

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

DOSES DE POTÁSSIO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

SIMÉRIO CARLOS SILVA CRUZ

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

BOTUCATU - SP
Novembro – 2009

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

DOSES DE POTÁSSIO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

**SIMÉRIO CARLOS SILVA CRUZ
Engenheiro Agrônomo**

Orientador: Prof. Dr. SILVIO JOSÉ BICUDO

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

**BOTUCATU - SP
Novembro – 2009**

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

Cruz, Simério Carlos Silva , 1983-
C957d Doses de potássio no sistema integração lavoura-pecuária / Simério Carlos Silva Cruz. - Botucatu : [s.n.],2009. ix, 117 f. il., color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009

Orientador: Silvio José Bicudo

Inclui bibliografia

1. Potássio trocável. 2. Potássio não trocável. 3. Produção de Milho. I. Bicudo, Silvio José. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Simério Carlos Silva Cruz, filho de Severino da Cruz Filho e Maria da Soledade Silva Cruz, nasceu na cidade de São José do Egito, Estado de Pernambuco em 11 de fevereiro de 1983.

Diplomou-se em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, em 2006.

Foi aluno de Iniciação Científica no Departamento de Engenharia e Economia Rural, de 2002 a 2005.

Em março de 2006 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Agricultura, no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Campus de Botucatu, obtendo o título em junho de 2007.

Em agosto de 2007 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, Área de Concentração Agricultura, no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Campus de Botucatu, obtendo o título em novembro de 2009.

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

TÍTULO: **DOSES DE POTÁSSIO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.**

ALUNO: SIMÉRIO CARLOS SILVA CRUZ

ORIENTADOR: PROF. DR. SILVIO JOSE BICUDO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. SILVIO JOSE BICUDO



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. HELIO GRASSI FILHO



PROF. DR. CINIRO COSTA



PROF. DR. RICARDO AUGUSTO DIAS KANTHACK

Data da Realização: 10 de novembro de 2009.

Aos meus pais Severino da Cruz Filho e Maria da Soledade S. Cruz

Aos meus irmãos Sihélio, Sihara e Sidério

A minha noiva Carla Gomes Machado.

DEDICO

Ao Prof. Dr. Silvio José Bicudo

A todos que colaboraram para o sucesso deste trabalho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir à realização de mais um sonho.

A Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, pela oportunidade oferecida para realização deste curso.

A coordenação e colegiado do curso de Pós-Graduação em Agricultura por todo apoio concedido ao longo deste curso.

A CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

Em especial ao amigo Prof. Dr. Silvio José Bicudo pela orientação, lições de vida e principalmente pela sua amizade, a qual me orgulha ter conquistado.

Aos Professores José Roberto Santos e Abel Washington de Albuquerque por todo apoio durante minha formação acadêmica.

Aos meus pais pelos ensinamentos e incentivos ao longo da minha vida.

A Verinha, Lana e Valéria do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, pela eficiência na execução de suas tarefas.

Aos funcionários da biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos” e da Seção de Pós-Graduação, pelo eficiente atendimento.

A minha noiva Carla por todo amor e companheirismo a mim demonstrado.

Aos funcionários Célio, Valdemir (Fio), Mateus, Camargo, Casimiro e Aparecido do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, pela amizade, apoio e dedicação na condução deste experimento.

Aos amigos Rafael e José Iran pela amizade e apoio em todos os momentos.

A eficiente equipe de pesquisa composta por: Rafael, Elizeu, Magno, Eduardo e Felipe.

Aos estagiários Gabriel, Murilo, Renan, Giovana, Caio, Luiz Fernando e Florentim.

Aos funcionários do CERAT Luiz Henrique e Priscila pelo apoio durante a realização das análises de laboratório.

A FMVZ/UNESP, pela disponibilização da área, aos seus funcionários pelo apoio na condução do experimento e em especial ao funcionário José Ramos por toda atenção e dedicação.

