilhos e de folhas. Tal desenvolvimento é convencionalmente conhecido em nutrição de plantas como “efeito de diluição” (MALAVOLTA et al., 1997). De acordo com Schunke (2001), plantas que apresentam porte mais vigoroso, caracterizada pela maior quantidade de perfilhos e folhas, têm baixa concentração de nitrogênio em seus tecidos e, como consequência, os restos de palha depositados sobre o solo mostram um padrão de imobilização de nitrogênio em seus tecidos durante a decomposição desta planta quando manejada. No caso de espécies como a *B. brizantha*, de hábito de crescimento cespitoso, a diluição de nitrogênio nos tecidos nas plantas que culminaram com maior produtividade de matéria seca podem ter comprometido a absorção de nitrogênio (^{15}N) pela forrageira ao longo do período de crescimento, redistribuindo para outras partes não colhidas, como touceira e sistema radicular (OLIVEIRA, 2001).

Analisando todos os resultados conjuntamente, o menor QNPPF e, por conseguinte, menor EUF do Marandu na dose de nitrogênio de 60 kg ha^{-1} podem ser relacionados com a maior produtividade de matéria seca. De acordo com Lemaire (2001), plantas com alta produtividade de matéria seca em função das doses de nitrogênio podem tornar-se fisiologicamente mais velhas. Assim, mesmo com o corte a 25 cm de altura, estimulando a formação de perfilhos e folhas, houve menor recuperação de nitrogênio.

É importante considerar que estes resultados referem-se aos 25 cm do topo superior do Marandu, e não da planta toda. Trabalhos na literatura ressaltam que o aumento nas doses de nitrogênio em cobertura aumentam linearmente a produtividade de matéria seca das forrageiras, porém, tais resultados são quantificados na época das águas e com semeadura dessas espécies não são realizadas em cultivo consorciado. Tais inferências podem subestimar o potencial produtivo destas espécies quando estabelecidas em cultivo consorciado. Borghi (2004) e Tsumanuma et al. (2004), trabalhando com cultivo consorciado de milho com *B. brizantha*, encontraram produtividades de matéria seca semelhantes aos

obtidos nesse experimento, sem aplicação de doses de nitrogênio em cobertura para a forrageira e colhendo toda a parte aérea.

Tabela 26: Desdobramento da interação entre doses de N e sistemas de cultivo referentes aos valores de eficiência de utilização do fertilizante (EUF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) pela *B. brizantha* estabelecida em épocas de consorciação com o milho e submetida a doses de N aplicadas após a colheita de grãos, em três épocas de amostragem. Botucatu-SP, ano agrícola 2004/05.

Sistemas de cultivo	30	60	120
	N (kg ha ⁻¹)		
	50 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	18,79 A	8,36 B	5,91 B
DMS	6,37		
	160 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	40,05 aA	33,54 bA	38,31 aA
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	46,31 aA	51,20 aA	31,92 aB
DMS	9,82		
	198 DAF		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	61,55 aA	16,15 bC	43,56 aB
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	33,00 bA	23,27 aB	28,60 bAB
DMS	6,06		

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas), em cada época, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

De acordo com os valores obtidos, percebe-se uma relação entre produção de matéria seca e dose de nitrogênio aplicada. Quanto maior a relação, menor a quantidade de N absorvida pela planta, porém, maior será a eficiência na recuperação do fertilizante, pois serão menos estruturas a receber este nitrogênio. Se ocorrer o inverso, maior a produtividade de matéria seca e, desta maneira, menor a recuperação de nitrogênio pelo

fertilizante pelas plantas estabelecidas nessa dose, resultado este já esperado pela parte das plantas colhidas para avaliação, muito embora esperava-se comportamento diferente da forrageira em decorrência de seu estabelecimento em consórcio com o milho.

Na dose de nitrogênio de 30 kg ha⁻¹ houve menor produção de matéria seca. Com isso, o menor desenvolvimento da forrageira quando submetida a essas doses proporcionaram maiores recuperações de nitrogênio do fertilizante, uma vez que estes resultados levam em consideração a produção de matéria seca em função da dose do nutriente fornecida. Com o dobro da dose preconizada (120 kg ha⁻¹) há maior disponibilidade de nitrogênio para o Marandu, porém, este deve estar concentrado nas partes não colhidas da planta como a região basal da planta (OLIVEIRA et al., 2003a).

Pelos resultados encontrados ao longo dos períodos de amostragem e nas situações avaliadas para a consorciação do Marandu e o fornecimento de nitrogênio após a colheita da cultura produtora de grãos, o período de estabelecimento da forrageira em função da época de semeadura determina a eficiência na absorção de nitrogênio pelo Marandu. Em cultivo simultâneo com o milho, a forrageira teve maior desenvolvimento vegetativo e, mesmo após grande perda de estruturas vegetativas por ocasião da colheita mecanizada, sempre obteve maior produção de matéria seca, por haver maior número de estruturas vegetativas que propiciaram desenvolvimento mais rápido após cada manejo. Porém, tais efeitos são pronunciados até determinado tempo de fertilização, uma vez que processos como mineralização e imobilização de nitrogênio pelo material depositado na superfície do solo comprometem a eficiência na absorção e recuperação de nitrogênio pela planta.

Na dose recomendada por Werner et al. (1996) para essa espécie, há maior absorção de nitrogênio e conseqüentemente atingindo teto de produtividade por razão das condições climáticas para seu desenvolvimento. Por haver maior competição com a cultura do milho para seu estabelecimento e desenvolvimento vegetativo, o cultivo consorciado na adubação de cobertura apresentará maior tempo para expressão de potencial de produtividade de matéria seca. Porém, as doses tratando-se de cultivos consorciado com adubação nitrogenada após o manejo do Marandu e submetido a manejo a 25 cm de altura, deve ser levado em consideração a relação produtividade de matéria seca em relação à dose de nitrogênio aplicada. Comparando-se com a menor dose, houve maior produção de matéria

seca, assim, a relação matéria seca / quantidade de nitrogênio absorvido é menor, explicando os resultados de menor recuperação com o aumento das doses de nitrogênio.

Mesmo assim, houve maior acúmulo de nitrogênio na parte superior do Marandu ao longo dos períodos de amostragem, demonstrando que, mesmo submetida ao manejo mecânico até 25 cm de altura, houve produção de novos perfilhos e que os 25 cm restantes foram capazes de translocar todo o nitrogênio necessário para a formação de novas estruturas. Além das diferenças na absorção nas duas formas disponíveis de nitrogênio em virtude do fertilizante nitrogenado utilizado (nitrato e amônio) na dose de 60 kg ha⁻¹ pode ter havido maior absorção de nitrato e, como somente o amônio estava marcado isotopicamente, nesta dose a planta respondeu menos à aplicação de nitrogênio, acumulando maior NO₃⁻ em seus tecidos mais velhos, concentrando menos nitrogênio na parte aérea colhida. Oliveira et al. (2003a, 2003b) constataram que maiores recuperações de nitrogênio estão presentes na coroa e no sistema radicular do Marandu quando adubada com uréia, sendo que tais resultados correlacionam-se positivamente com a produção de matéria seca da parte aérea, promovendo a produtividade em função das doses aplicadas.

Correlacionando os resultados de produtividade de matéria seca e de valor nutritivo, pode-se observar que houve aumento da disponibilidade de nitrogênio, porém, com menor conteúdo de matéria seca no sistema de cultivo do Marandu consorciada na adubação de cobertura (Tabela 23) de tal forma que, estes resultados demonstraram que o aumento na concentração de nitrogênio nos 25 cm superiores do Marandu não estão correlacionados com aumento na produtividade de matéria seca, mas sim com a alocação de compostos nitrogenados nesses perfilhos formados posteriormente ao manejo mecânico realizado ao fim de cada época de amostragem.

Mesmo sob condições adversas ao seu desenvolvimento, como menor radiação e temperatura, as forrageiras proporcionaram acúmulo de nitrogênio ao longo do período de outono-inverno. Tal fato pode ser decorrente de que, em virtude do maior acúmulo de nitrogênio em estruturas não colhidas nesta avaliação, pode ter ocorrido maior translocação do nutriente da parte basal da touceira (OLIVEIRA et al., 2003a), proporcionando maior quantidade de perfilhos após os períodos de avaliação (MORAIS et al., 2006), estimulado pelo maior fornecimento de N na maior dose.

De acordo com Campos (2004), gramíneas forrageiras respondem linearmente ao nitrogênio aplicado até doses de 400 – 500 kg ha⁻¹. Porém, nestas condições, ao utilizar doses maiores que as recomendadas pode ocasionar acumulação de nitrato na planta. Para o Estado de São Paulo, a dose indicada para o Marandu é de 60 kg ha⁻¹ evidenciando que, muito mais importante que a dose a ser aplicada, a fonte de N para a espécie pode ser fator limitante, dada a época de aplicação do fertilizante. A planta, menos desenvolvida em virtude da competitividade exercida pelo consórcio com o milho, concentra mais nitrogênio em seus tecidos pela menor quantidade de perfilhos, diminuindo o efeito diluição na planta.

Por haver menor perda de estrutura vegetativa com a passagem da colhedora, em virtude de sua maior competitividade com o milho, o Marandu estabelecida por ocasião da adubação de cobertura pode ter proporcionado maior absorção tanto do nitrato como do amônio oriundos da fertilização após a colheita, uma vez que seu sistema radicular já desenvolvido proporciona maior absorção, culminando com respostas mais rápidas ao nitrogênio.

Pelos resultados de Oliveira et al. (2003) maiores quantidades de nitrogênio oriundos da uréia permanecem na camada superficial do solo. Assim, um sistema radicular concentrado nessa camada de solo terá maior capacidade de absorção e acúmulo de nitrogênio em suas estruturas vegetativas e que, à medida que a planta vai sofrendo pastejo ou cortes sucessivos, esse nitrogênio acumulado na liteira possa ser translocado para as gemas para a formação de novos perfilhos (Oliveira, 2001). O menor sombreamento proporcionado pelo menor número de perfilhos nesse sistema de cultivo consorciado também pode ter acarretado maior eficiência na absorção e recuperação do nitrogênio advindo do fertilizante.

Avaliando respostas quanto à eficiência e distribuição de nitrogênio em função de fontes aplicadas em milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis*, Lara Cabezas et al. (2007) nos estádios de duas a três folhas ou de cinco a seis folhas da cultura granífera, obtiveram respostas de QNPPF recuperado pela Marandu relativamente baixas (1,5% em média) independentemente das fontes utilizadas, sendo a maior parte recuperada pelo milho (50,8% do N total aplicado) e indicando haver diferenças na absorção de nitrogênio pelas culturas consorciadas em virtude da competição exercida pelo sistema de cultivo consorciado.

6.3. Estudo III – Produção de milho sobre palhada dos capins Marandu e Mombaça cultivados em consórcio e adubadas com nitrogênio.

6.3.1. Características agronômicas da cultura do milho

Na Tabela 27 encontram-se os valores de F e níveis de significância referentes ao estande final de plantas e índice de espigas da cultura do milho por ocasião da semeadura sobre palhada de *B. brizantha* e *P. maximum* provenientes do cultivo consorciado efetuado no ano anterior, e adubadas com nitrogênio após a colheita de grãos do ano agrícola 2004/05. Constata-se que somente a interação entre doses de nitrogênio e sistemas de cultivo foi significativa para o estande final de plantas (Tabela 27).

Desdobrando as interações sistemas de cultivo x doses de nitrogênio pode-se constatar que somente o cultivo consorciado de milho com Marandu no momento da adubação de cobertura não foi influenciado pelas doses de nitrogênio (Tabela 27). A população média foi de 57.187 plantas ha⁻¹. O sistema de cultivo que proporcionou maior estande foi o consórcio de milho com Mombaça estabelecido por ocasião da adubação de cobertura. A aplicação de nitrogênio no *P. maximum* refletiu no estande final de plantas, sendo os resultados ajustados a função quadrática com redução significativa na dose de nitrogênio de 120 kg ha⁻¹ (Figura 11). Efeito semelhante foi observado no cultivo simultâneo de milho com *B. brizantha*. O cultivo de milho sob palhada de *P. maximum* semeada simultaneamente, no ano anterior, aumentou linearmente o estande final da cultura.

Estes resultados são reflexo da produtividade de matéria seca das forrageiras nesses sistemas consorciados instalados no ano anterior (2004/05). Por meio da Figura 3d constata-se que, no somatório das épocas de amostragem das forrageiras no segundo ano de condução do experimento, os cultivos consorciados de milho semeado com *B. brizantha* simultaneamente e com *P. maximum* na adubação de cobertura proporcionaram as maiores produtividades de matéria seca, com maiores valores na dose de nitrogênio de 120 kg ha⁻¹. Dessa forma, a deposição de matéria seca sobre o solo após o manejo nesses sistemas foi maior, o que pode ter afetado o estabelecimento da cultura (germinação e emergência) do milho quando semeado em sucessão, refletindo diretamente nos resultados de estande final.

Tabela 27. Valores de F e níveis de significância referentes aos valores de estande final de plantas e índice de espigas da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu- SP, ano agrícola 2005/06.

	Estande final	Índice de espigas
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----		
Sistemas de cultivo (SC)	0,98 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Doses de N (N)	0,47 ^{ns}	0,001 ^{ns}
SC x N	0,51 ^{ns}	0,003 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura		
R.L.	0,34 ^{ns}	0,001 ^{ns}
R.Q.	0,41 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura		
R.L.	72,84**	0,001 ^{ns}
R.Q.	9,50**	0,007 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura		
R.L.	113,46**	0,0001 ^{ns}
R.Q.	53,20**	0,001 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura		
R.L.	45,05**	0,001 ^{ns}
R.Q.	0,02 ^{ns}	0,008 ^{ns}
-----CV (%)-----		
SC	2,50	9,29
N	2,38	14,45

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Trabalhando as mesmas doses de nitrogênio para o milheto semeado na primavera com finalidade de cobertura para o milho em seqüência, Rosolem et al. (2004)

concluíram que culturas que apresentam altas relações C/N, como é o caso de gramíneas tropicais, são particularmente interessantes por serem mais eficientes na recuperação de nitrogênio. Quando dessecadas, podem proporcionar maior disponibilidade de nitrogênio para o milho na época de maior exigência pela cultura produtora de grãos, mesmo que sua decomposição ocorra de forma mais lenta. Porém, a época de manejo dessas espécies de cobertura, a dose de nitrogênio a ser aplicada e condições climáticas durante o desenvolvimento das culturas podem mascarar a eficiência na recuperação de nitrogênio pelo milho, tornando-se fatores limitantes para que ocorram tais resultados (WOLSCHICK et al., 2003).