A todos aqueles que não foram citados, mas contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Págnas
1 RESUMO-----	1
2 SUMMARY-----	3
3 INTRODUÇÃO -----	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-----	7
4.1 Sistema integração lavoura-pecuária – SILP-----	7
4.1.1 Sistema integração lavoura-pecuária em plantio direto – SILPPD-----	8
4.1.2 Efeitos na produtividade das culturas-----	11
4.2 Milho na integração lavoura-pecuária-----	13
4.3 A <i>Brachiaria brizantha</i> -----	15
4.4 O Potássio no sistema Solo-Planta-----	16
5 MATERIAL E MÉTODOS-----	22
5.1 Localização da área experimental-----	22
5.2 Descrição do clima -----	22
5.3 Solo-----	23
5.4 Tratamentos e delineamento experimental-----	24
5.4.1 Cronograma de instalação do experimento-----	25
5.5 Instalação e condução do experimento-----	27
5.5.1 Preparo do solo no ano agrícola 2007/2008-----	27
5.5.2 Semeadura da <i>Brachiaria brizantha</i> no ano agrícola de 2007/2008-----	28
5.5.3 Controle de plantas daninhas-----	28
5.6 Análise química do solo -----	28
5.7 Avaliação fitotécnica da <i>Brachiaria brizantha</i> -----	29
5.8 Semeadura dos sistemas: milho solteiro e milho consorciado com <i>Brachiaria brizantha</i> (Ano agrícola de 2008/2009)-----	30
5.9 Adubações de semeadura e cobertura-----	32
5.9.1 Aplicação de potássio na área para caracterização dos tratamentos-----	32
5.10 Avaliação fitotécnica da cultura do milho-----	34
5.10.1 Altura das plantas e inserção de espiga-----	34
5.10.2 Comprimento médio dos internódios-----	34
5.10.3 Diâmetro do colmo-----	35
5.10.4 Área foliar do milho -----	35
5.10.5 Análise química foliar do milho-----	35
5.10.6 Partição de massa seca no florescimento do milho-----	36
5.10.7 Análise bromatológica da planta de milho-----	36
5.10.8 População final de plantas-----	36
5.10.9 Número de espigas por hectare -----	36
5.10.10 Comprimento médio das espigas -----	37
5.10.11 Diâmetro médio das espigas -----	37
5.10.12 Número de fileira de grãos por espigas -----	37
5.10.13 Número de grãos por espiga -----	37
5.10.14 Massa de 1000 grãos-----	37
5.10.15 Diâmetro médio do sabugo-----	38
5.10.16 Comprimento do grão de milho-----	38

5.10.17	Massa seca de grãos por espiga-----	38
5.10.18	Massa seca de sabugo por espiga-----	38
5.10.19	Massa seca de palha por espiga-----	38
5.11	Produtividade-----	39
5.12	Teor e translocação de potássio para o grão-----	39
5.13	Análise estatística-----	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	40
6.1	Condução da <i>Brachiaria brizantha</i> como planta de cobertura para caracterização das subparcelas no ano agrícola 2007/2008-----	40
6.2	Potássio trocável no solo no ano agrícola 2008/2009-----	43
6.3	Potássio não trocável no solo no ano agrícola 2008/2009-----	49
6.4	Avaliação nutricional das plantas de milho-----	53
6.5	Composição bromatológica da planta de milho-----	61
6.5.1	Composição bromatológica da espiga de milho-----	66
6.6	Partição de massa seca na planta de milho no estágio de florescimento-----	69
6.7	Massa seca de planta e espiga de milho no estágio de grão leitoso-----	71
6.8	Componentes morfológicos do milho-----	74
6.9	Partição de massa seca na espiga por ocasião da colheita-----	79
6.10	Teor e translocação de potássio nos grãos-----	82
6.11	Componentes da produção e produtividade-----	86
6.12	Massas verde e seca de <i>Brachiaria brizantha</i> -----	96
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	98
8	CONCLUSÕES-----	100
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	101