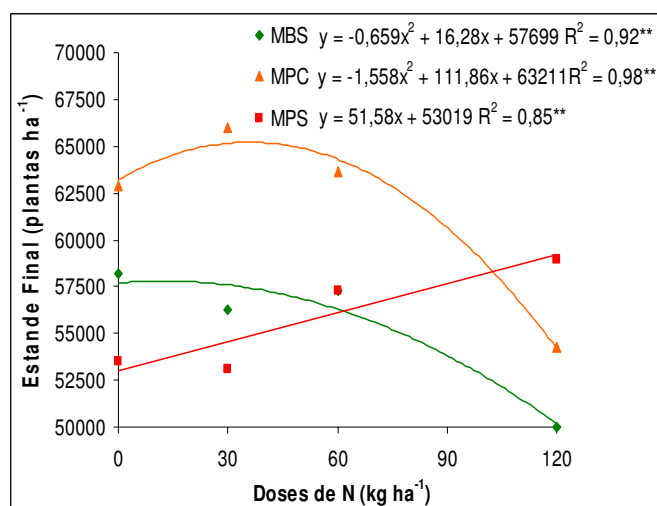


Figura 11: Estande final de plantas da cultura do milho em função da época de consorciação com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em SPD, semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior. Botucatu- SP, ano agrícola 2005/06.

MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura ; MPS – Milho + *P. maximum* na semeadura.

Na Tabela 28 encontram-se os valores de F e níveis de significâncias para as variáveis: altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo

do milho semeado sob palhada de *B. brizantha* e *P. maximum* provenientes do cultivo consorciado efetuado no ano anterior, e adubadas com nitrogênio após a colheita de grãos no ano agrícola 2004/05. Constata-se que não houve interação entre doses de nitrogênio e sistemas de cultivo nas variáveis estudadas.

Na Tabela 29 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as variáveis número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos da cultura do milho semeado sob palhada de *B. brizantha* e *P. maximum* provenientes do cultivo consorciado efetuado no ano anterior, e adubadas com nitrogênio após a colheita de grãos do ano agrícola 2004/05. Constata-se que não houve efeito dos fatores nas variáveis número de grãos por espiga e massa de 100 grãos.

Pelos resultados da interação significativa referente à produtividade de grãos (Tabela 29) pode-se verificar que cada sistema de consórcio foi influenciado de forma diferenciada pela aplicação de nitrogênio nas forrageiras no ano anterior (Figura 14). No cultivo do milho com a *B. brizantha* simultaneamente à semeadura houve redução linear da produtividade de grãos com o aumento das doses de nitrogênio. Tal resultado é reflexo do estande final de plantas e da produção de forragem ao longo do ano anterior. No caso do cultivo do milho consorciado com as forrageiras por ocasião da adubação de cobertura, houve aumento da produtividade de grãos até a dose de nitrogênio de 63 e 43 kg ha⁻¹ para Marandu e Mombaça, respectivamente. A partir dessas doses houve redução da produtividade de grãos. Salienta-se que estes resultados podem ser decorrentes das quantidades de matéria seca depositadas sobre o solo, influenciando no estande final de plantas.

Os resultados desse experimento tornam-se de extrema complexidade para explicação face ao sistema de cultivo proposto e da magnitude das transformações do nitrogênio no solo em decorrência dos processos de mineralização / imobilização. Nas doses de 60 e 120 kg ha⁻¹, as forrageiras podem estar crescendo vegetativamente, porém tornam-se fisiologicamente mais velhas. Portanto, plantas submetidas a maiores doses de nitrogênio podem estar imobilizando o elemento e, mesmo com manejo mecânico, a ação de microrganismos nesta cobertura vegetal pode não condicionar maior disponibilidade de nitrogênio para o milho quando semeado em seqüência (ROSOLEM et al., 2004; SILVA et al., 2007).

Tabela 28. Valores de F e níveis de significância referentes aos valores de altura de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo da cultura do milho consorciado em diferentes épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.

Sistemas de Cultivo	Alt. plantas	Alt. inserção	Diâmetro colmo
-----Valores de F -----			
Sistemas de cultivo (SC)	0,48 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Doses de N (N)	0,21 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,85 ^{ns}
SC x N	1,41 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,88 ^{ns}
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	0,26 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,36 ^{ns}
R.Q.	1,95 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	1,70 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,001 ^{ns}
R.Q.	0,50 ^{ns}	1,19 ^{ns}	3,01 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	0,93 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,61 ^{ns}
R.Q.	0,23 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,99 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	0,41 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,42 ^{ns}
R.Q.	0,53 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,85 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	4,38	13,55	10,19
N	2,18	13,22	4,22

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 29. Valores de F e níveis de significância referentes aos valores de número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade da cultura do milho consorciado em diferentes épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.

Sistemas de Cultivo	Grãos/Espiga	Massa 100 grãos	Produtividade
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	1,98 ^{ns}	0,66 ^{ns}	9,32**
Doses de N (N)	1,47 ^{ns}	0,31 ^{ns}	7,25**
SC x N	1,51 ^{ns}	0,47 ^{ns}	2,29**
-----Valores de F para regressão da interação SC x N-----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	0,34 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,02 ^{ns}
R.Q.	0,41 ^{ns}	0,06 ^{ns}	8,97**
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	2,84 ^{ns}	0,97 ^{ns}	12,02**
R.Q.	1,50 ^{ns}	0,04 ^{ns}	2,84 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	1,46 ^{ns}	0,26 ^{ns}	4,83*
R.Q.	1,20 ^{ns}	0,77 ^{ns}	4,49*
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	2,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,87 ^{ns}
R.Q.	0,02 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,45 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	2,50	4,72	7,91
N	2,38	4,61	8,09

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

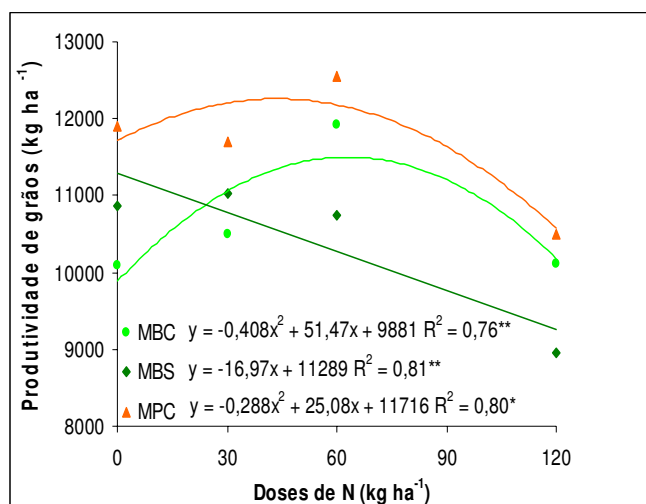


Figura 12: Produtividade de grãos da cultura do milho em função da época de consorciação com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em SPD, semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior. Botucatu- SP, ano agrícola 2005/06.

MBC – Milho + *B. brizantha* em cobertura; MBS – Milho + *B. brizantha* na semeadura; MPC – Milho + *P. maximum* em cobertura.

6.3.2. Diagnose foliar da cultura do milho

Nas Tabelas 34 e 35 encontram-se os valores de F e níveis de significância para as concentrações foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na cultura do milho semeado sobre palhada de Marandu e Mombaça provenientes do cultivo consorciado efetuado no ano anterior, e adubadas com nitrogênio após a colheita de grãos do ano agrícola 2004/05. Constatou-se que não houve efeito dos fatores e nem a interação foi significativa.

Tabela 30. Valores de F e níveis de significância referentes às concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio foliares da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.

	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	0,47 ^{ns}	3,63 ^{ns}	1,69 ^{ns}
Doses de N (N)	1,75 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,59 ^{ns}
SC x N	1,01 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,53 ^{ns}
----Valores de F para regressão da interação SC x N----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	0,08 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,21 ^{ns}
R.Q.	0,06 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	0,75 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,10 ^{ns}
R.Q.	3,51 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	0,007 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,02 ^{ns}
R.Q.	0,25 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,19 ^{ns}
R.Q.	0,001 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,41 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	10,59	7,77	13,17
N	9,04	9,03	6,40

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 31. Valores de F e níveis de significância referentes aos teores de cálcio, magnésio e enxofre foliares da cultura do milho consorciado em épocas de semeadura com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* e semeado após aplicação da adubação nitrogenada nas forrageiras no ano anterior em SPD. Botucatu - SP, ano agrícola 2005/06.

	Cálcio	Magnésio	Enxofre
-----Valores de F-----			
Sistemas de cultivo (SC)	0,95 ^{ns}	2,59 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Doses de N (N)	0,56 ^{ns}	1,62 ^{ns}	1,14 ^{ns}
SC x N	1,03 ^{ns}	2,33 ^{ns}	0,53 ^{ns}
----Valores de F para regressão da interação SC x N----			
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura			
R.L.	0,64 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,97 ^{ns}
R.Q.	0,39 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura			
R.L.	0,41 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,41 ^{ns}
R.Q.	0,009 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> em cobertura			
R.L.	1,16 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,25 ^{ns}
R.Q.	2,37 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Milho + <i>P. maximum</i> na semeadura			
R.L.	0,30 ^{ns}	3,25 ^{ns}	5,71 ^{ns}
R.Q.	0,39 ^{ns}	3,53 ^{ns}	0,41 ^{ns}
-----CV (%)-----			
SC	9,85	15,09	8,18
N	7,75	8,21	6,98

* e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Pelos valores médios pode-se verificar que somente o nitrogênio não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 30). Tal resultado era esperado, visto que nesse

sistema de cultivo a grande produtividade de matéria seca acumulada pela forrageira no período de outono-inverno na safra anterior aliada à alta relação C/N desta espécie forrageira, propiciou menor concentração foliar no milho semeado em seqüência. De acordo com Borghi e Crusciol (2007), em virtude da grande exigência por nitrogênio por ambas as espécies quando consorciadas simultaneamente, pode haver grande competição pelo elemento, muito embora os autores tenham encontrado concentrações de nitrogênio na folha de milho menores com a semeadura do segundo ano do experimento, sobre palhada de Marandu proveniente do cultivo no ano anterior. Segundo os autores, o cultivo sucessivo de gramíneas na área pode levar a uma supressão de nitrogênio ao longo do tempo, proporcionando imobilização por parte dos microrganismos.

As doses de nitrogênio para suprir a demanda pelas culturas variam em função do ambiente de cultivo e do sistema de rotação, e são maiores quando a rotação é realizada somente com gramíneas (ROSOLEM et al., 2004). Por sua vez, o cultivo consorciado com gramíneas produtoras de grãos e plantas forrageiras, no SPD, pode aumentar a quantidade de nitrogênio necessária para o adequado crescimento da cultura principal, pois, além de ocorrer imobilização por microrganismos do solo, no processo de decomposição da cobertura morta, há maior demanda pelo nutriente, quando duas espécies são cultivadas simultaneamente no mesmo ambiente (SEVERINO et al., 2006).

6.3.3. Estimativa do acúmulo de nitrogênio e de recuperação do nitrogênio derivado do amônio no nitrato de amônio ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) na cultura do milho semeado sobre palhada do capim Marandu adubado no ano anterior

Na Tabela 32 encontram-se os valores de QNPPF e EUF para o milho semeado sobre a palhada de *B. brizantha* adubada com $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$. Constatam-se baixas quantidades de QNPPF e conseqüentemente menor EUF na planta inteira e nos grãos de milho. Do nitrogênio aplicado no Marandu no ano anterior e que permaneceu em crescimento durante todo o período de outono-inverno, e posteriormente manejada para semeadura em SPD, grande parte foi recuperada pela forrageira durante seu crescimento e não disponibilizada novamente para a cultura do milho semeada em seqüência, indicando haver

provavelmente imobilização microbiana ou retenção do nitrogênio na palhada da forrageira dessecada, em razão da alta relação C/N do Marandu e do aporte de matéria seca depositada na superfície do solo após o manejo decorrido no outono-inverno. Silva et al. (2006a), ao analisarem a resposta do milho quando semeado sob coberturas vegetais adubadas com uréia enriquecida com ^{15}N , constataram baixas porcentagens de aproveitamento do nitrogênio residual pela cultura produtora de grãos. Os autores encontraram quantidades de nitrogênio na planta e no grão semelhantes aos obtidos nesse experimento (em média, inferior a 4 kg ha^{-1}), atribuindo esse efeito à quantidade de nitrogênio acumulado pelos resíduos de palha provenientes do ano anterior, além de que espécies com alta relação C/N como o milheto, pode mineralizar lentamente o nitrogênio, podendo reter parte do fertilizante pelos microrganismos. Além disso, em virtude da metodologia de adubação com ^{15}N , utilizando microparcels não confinadas, pode ter ocorrido perda lateral para as linhas adjacentes, assim como relatado por Lara Cabezas et al. (2000), além de que grande parte do nitrogênio remanescente do fertilizante aplicado na cultura antecessora absorvido e somente após sua decomposição / mineralização tornar-se disponível (LARA CABEZAS et al., 2005).

Ao analisar o desdobramento da interação sistemas de cultivo x doses de nitrogênio observou-se que, para o caso de sistemas de cultivo dentro de doses de nitrogênio, houve maior QNPPF com o aumento nas doses de nitrogênio, em todas as estruturas analisadas, nos dois sistemas de cultivo avaliados (Tabela 33). No desdobramento doses de nitrogênio dentro de sistemas de cultivo, as doses de 30 e 60 kg ha^{-1} no sistema de cultivo consorciado do Marandu simultaneamente com o milho proporcionou maior quantidade de nitrogênio, em relação à consorciação efetuada na adubação de cobertura. Tal resultado é respaldado pelos resultados e QNPPF e EUF no Marandu na última época de quantificação, efetuada aos 198 após a fertilização nitrogenada, onde nesses tratamentos houve menor valor para as duas variáveis analisadas. O nitrogênio que poderia estar sendo disponibilizado para o milho após o manejo do Marandu culminou em maior concentração no grão, em virtude da translocação desse elemento para esse órgão, acumulando principalmente na forma de amido e proteínas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). No caso do restante da planta (folhas + colmo + palha + sabugo) a dose de nitrogênio de 120 kg ha^{-1} o sistema de cultivo consorciado simultaneamente na semeadura proporcionou maior QNPPF para o milho.