1 RESUMO

A busca por uma agricultura ecologicamente sustentável e economicamente viável vem aumentando ao longo dos anos. Neste sentido, sistemas de cultivo que visam à maximização do uso do solo e dos insumos agrícolas têm ganhado, cada vez mais, espaço na agricultura brasileira. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do milho cultivado sob cobertura vegetal de *Brachiaria brizantha* a doses crescentes de potássio, em cultivo solteiro e em sistema de integração lavoura-pecuária (milho consorciado com *Brachiaria brizantha*). O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado da FCA/UNESP, em Botucatu-SP, nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009. O experimento consistiu de 16 tratamentos estabelecidos em esquema de blocos casualizados com parcelas subdivididas em quatro repetições, tendo a área de cada subparcela 35 m² (5 x 7 m). Cada dose de K₂O (0, 75, 150, 225 kg ha⁻¹) correspondeu a uma parcela, sendo as subparcelas formadas pela presença ou ausência de *Brachiaria brizantha* cultivada no ano agrícola de 2007/2008 como planta de cobertura, as subparcelas foram compostas por dois sistemas de cultivo (milho solteiro e milho consorciado com *Brachiaria brizantha*). As doses de K₂O e os sistemas de cultivo só foram implantados no ano agrícola de 2008/2009. Durante o período de florescimento da cultura do milho foram tomadas medidas da altura de plantas e inserção da espiga, comprimento médio dos internódios, diâmetro do colmo e área foliar. Foram coletadas folhas da base da espiga para análise nutricional. Foram avaliados após a colheita do milho os componentes da produção e produtividade de grãos. Os componentes da produção estudados

foram: população final de plantas por hectare, número de espigas por hectare, comprimento de espigas, diâmetro de espigas, número de fileira de grãos por espigas, peso de 1.000 grãos, número de grãos por espiga e comprimento do grão. Foram coletadas amostras de solo para determinação do K trocável e K não trocável em três épocas de amostragens no decorrer de dois anos agrícolas. A presença da *Brachiaria brizantha* reduz os níveis de potássio não trocável do solo das análises realizadas antes da semeadura do milho. A *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura influi positivamente nos componentes morfológicos e da produção da cultura do milho, proporcionando maiores produtividades. A máxima dose agrônômica correspondeu a 115,9 kg ha⁻¹ K₂O para a subparcela com palha e 136,2 kg ha⁻¹ K₂O para a subparcela sem palha. O máximo rendimento agrônômico para estas doses corresponderam a 9.842,3 e 8.318,4 kg ha⁻¹, respectivamente. O milho apresenta resposta positiva à adubação potássica quando o teor desse elemento no solo encontra-se em níveis considerados baixo. A presença da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura reduz a necessidade de adubação potássica para a cultura do milho.

Palavras chave: Potássio trocável, potássio não trocável, produção de milho.

DOSES OF POTASSIUM IN A CROP-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM.

Botucatu, 2009. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)–Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SIMÉRIO CARLOS SILVA CRUZ

Adiviser: SILVIO JOSÉ BICUDO

2 ABSTRACT

The development of environmentally sustainable and economically viable agricultural systems has been increasing throughout the years, maximizing soil and input use. The objective of this work was to evaluate maize response to potassium doses when cropped on *Brachiaria brizantha* residues, both single and in a crop-livestock system (maize intercropped with *Brachiaria brizantha*). The experiment was carried out in Botucatu-SP-Brazil, Lageado Experimental Farm, in 2007/2008 and 2008/2009. The split-split-plot design consisted of 16 treatments arranged in completely randomized blocks with four replications. The area of each split-split-plot was 35 m² (5 x 7 m). The main plots consisted of four K₂O doses (0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹). The split-plots were the absence or presence of *Brachiaria brizantha* cultivated in the growing season of 2007/2008 as cover crop. The split-split-plots consisted of two tillage systems (single maize and maize intercropped with *Brachiaria brizantha*). Both K₂O doses and tillage systems were implemented in 2008/2009. At flowering, plant and ear height, internodes length, stem diameter and leaf area were evaluated. Leaves from the base of the ear were taken for nutritional analysis. After harvest, yield components and grain yield were determined. The yield components evaluated were final plant population per hectare, number of ears, ear length, ear diameter, number of grain rows per ear, weight of 1,000 grains, number of grains per ear and grain length. Soil samples were taken to evaluate exchangeable and non-exchangeable K at three sampling times. Before maize sowing, non-exchangeable K levels in soil decrease in the presence of *Brachiaria brizantha*. This