Tabela 32: Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) e eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado (EUF) nos grãos e na planta de milho semeado sobre palhada de capim Marandu adubado com doses de nitrogênio no ano anterior. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

Sistemas de cultivo	-----Grãos-----			-----Planta-----			-----Grão + planta-----		
	QNPPF kg N ha ⁻¹	EUF %	QNPPF kg N ha ⁻¹	EUF %	QNPPF kg N ha ⁻¹	EUF %	QNPPF kg N ha ⁻¹	EUF %	
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	0,78 b	1,29 b	1,46 b	2,33 a	2,23 b	3,62 b			
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1,10 a	1,74 a	1,84 a	2,87 a	2,94 a	4,78 a			
Doses de N (kg ha ⁻¹)									
30	0,60 c	2,00 a	1,01 c	3,11 a	1,61 c	5,37 a			
60	0,86 b	1,42 b	1,69 b	2,82 a	2,52 b	4,21 b			
120	1,37 a	1,13 c	2,25 a	1,87 b	3,62 a	3,01 c			
DMS	0,11	0,19	0,17	0,55	0,35	0,70			
CV	13,22	14,30	11,69	24,41	15,46	19,18			

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas (minúsculas) não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

Tabela 33: Desdobramento da interação doses de N x sistemas de cultivo referentes aos valores de quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante nitrato de amônio (QNPPF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) em kg N ha^{-1} nos grãos e no restante da planta (colmo + folhas + palha e sabugo) do milho semeado sob palhada de *B. brizantha* adubada com diferentes doses de nitrogênio no ano anterior. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	30	60	120
Sistemas de cultivo	-----kg ha ⁻¹ de N-----		
	Grãos		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	0,52 aC	0,73 bB	1,09 bA
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	0,68 aC	0,99 aB	1,64 aA
DMS		0,19	
	Planta		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	0,81 bC	1,61 aB	1,94 bA
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1,21 aC	1,77 aB	2,55 aA
DMS		0,29	
	Grãos + Planta		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1,33 aC	2,31 aB	3,04 bA
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	1,89 aC	2,73 aB	4,19 aA
DMS		0,60	

Médias seguidas por letras iguais nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas), para cada variável, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5%.

Na Tabela 34 encontram-se as interações entre dos sistemas de cultivo e doses de nitrogênio referente aos valores de eficiência do fertilizante nitrogenado (EUF) que, assim como discutido para a *B. brizantha*, corresponde à recuperação de nitrogênio pelo milho, quando semeado sobre palhada da forrageira. Em todas as estruturas analisadas, a dose de nitrogênio de 30 kg ha^{-1} proporcionou maior EUF para o milho em comparação às doses de 60 e 120 kg ha^{-1} , coincidente aos resultados de Silva et al. (2006). No desdobramento da interação doses de N dentro de sistemas de cultivo, verifica-se que no consórcio simultâneo houve maior EUF para o milho nas três doses de nitrogênio analisadas. Como a maior parte do

nitrogênio absorvido pela planta é translocado para os grãos na forma de compostos protéicos e amido (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000) era esperado que diferenças na recuperação de nitrogênio pelo milho fossem realmente encontradas nos grãos.

Ao considerar a planta inteira, verifica-se que somente na dose de nitrogênio de 30 kg ha⁻¹ houve diferenças entre os sistemas de cultivo, tendo maior EUF no cultivo consorciado simultaneamente à sementeira (Tabela 34). Tal resultado é decorrente da maior EUF na dose de 30 kg ha⁻¹ pelo Marandu ao longo das épocas de manejo até sua dessecação. Silva et al. (2006) e Fernandes (2006) também constataram recuperações de nitrogênio residual menor que 3%, quando o fertilizante foi aplicado na mesma cultura no ano agrícola precedente.

É importante ressaltar também que, nesse ano agrícola os consórcios foram novamente empregados, assim, a forrageira foi semeada simultaneamente com o milho e na adubação de cobertura. Provavelmente, parte do nitrogênio não recuperado pela cultura produtora de grãos possa estar retido na palhada da forrageira ou ainda mineralizada pelos microrganismos decompositores da matéria orgânica (SILVA et al., 2006b; LARA CABEZAS et al., 2005).

Outro importante fator a ser destacado é que, ao somar o EUF pelo Marandu (Tabela 26) e pelo milho (Tabela 34) ultrapassou os 100%. Isso ocorreu porque, provavelmente, pode ter havido disponibilidade de parte deste nitrogênio por ocasião da adubação de cobertura. O retorno de nitrogênio ao solo na forma de resíduos da parte aérea, e também das raízes, é acelerado por ocasião do manejo, havendo conversão do nitrogênio orgânico em mineral por microrganismos decompositores ou mesmo ocorrendo a nitrificação, que é a conversão do amônio em nitrito e deste a nitrato, alterando assim a taxa de mineralização de nitrogênio no sistema solo-planta (VIDELA, 2004), favorecendo a disponibilidade deste ¹⁵N para o milho semeado em seqüência (SILVA et al., 2006b).

A baixa resposta de recuperação e quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante aplicado na forrageira quando ainda em crescimento pode estar correlacionada a vários fatores. Na sementeira da cultura do milho do terceiro ano agrícola (2005/06), foi fornecido o nitrogênio via fertilizante de sementeira, na quantidade de 26 kg ha⁻¹ (fórmula 08-28-16) e, no estágio de quatro folhas desenvolvidas, mais 150 kg ha⁻¹ na forma de nitrato de amônio. Sabe-se que o sistema radicular de gramíneas, em especial o milho, tem

alta afinidade de absorção pelo nitrato em detrimento do amônio (ROSOLEM, 1995), e como somente o NH_4 do fertilizante aplicado no Marandu estava isotopicamente marcado com ^{15}N , a planta pode ter absorvido maior quantidade de NO_3^- via fluxo de massa. Assim, pode-se sugerir que parte deste ^{15}N vindo do $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ esteja ainda retido na palha do Marandu ou estar acumulado no vacúolo das células do sistema radicular do milho. Mesmo que alguns autores relatem que seja necessária dose maior de nitrogênio na semeadura nos primeiros anos de adoção do SPD (WIETHÖLTER, 2000; CERETTA; FRIES, 1998) essa disponibilidade de nitrogênio via fertilização de semeadura e em cobertura proporcionou ao milho suprimento considerado normal constatado pelos valores de concentração foliar na cultura do milho, como demonstrado e discutido anteriormente no item diagnose foliar da cultura do milho.

De acordo com Redy & Redy (1993) e Wolschick et al. (2003), a eficiência no uso de nitrogênio pelo milho está condicionada a fatores climáticos e à época de maior exigência pela cultura, além de outros condicionantes como dose e fonte que proporcione maior disponibilidade desse elemento para a cultura. Em anos com precipitação pluvial suficiente para a cultura, as respostas da adubação antecipada são mais proeminentes, pois a taxa de mineralização da matéria orgânica é mais acentuada, refletindo na maior disponibilidade de nitrogênio (BASSO; CERETTA, 2000). Quando tais fatores comprometem a disponibilidade do nutriente, a adubação antecipada na cultura antecessora ao milho pode não ser benéfica, com predomínio da atividade imobilizadora do solo (LARA CABEZAS et al., 2005).

Redy & Redy (1993) encontraram taxas de recuperação de nitrogênio oriundo do nitrato de amônio pelo milho quando adubado na época de maior exigência que aumentaram com a dose aplicada para a cultura, obtendo valores de até 66% de recuperação na dose de 200 kg ha^{-1} . Ainda segundo os autores, de 6 a 12% do ^{15}N encontravam-se nas folhas, aproximadamente 6% no caule, e de 9 a 17% translocado para as sementes, resultados estes superiores aos encontrados no presente experimento. Porém, ressalta-se que, os resultados encontrados neste experimento referem-se à recuperação pelo milho quando o nitrogênio foi disponibilizado para o Marandu no ano anterior, e esperavam-se respostas menores de recuperação, fato este elucidado pelos resultados encontrados.

Lara Cabezas et al. (2005), ao realizar adubação em aveia-preta 43 dias antes de seu manejo para ser utilizada como cobertura morta para semeadura do milho em

SPD, utilizando como fonte de N uréia e sulfato de amônio marcados com ^{15}N , concluíram que nesse método de adubação em linha para o milho parte do nitrogênio aplicado foi imobilizado pela aveia-preta, e que entre os fertilizantes nitrogenados, o sulfato de amônio proporcionou maior rapidez na ciclagem do nitrogênio, movimento este chamado pelos autores de “turnover”, ou seja, nitrogênio imobilizado e posterior remineralização na forma orgânica pela biomassa microbiana advindo do sulfato de amônio após manejo da aveia preta.

Segundo Godoy et al. (2007), quando semeado sobre palhada de alta relação C/N como é o caso das Marandus, a deficiência de nitrogênio no milho pode ser detectada logo nos estádios iniciais de desenvolvimento, principalmente pela função do nitrogênio na fisiologia da planta, como parte integrante da molécula de clorofila (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Nos experimentos conduzidos por Sá (1999) no Estado do Paraná, os principais resultados na antecipação da adubação nitrogenada no sistema de rotação aveia preta - milho foram semelhantes aos obtidos nesse experimento, uma vez que parte do nitrogênio aplicado em pré-semeadura do milho estaria, num primeiro momento, sendo imobilizado de forma temporária pela biomassa microbiana, sendo liberado posteriormente nos estádios de maior demanda pelo milho. Sob palhada de crotalária, Silva et al. (2006c) constataram maiores recuperações de ^{15}N – uréia pelo milho semeado em seqüência quando comparado ao do milho cultivado sobre solo em pousio (vegetação espontânea) e em sucessão à cobertura com milheto.

A partir destes resultados pode-se sugerir que, nesse tipo de experimento, onde está sendo avaliada a resposta do milho semeado sobre palhada de Marandu proveniente de cultivo consorciado e adubada no ano anterior, são necessárias doses de nitrogênio superiores a 60 kg ha^{-1} para que possa ser observado resposta no milho.

Tabela 34: Desdobramento da interação doses de N x sistemas de cultivo referentes aos valores de eficiência de utilização do fertilizante nitrato de amônio (EUF) ($^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$) nos grãos e no restante da planta (colmo + folhas + palha e sabugo) do milho semeado sob palhada de *B. brizantha* adubada com diferentes doses de nitrogênio no ano anterior. Botucatu-SP, ano agrícola 2005/06.

	30	60	120
Sistemas de cultivo	-----%-----		
	Grãos		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	1,75 bA	1,21 bB	0,91 bB
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	2,26 aA	1,63 aB	1,34 aB
DMS		0,33	
	Planta		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	2,70 aA	2,69 aA	1,62 aB
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	3,53 aA	2,95 aAB	2,13 aB
DMS		0,96	
	Grãos + Planta		
Milho + <i>B. brizantha</i> em cobertura	4,45 bA	3,87 aA	2,53 aB
Milho + <i>B. brizantha</i> na semeadura	6,30 aA	4,55 aB	3,49 aB
DMS		1,21	

Médias seguidas por letras iguais nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem entre si pelo teste DMS a 5%.

7. CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivo consorciado com forrageiras não diminuí a produtividade de grãos do milho;

O *P. maximum* cv. Mombaça é mais eficiente no acúmulo de matéria seca quando realizada a adubação nitrogenada após a colheita do milho para grãos em relação à *B. brizantha*;

As maiores doses de nitrogênio refletem em maiores produtividades de matéria seca, quando as forrageiras são semeadas por ocasião da adubação de cobertura no milho;

A *B. brizantha*, quando semeada em cultivo consorciado, revela melhor valor nutritivo com o decorrer do período de outono-inverno;

Quando semeada em cultivo consorciado e adubada com nitrogênio após a colheita do milho visando forragem no outono-inverno e palhada para safra seguinte, as doses a serem empregadas devem ser superiores a 60 kg ha⁻¹;

O sistema de cultivo de milho com *B. brizantha*, cv. Marandu, semeado simultaneamente à semeadura aumenta a quantidade de nitrogênio na planta e, conseqüentemente, maior recuperação, em relação ao sistema consorciado na adubação de cobertura;

Para recuperação de nitrogênio pelo milho quando semeado sobre palhada de *B. brizantha* adubada no ano anterior, são necessárias doses de nitrogênio superiores a 60 kg ha⁻¹;

Os benefícios do cultivo consorciado visando à utilização em sistemas de produção ILP, o melhor consórcio a ser utilizado é o milho cultivado com *P. maximum* cv. Mombaça por ocasião da adubação de cobertura.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H.; RODRIGUES, J. A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Uso da integração lavoura-pecuária para produção de forragem na entressafra. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 8, p. 225-262.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; KÜBNER, CHIAPINOTTO, L. C.; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em SPD. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 739-749, 2004.

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**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. Cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário: SPD**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, jul./ago. 2006.

ALVARENGA, R. C.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para SPD. **Informe Agropecuário: SPD**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 49-62, 2001.

ALVIM, M. J.; MARTINS, C. E.; BOTREL, M. de A.; SALVATI, J. A.; JACOB, M. A. M. Efeito da irrigação e da integração entre pastagens de setária e de azevém anual sobre a produção de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 545-554, 1993.

AMBROSANO, E. J. Avaliação do crescimento e aproveitamento de fertilizante nitrogenado pelo capim colômbio var. Tobiata em diferentes épocas. 1989. 110f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AMARAL FILHO, J. P.; FERNANDES FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 467-473, 2005.

ANDRADE, F. H.; CALVIÑO, P.; CIRILO, A.; BARBIERI, P. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 5, p. 975-980, 2002.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução no espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

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

BASSO, C.J. & CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob SPD. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 905-915, 2000.

BERNARDES, L. F. **semeadura de capim Marandu em pós-emergência da cultura de milho para obtenção de cobertura morta em SPD**. 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

BOLLER, W.; GAMERO, C. A. Estimativa dos custos econômicos e energéticos de sistemas de preparo e de manejo do solo para a cultura do feijão. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 26-28, 1997.

BORGHI, E. **Comportamento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em diferentes sistemas de manejo do solo, populações de plantas e adubações**. Ilha Solteira, 2001. 108f. (Trabalho de graduação apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha solteira/UNESP).

BORGHI, E. **ILP do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em SPD**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F. & ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 897-903, 2000.

BRITO, D. T.; GLASS, A. D. M.; KRONZUCKER, H. J.; SIDDIQI, M. Y. Cytosolic concentration and transmembrane fluxes of NH₄⁺ / NH₃⁻. An evaluation of recent proposals. **Plant physiology**, Rockville, v. 125, p. 523-526, 2001.