species cultivated as cover crop positively affects maize morphological and yield components, resulting in higher grain yield. The calculated K_2O doses of 115.9 and 136.2 $kg\ ha^{-1}$ for subplots with and without *Brachiaria brizantha* residues, respectively, provided higher maize responses. Maximum yields obtained with those doses were 9,842.3 and 8,318.4 $kg\ ha^{-1}$, respectively. Maize positively responds to potassium fertilization in soils with low K levels. Lower amounts of K are required by maize whenever *Brachiaria brizantha* is cultivated as cover crop.

Key words: Exchangeable K, non-exchangeable K, maize yield.

3 INTRODUÇÃO

Sistemas de produção integrados chamam a atenção por apresentarem algumas vantagens em relação aos sistemas mais simplificados quanto à diversificação agrícola. Dentre eles, pode-se destacar o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (SILP), que vem ganhando cada vez mais espaço nas propriedades rurais, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil.

O SILP consiste na diversificação dos sistemas de produção com benefícios mútuos às atividades de agricultura e pecuária. Esse sistema possibilita a maximização do uso do solo e dos insumos agrícolas, proporcionando melhorias nos atributos físicos e químicos do solo, com aumento de produtividade e maior estabilidade de renda ao produtor.

O conhecimento dos efeitos de nutrientes e corretivos nos diversos sistemas agrícolas é importante, pois além de fornecer subsídios para a sua sustentabilidade ao longo do tempo, possibilita o uso mais eficiente, tornando o sistema economicamente viável.

Os benefícios proporcionados pelas práticas conservacionistas do solo em SILP deve-se à presença de diferentes espécies de plantas e de seus resíduos sobre o solo, à atividade radicular e à relação agregação do solo-acúmulo de matéria orgânica. Especialmente dessa relação, surgem diversas propriedades, entre elas a capacidade de troca catiônica (CTC), que afetam a dinâmica de cátions no solo, especialmente do potássio (K).

O K é um nutriente mineral que não possui função estrutural no

metabolismo das plantas. Por outro lado, é o cátion mais abundante no citoplasma, contribuindo sobremaneira para a manutenção do potencial osmótico das células e tecidos, atuando como ativador enzimático e como neutralizador de macromoléculas aniônicas (MARSCHNER, 1995).

Apesar da comprovada importância do K para a cultura do milho e dos altos níveis exigidos por esta cultura, a maioria dos trabalhos referentes à adubação potássica no Brasil, apontam para ausência de resposta do milho a este nutriente.

Entretanto, para melhor entendimento das baixas frequências de resposta do milho à adubação potássica obtidas na maioria dos ensaios, deve-se ceder à análise crítica das condições em que foram obtidas. Isso é importante, pois, sendo o milho uma planta que apresenta alta demanda por K, era de se esperar respostas mais expressivas quanto à aplicação de doses crescentes deste elemento.

Contudo, algumas pesquisas relatam respostas diversas à adubação potássica para cultura do milho, quando o teor trocável encontra-se abaixo do nível crítico, indicando que as plantas podem absorver formas não trocáveis e/ou não detectadas pelos métodos tradicionais de análise de solo, utilizados na predição de sua disponibilidade.

Considerando a hipótese que a *Brachiaria brizantha* conduzida como planta de cobertura, interfere na absorção e disponibilização de K não trocável do solo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a resposta do milho cultivado sob cobertura vegetal de *Brachiaria brizantha* a doses crescentes de K_2O , em sistema integração lavoura-pecuária.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Sistema integração lavoura-pecuária – SILP

Atualmente, sistemas mistos de exploração de lavoura e pecuária são notados pelas vantagens que apresentam em relação aos sistemas isolados de agricultura ou de pecuária. São os chamados sistemas integrados lavoura-pecuária. A ILP pode ser definida como a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades de agricultura e de pecuária dentro da propriedade rural de forma harmônica, constituindo um mesmo sistema sinérgico em que há benefícios para ambas. Possibilita, como uma das principais vantagens, que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano ou, na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, de carne e de leite a um custo mais baixo devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem (ALVARENGA, 2004).

Nesse sistema a qualidade do solo também é incrementada, pois há melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas. Para a exploração de lavouras, especialmente em áreas de pastagens degradadas, é necessário que, depois de um planejamento inicial, se faça à conservação e a adequação do solo. Isso consiste na previsão e no controle da erosão, na eliminação, quando necessária, de plantas daninhas perenes, de sulcos de enxurrada e de camadas compactadas, na correção do alumínio tóxico do solo por meio de calagem e, em alguns casos, na fertilização corretiva. Não é demais lembrar que essas ações devem ser implementadas no início da ILP como maneira de promover, desde já,

sustentabilidade ao sistema e evitar intervenções drásticas no solo depois do sistema implantado. Com elas, a dinâmica da água no solo é melhorada; as raízes das plantas crescem em maior profundidade, explorando maior volume de solo em busca de nutrientes e de água, aumentando a tolerância à deficiência hídrica, resultando no aumento da produtividade tanto das lavouras quanto das forrageiras (ALVARENGA, 2004).

Como resultado tem-se observado grande aumento do número de propriedades que estão utilizando a implantação, renovação e recuperação de pastagens adotando o sistema de integração lavoura-pecuária por meio do plantio da gramínea com uma cultura de grãos, como forma de diminuir os custos (SOUZA e GRAÇA, 2006).

A integração lavoura-pecuária consiste na diversificação da produção, possibilitando o aumento da eficiência de utilização dos recursos naturais e a preservação do ambiente, resultando em incrementos nos componentes de produção, e, por conseguinte, maior estabilidade da renda do produtor rural (CARVALHO et al., 2005). Esse sistema tem-se tornado opção vantajosa, beneficiando duas atividades de importância econômica, a produção de grãos e a pecuária, proporcionando ganhos mútuos ao produtor (SALTON et al., 2001).

A concepção do SILP não é nova visto que a formação das pastagens após a abertura dos cerrados foi, inicialmente, precedida de culturas anuais. Porém, esta prática não teve a periodicidade e alternância necessária para evitar a degradação do solo (CARVALHO et al., 2005).

4.1.1. Sistema integração lavoura-pecuária em plantio direto - SILPPD

O sistema plantio direto é o grande responsável pelo significativo aumento da produtividade e a continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros. A proteção da superfície do solo é especialmente importante para a manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas, aumentando a atividade de microrganismos que, uma vez inseridos na matéria orgânica, promovem a liberação de nutrientes, aumentando a absorção pelo sistema radicular das plantas (BORGHI, 2004).

O conceito de plantio direto é visto como um sistema, envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de

coberturas do solo, mediante a manutenção dos resíduos culturais na sua superfície; a combinação de espécies com exigências nutricionais, produção de fitomassa e sistema radicular diferenciados, visando constituir uma rotação de culturas; e a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, por meio da cobertura do solo, herbicidas e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura. Nesse sentido, a rotação de culturas com inclusão de plantas de cobertura, conciliando o retomo econômico com a preservação da capacidade produtiva do solo, têm grande importância para garantir a sustentabilidade do sistema. Assim, o uso de espécies que possuem sistema radicular agressivo pode permitir a continuidade desse sistema sem interrupções, mesmo quando ocorre a compactação superficial do solo (AMARAL et al., 2004).

A combinação do sistema plantio direto com integração e, principalmente, com a rotação e consorciação lavoura/pastagem estabelece as bases de novos paradigmas na sustentabilidade agrícola. Observa-se no sistema Integração Lavoura-Pecuária em Plantio Direto (SILPPD), benefícios em áreas onde se associem culturas agrícolas anuais com pastagens e a presença de animais em pastejo. Com os novos conhecimentos sobre fertilidade do solo e plantas daninhas, tornou-se possível à semeadura de culturas, como soja e milho, sobre pastagens dessecadas, sem preparo de solo. A pastagem além de manter o solo coberto, permite que ocorra a adição e aumento no teor de matéria orgânica no solo (CARVALHO et al., 2005).