BROCH, D.L. **ILP no Centro-Oeste do Brasil**. In: CABEZAS, W.A.R.L., FREITAS, P.L. SPD na Integração Lavoura-pecuária. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.53-62.

BULISANI, E.A., ROSTON, A.J. **Leguminosas: adubação verde e rotação de cultura**. In: WUTKE, E.B., BULISANI, E.A., MASCARENHAS, H.A.A. (Coord.). Curso sobre adubação verde, 1, 1993, Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p.13-16. (Documento IAC, 35).

CAMPOS, A. X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo de Cerrados de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. 119p. 2004. Tese (Doutorado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L.; RIBEIRO, V. Q. Redução de espaçamento relacionado a produtividade de grãos no milho CMS 47. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: ABMS, 2002. (CD – ROM).

CARMO, J. B.; ANDRADE, C. A. de; CERRI, C. A.; PICCOLO, M. C. Disponibilidade de nitrogênio e fluxos de N₂O a partir de solo sob pastagem após aplicação de herbicida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 735-746, 2005.

CARO-COSTAS, R., ABRAUÑA, F., VICENTE-CHANDLER, J. Comparasion of heavy fertilized pangola and star grass in terma beef production and carrying in the humid mountain region of Puerto Rico. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v.56, p.104-109, 1972.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP (Botucatu)**, n. 1, p. 1-95, 1983.

CERETTA, C.A. & FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no SPD. In: NUERNBERG, N.J., ed. **Conceitos e fundamentos do SPD**. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul. 1998. p.111-120.

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: WORKSHOP INTERNACIONAL PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, 2001, Santo Antonio de Goiás. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 125-135, (embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A. M; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. de. **Pastagens – fundamentos da exploração racional**. 2ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba: USP / FEALQ, 1994. p. 121-124.

DIECKOW, J.; MEUREN, E. J.; SALET, R. L. Nitrogen application timing and soil inorganic nitrogen dynamics under no-till oat/maize sequential cropping. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 707-714, 2006.

DIJKSTRA, F. Integração agropecuária em SPD. In: CABEZAS, W.A.R.L., FREITAS, P.L. **SPD na Integração Lavoura-Pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.47-52.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai): alternativa para diversificação de pastagens**. São Carlos: EMBRAPA / CNPGC, 2001. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/cot/COT69.html>>. Acesso em 13 de agosto de 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA / CNPS, 1999. 412 p.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FEIGL, B.J.et al. Balanço de carbono e biomassa microbiana em solos da Amazônia. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. (Eds). **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: Embrapa-CNPA, 1998. p.423-441.

FERNANDES, F. C. S. **dinâmica do nitrogênio na cultura do milho (*Zea mays* L.) em cultivo sucessivo com aveia-preta (*Avena strigosa*), sob implantação do SPD**. 2006. 197p. Tese (Doutorado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERNANDES, M. S.; ROSSIELO, R. O. P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 14, p. 111-148, 1995.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, 991-996, 1999.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de análise de variância. Versão 4.2. Lavras: UFLA/DEX, 1999.

FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: Curso sobre aspectos básicos de fertilidade do solo sob SPD, 1999, Cruz Alta-RS. **Resumos de palestras...** Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. 92p.

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

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L.; CARDOSO, A. A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no SPD. **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C. Balanço de potássio em sistema de produção usando milho consorciado com braquiária. ii-fertilidade do

solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS(FERTBIO), 27., Bonito. **Resumos...** Bonito: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. (CD-ROM)

GAVA, G. J. C. **Compartimentalização do nitrogênio no sistema solo-planta na implantação da semeadura direta no ciclo da cultura do milho.** 2003. 125p. Tese (Doutorado em Ciências / Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Recuperação do nitrogênio (¹⁵N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 621-630, 2003.

GODOY, L. J. G.; SOUTO, L. S.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p.38-44, 2007.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

GOMIDE, J. A. Fisiologia das plantas forrageiras e manejo das pastagens. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 153/154, p. 11-18, 1988.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões de culturas de plantas de cobertura e milho em SPD e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 153-159, 2000.

HARLAN, D.W.; HOLTER, J.B.; HAYES, H.H. Detergente fiber traits to predict productive energy of forages fed free choice to nonlactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.1337 - 1353, 1991.

HERNANI, L.C., SALTON, J.C. Manejo do solo. In: _____. Recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados: EMBRAPA, 1996. p.34-53.

HORST, W. J.; KAMH, M.; JIBRIN, J. M.; CHUDE, V. O. Agronomic measures for increasing P availability to crops. *Plant and Soil*, n. 237, p. 211-233, 2001.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A.F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-bracquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

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, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. Degradação de pastagens e produção de bovinos com a integração agricultura x pecuária. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 201-234.

KLUTHCOUSKI, J., OLIVEIRA, I.P., YOKOYAMA, L.P., CASTRO, T.A.P., SILVA, F.R. Integração agricultura x pecuária, experiências na recuperação de pastagens utilizando a cultura do arroz de sequeiro – sistema barreira. In: PAULINO, V.T., FERREIRA, L.G. **Recuperação de Pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1999. p.79-86.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 6, p. 185-223.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BACELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de 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 Antonio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio 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**, v. 5, 2007. 1 ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2007, 92p.

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.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDORFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação sólida e fluída de cobertura na cultura do milho, em SPD no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R. de ; CANTARELLA, H. ; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C O ; BENDASSOLLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho no SPD. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 215-226, 2005.

LELES, E.P., CRUSCIOL, C.A.C., MATEUS, G.P. Comportamento de híbridos de milho de ciclos contrastantes em função do consórcio com a *Brachiaria brizantha* . In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15, Marília. **Resumos...**Marília: UNESP, 2003 (editado em CD-ROM).

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: [s.n.], 2001. p. 29-37.

LOMBARDI NETO, F., DRUGOWICH, M.I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v.2, 168p.

MACEDO, M. C.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 2000. 4p. (Comunicado Técnico, 62).

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

- MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, E. ILP em cultivo direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2004.
- MORAIS, R. V.; FONSECA, D. M. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; FAGUNDES, J. L.; MOREIRA, L. M.; MISTURA, C.; MARTUSCELLO, J. A. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 380-388, 2006.
- MORIKAWA, C. K.; FAQUIN, V.; CURRI, N.; MARQUES, E. S.; WERNECK JÚNIOR, M. R.; EVANGELHISTA, A. R. Crescimento e produção de gramíneas forrageiras em amostras de Latossolo da região de Campos das Vertentes-MG, Brasil. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 20, n. 2, p. 18-23, 1998.
- MURAOKA, T. Uso de técnicas isotópicas em fertilidade do solo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA, 1991. p. 255-273.
- NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. dos. Degradação de pastagens, critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 107-151.
- NEILL, C.; GRACIA-MONTIEL, D. C.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C.; STEUDLER, P. A.; MELILLO, J. M.; BRITO, M. Net nitrogen mineralization rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin Landscape. **Oecologia**, n. 110, p. 243-252, 1997.
- OLIVEIRA, E. P. et al. **Sistema Barreirão: Recuperação / Renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA – CNPAF – APA, 1996. 90 p. (Documentos, 64).
- OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. Implantação e condução do Sistema Barreirão. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 9, p. 265-302.
- OLIVEIRA, P. P. A. manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria sp.* em solos arenosos. 2001. 110p. Tese (Doutorado em Ciências / Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Influência da fertilização nitrogenada com uréia (15N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 613-620, 2003a.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 125-131, 2003b.
- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1121-1129, 2005.