Segundo Vilela et al. (2003), após inúmeros anos de cultivo utilizando espécies com pouca produção de palhada, é freqüente a perda de matéria orgânica e, conseqüentemente, há o comprometimento das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Em contrapartida, as pastagens bem manejadas apresentam elevada capacidade de manter ou até mesmo aumentar o teor de matéria orgânica do solo, sendo mais eficientes na reciclagem de nutrientes que as culturas anuais.

Em regiões caracterizadas com temperatura média anual alta aliada a ocorrência de chuvas de grande intensidade no verão, a agricultura e a pecuária devem ser exploradas em sistemas conservacionistas do solo, sendo que o plantio direto tem se apresentado com grande viabilidade técnica e econômica. Aliado ao plantio direto, o sistema de integração agricultura-pecuária têm contribuído para a viabilidade do setor agropecuário, uma vez que possibilita o fornecimento de alimento na época seca do ano (MELO, 2003).

Yamada e Abdalla (2006) destacaram os principais fatores relacionados à manifestação do potencial produtivo das espécies cultivadas, que são: genótipo, ambiente de produção e manejo. Assim, a escolha do genótipo em função da época, da região e das estratégias de manejo adotadas é importante para a obtenção de produtividades lucrativas, sobretudo quando aliada à compreensão das limitações e/ou vantagens do ambiente de produção.

O plantio direto se consolidou como um sistema com muitas vantagens comparativas ao sistema convencional de preparo de solo, com aração e gradagens, diminuindo custos e aumentando a conservação do solo e da água. Apesar disso, ainda predomina o cultivo de apenas uma safra ao ano em regiões de cerrado. No inverno, o clima seco inviabiliza o cultivo de uma segunda safra, exceção à áreas sob irrigação ou à áreas de safrinha, que são de pequena representatividade no Brasil. Como resultado, na maior parte do ano as áreas agrícolas permanecem ociosas, não dando nenhum retorno ao agricultor, pelo contrário, nessa época multiplicam-se plantas daninhas e outras pragas, o que exige maior gasto com defensivos químicos para o seu controle por ocasião do novo ciclo de cultivo (ALVARENGA, 2004). O controle do primeiro fluxo de plantas daninhas que emerge é fundamental para reduzir a interferência das mesmas sobre a produtividade das culturas que se estabelecerão posteriormente (COSTANTIN e OLIVEIRA, 2005).

Desta forma, torna-se uma oportunidade para pecuaristas e agricultores utilizarem estas áreas de culturas justamente na época de menor disponibilidade de pastagem perenes, aumentando o ganho de peso e tornando a pecuária de um ciclo mais curto (SOUZA e GRAÇA, 2006).

De acordo com Lima (2004), as vantagens que a consolidação da prática de integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto proporcionaria aos sistemas produtivos brasileiros da agropecuária são: aumento da produção de grãos; aumento da produção de carne e leite; redução dos custos de produção; controle de pragas, doenças e plantas daninhas; recuperação da fertilidade do solo com a lavoura em áreas de pastagens degradadas; permite a formação de palhada e com boa persistência; diversificação de culturas favorecendo rotação; incremento de novas áreas de pastagem no sistema integração e diminuição da necessidade de novos desmatamentos; aumento da eficiência de utilização de fertilizantes e corretivos e maior estabilidade de renda ao produtor.

Desta forma, a “integração lavoura-pecuária” aparece como umas das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos, e por sua vez, mais sustentáveis no tempo (DIAZ ROSSELO, 1992).

Quando comparamos a área de pastagens no Brasil, que está em torno de 220 milhões de hectares, com a área da agricultura de grãos, que soma apenas 40 milhões de hectares, produzindo por volta de mais ou menos 120 milhões de toneladas, é possível imaginar o potencial de produção neste sistema de integração lavoura-pecuária (CARVALHO et al., 2005).

4.1.2. Efeitos na produtividade das culturas

Alguns trabalhos relatam os efeitos benéficos das pastagens perenes sobre a produtividade de algumas espécies anuais (Carpenedo e Mielniczuk, 1990), em razão da melhoria da fertilidade de solo (BAYER e MIELNICZUK, 1997) apud (SANTOS et al., 2003).