- PANTANO, A. C. **Semeadura de Marandu em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na Integração Lavoura - Pecuária em SPD**. 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção)–Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- PERON, A. J.; EVANGELHISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 647-654, maio/jun. 2004.
- PORTELA, C.M.; COBUCCI, T. Interferência de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* cv. Mombaça consorciadas com a cultura do milho – Sistema Santa Fé. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: SBCPD, 2002. p.288.
- PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C. de; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos fisiológicos das plantas cultivadas e análise de crescimento do Marandu consorciada com cereais. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 10, p. 303-329.
- PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de Marandu em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.
- PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de Marandu em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, 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 coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 2ª ed., 1996. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 2ª edição, 1996. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B.; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: INSTITUTO AGRONÔMICO/FUNDAG. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/FUNDAG, 1996. p.56-59. (Boletim Técnico, 100).
- REDDY, G. B.; REDDY, K. R. Fate of Nitrogen-15 enriched ammonium nitrate applied to corn. **Soil Science Society Ambiental Journal**, v. 57, p. 111-115, jan./fev. 1993.

- RIZZARDI, M.A. Manejo do nitrogênio em sistemas de rotação de culturas. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 5., 1995, Chapecó, SC. **Resumos...** Florianópolis: Epagri, 1998. p.160.
- ROCHA, E.L.C. SPD na integração lavoura-pecuária no Cerrados. In: ENCONTRO NACIONAL DE SPD NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...**Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de SPD na palha, 2000. p.118.
- RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da Produção Agrícola**. Piracicaba: POTAFÓS, p. 203-230, 1987.
- ROOS, C.O. & AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em SPD. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 135-140, 1996.
- ROOS, L.C. Impacto econômico da ILP em SPD. In: CABEZAS. W.A.R.L., FREITAS, P.L. **SPD na Integração Lavoura-Pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.25-30.
- ROSOLEM, C. A. Relações solo-planta na cultura do milho. Jaboticabal: UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1995. Jaboticabal: UNESP / FUNEP, 1995. 53p.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 355-362, 2003.
- ROSOLEM, C. A.; PACE, L.; CRUSCIOL, C. A. C. Nitrogen management in maize cover crops rotations. **Plant and Soil**, Madison, v. 264, 261-271, 2004.
- SÁ, J.C.M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no SPD**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24p.
- SALTON, J.C. **Opções de safrinha para agregação de renda nos Cerrados**. In: CABEZAS. W.A.R.L., FREITAS, P.L. SPD na Integração Lavoura-pecuária. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.189-200.
- SANTOS JÚNIOR, J. D. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 88f. Dissertação (mestrado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS, H.P., LHAMBY, J.C.B., WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em SPD sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.289-95, 1998.
- SCHERER, E.E. Avaliação de fontes e épocas de aplicação de adubo nitrogenado na cultura do milho no SPD. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.14, n.1, p.48-53, 2001.
- SCHUNKE, R. M. **Alternativas de manejo da pastagem para melhor aproveitamento do nitrogênio do solo**. Campo Grande: EMBRAPA, Centro nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 2001. Campo Grande: Embrapa / CNPGC, 2001. 26p. (Documentos, 111).

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. II-Implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 45-52, 2006.

SILVA, S. C. **Fundamentos para manejo de pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum***. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br>. Acesso em 04/10/2005.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas do solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928-935, jul-ago 2007.

SILVA, A. C.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; BELO, A. F.; SEDIYAMA, C. S. Caracteres morfológicos de soja e Marandu consorciadas sob subdoses de fluazifop-p-butil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 277-283, 2005.

SILVA, A. C.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; PAIVA, T. W. B.; SEDIYAMA, C. S. Efeito de doses reduzidas de fluazifop-p-butil no consórcio entre soja e *Brachiaria brizantha*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 429-435, 2004.

SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades / híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo do solo**. Botucatu, 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, A. R. B.; BENEZ, S. H. Cultivares de milho: Produtividade em diferentes sistemas de manejo de solo e espaçamentos. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 77-90, 2005.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2º ed., 1990. 165 p.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em SPD sobre Latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 353-362, 2005.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; TRIVELIN, P. C. O.; VELOSO, M. E. C. Utilização do nitrogênio (¹⁵N) residual de coberturas do solo e da uréia pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 965-974, 2006a.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalária e do milheto pelo milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006b.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 723-732, 2006c.

SIQUEIRA, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo.** Botucatu, 1999. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SOARES FILHO, C. V. **Variação sazonal nos parâmetros bioquímicos-fisiológicos em *Brachiaria decumbens* estabelecida em pastagem.** Piracicaba, 1991. 110f. Dissertação (Mestrado) – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 9, p. 215-252.

TABORDA, J.M.C. SPD e integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE SPD NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...**Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de SPD na palha, 2000. p.119.

TANAKA, R.T., MASCARENHAS, H.A.A., DIAS, O.S., CAMPIDELLI, C., BULISANI, E.A. Cultivo da soja após incorporação de adubo verde e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1477-1483, 1992.

TIRITAN, C. S. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco.** Botucatu, 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TRIVELIN, P. C. O. **Utilização de nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com uso do traçador ¹⁵N.** 2000. 143p. Tese (Livre Docência em Ciências / Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TRIVELIN, P. C. O.; LARA CABEZAS, W. A. R.; VICTORIA, R. L. Evaluation of ¹⁵N plot design for estimating plant recovery of fertilizer nitrogen applied to sugar cane. **Scientia Agricola**, n. 51, p. 226-234, 1994.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de *Marandus***, em Piracicaba, SP. 2004. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

URCHEI, M. A.; MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; ALVARENGA, R. C. Água e temperatura no solo. In: **SPD: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: EMBRAPA/SPI, Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1998. p.81-101.

VANDERLIP, R. L.; REEVES, H. E. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor*, (L Moench). **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 13-16, 1972.

VICENT-CHANDLER, J. **Intensive grassland management.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS, 1, 1973, Porto Alegre.

VIDELA, C. D. C. **Mineralização bruta de nitrogênio em um molissol do sudeste da província de Buenos Aires (Argentina).** 2004. 124p. Tese (Doutorado em Ciências / Energia

Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; BARCELLOS, A.; BARIONI, L. G. Integração lavoura/pecuária: a sustentabilidade do Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Palestras...** Cuiabá: Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 2004.

VILLAS BÔAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; BULL, L. T.; GUERRINI, I. A. Parcelamento e largura da faixa de aplicação da uréia na recuperação do nitrogênio pela planta de milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1177-1184, out./dez. 1999.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, D. J. Modernas estratégias no manejo do pastejo das gramíneas dos gêneros *Brachiaria* e *Cynodon*. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 6, n. 11, novembro 2005. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111105.html> Acesso em 13/06/07.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo na cultura de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO MILHO. Passo Fundo, 2000. **Resumos de Palestras**. Passo Fundo. Aldeia Norte, 2000. p.5-38.

WILLEY, R. W. Intercropping – Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. **Fields Crop Abstracts**, v. 42, n. 1, p. 1-10, 1979.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; JADOWSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no SPD em ano com precipitação pluvial normal e com “El Niño”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 461-468, 2003.