Ayarza et al. (1993) encontraram que o rendimento de grãos foi positivamente correlacionado com a idade da pastagem que antecedia as culturas anuais em rotação, esse acréscimo sendo de 127 kg de grãos para cada ano de pastagem. Entretanto, em algumas situações a rotação com pastagens não tem proporcionado efeitos evidentes no rendimento de grãos de milho.

Em outros casos, o rendimento de soja foi reduzido em 11 a 27% em relação ao cultivo de soja solteira, ao passo que o rendimento de grãos de milho e sorgo não sofreu prejuízos significativos em áreas consorciadas de lavoura e pastagem em sistema plantio direto. Frente a esses resultados, fica evidente a necessidade de minimizar a competição da planta forrageira com a cultura anual por meio de subdoses de herbicidas ou por meio da semeadura da forrageira em pós-emergência, no sentido de garantir rendimentos satisfatórios da cultura de grãos (COBUCCI, 2001).

Pantano (2003) obteve maior produtividade de milho em cultivo solteiro, quando comparada às modalidades de consorciação semeadas concomitantemente à semeadura ou em cobertura. Segundo o autor, a competição exercida pela *B. brizantha* com o consórcio na linha de semeadura afetou o desenvolvimento do milho, em virtude do período

crítico de prevenção à interferência (PCPI), que vai dos 15 aos 45 dias do ciclo da cultura.

A interferência das forrageiras no estado nutricional da cultura, bem como no rendimento de grãos, depende das condições de solo, de clima, dos cultivares utilizados e do manejo empregado (SILVA, 2004).

Pantano (2003) constatou que a redução no espaçamento de 0,90m para 0,45m não acarretou maior produtividade de grãos, embora com valores aquém aos obtidos neste experimento, exceto quando a forrageira foi semeada na entrelinha misturada ao fertilizante de cobertura. Segundo o autor, no tratamento sem consorciação (solteiro) a produção de grãos foi maior em relação aos sistemas de consorciação empregados, em virtude da ausência de plantas de *Brachiaria brizantha* nesta modalidade de consórcio e, também, devido à competição intra e interespecífica entre as espécies consorciadas, principalmente na fase crítica de desenvolvimento do milho.

De acordo com Kluthcouski e Aidar, (2003) em experimento com 18 híbridos de milho em diferentes condições edafoclimáticas, consorciado com espécies de Braquiária, apenas três deles sofreram reduções significativas na produtividade. Na maioria dos locais constatou-se tendência para o aumento no sistema consorciado, provavelmente devido a não aplicação de herbicidas gramínicos pós-emergentes, reduzindo possíveis efeitos fitotóxicos. Observou-se ainda, maiores populações finais nas parcelas consorciadas em relação ao monocultivo. Da mesma forma observou-se aumento no desenvolvimento do milho com a melhoria na fertilidade do solo.

Estes dados corroboram com os obtidos por Borghi (2004), onde o cultivo do milho solteiro no espaçamento 0,90m, também resultou em menor estande de plantas quando comparado ao milho consorciado com *Brachiaria brizantha*. O autor atribui este fato ao maior índice de infestação de plantas daninhas nas parcelas cultivadas com milho solteiro.

Tsumanuma (2004) estudando o desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de Braquiárias ratificaram a não existência de diferença significativa para produtividade entre todos os tratamentos estudados (milho consorciado e solteiro).

Trabalhos realizados na EMBRAPA-CNPQC, por Miranda et al. (1998) e Kichel et al. (1998), para recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens*, com

uso das culturas do arroz e do milho em sistemas de integração, relatam que o efeito residual da adubação foi superior nas pastagens recuperadas com a cultura do milho.

Resultados semelhantes foram obtidos por Barcellos et al. (1997), avaliando a produtividade animal de pastagens renovadas de *B. brizantha* cv. Marandu, com uso da cultura do milho, do arroz e diretamente, com adubação, nos cerrados. Os autores observaram que a pastagem renovada com milho suportou maiores taxas de lotação, em relação às renovadas com arroz e diretamente, devido a maior aplicação dos nutrientes P e N para a cultura do milho.

As respostas na produção de forragem são geralmente positivas na integração lavoura-pastagem, pois as pastagens respondem prontamente ao maior suprimento de nutrientes que fica presente no solo em decorrência do uso da área para lavoura. Como resultado, a capacidade de suporte da pastagem e a produtividade do sistema de produção são substancialmente elevados em relação aos índices observados em pastagens degradadas (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

4.2 Milho na integração lavoura-pecuária

Em consórcio com forrageiras, especificamente *Brachiaria* spp., várias culturas têm sido empregadas, porém o milho tem sido a preferida, devido à sua tradição de cultivo, ao grande número de cultivares comerciais adaptados a diferentes regiões ecológicas do Brasil e à excelente adaptação, quando manejado em consórcio (JAKELAITIS et al., 2005a).

Considerando a importância econômica do milho, recentemente têm ocorrido importantes mudanças nos sistemas de produção da cultura, ressaltando sua expansão nos sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária (GLAT, 2002). No entanto, a eficiência técnica desses sistemas depende de certas condições, que são particulares de cada ambiente (SANCHES e SALINAS, 1981; CRUZ FILHO, 1988).

O milho é considerado excelente competidor com plantas de porte baixo, pois apresenta crescimento inicial rápido. Trabalhos conduzidos por Alvim et al. (1989) e Duarte et al. (1995) demonstraram que, em competição com espécies de *Brachiaria*, a

produtividade do milho não foi alterada. No consórcio de *B. brizantha* com o milho, Cobucci (2001) relata que em vários ensaios a presença da forrageira não afetou a este cereal.

Semelhantemente aos monocultivos, as espécies consorciadas estão sujeitas à competição promovida pelas espécies daninhas. Os efeitos negativos dessa interferência podem inviabilizar esse consórcio, por meio dos prejuízos que podem ocorrer no estabelecimento da forrageira associada, no rendimento de grãos e na qualidade do produto colhido. Desse modo, as práticas culturais – como a forma de implantação da cultura em consórcio com a forrageira, a época e a forma de estabelecimento da forrageira e o arranjo entre plantas – podem minimizar a competição entre as espécies consorciadas e a ocorrência de plantas daninhas (JAKELAITIS et al., 2005b).

De acordo com Garcia et al. (2004) as espécies do gênero *Brachiaria* mais utilizadas em sistemas de integração agricultura-pecuária são *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*.

Com a senescência do milho, a forrageira se estabelece sem prejudicar o rendimento e a colheita, proporcionando boa cobertura do solo e pastagem para o gado na época da seca, além de garantir palhada para o cultivo seguinte (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

De acordo com Salton et al. (1995) essa palhada é importante, pois a integração lavoura-pecuária com o plantio direto proporciona grandes benefícios, principalmente a melhoria da fertilidade do solo, a otimização do uso de maquinário e a obtenção de duas safras por ano: carne e grãos.

Silva et al. (2003) avaliaram diferentes formas de semeadura de *Brachiaria brizantha* em consórcio com milho. Apesar de não ter influenciado a produtividade de milho, o cultivo de duas linhas de braquiária na entrelinha do milho promoveu maior produção de biomassa da forrageira por ocasião da colheita do milho. A aplicação de herbicida nicosulfuron 8 g ha⁻¹ em mistura com atrazine 1,5 kg ha⁻¹ aos 30 dias após a emergência do milho propiciou maior rendimento de grãos, peso de mil sementes e maiores teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas do milho, quando comparados com parcelas sem herbicida.

Jakelaitis et al. (2005a) relataram que, no consórcio o vigor das plântulas de milho foi maior em relação às plântulas de *B. brizantha* semeadas na entre linha e

que, por essa razão, o crescimento inicial do milho foi mais rápido, o que gerou competição entre elas desfavorável à forrageira, proporcionando acúmulo de biomassa de *B. brizantha* em monocultivo superior à produção do sistema de semeadura utilizado em consórcio com o milho. Como planta dominante nesse consórcio, o desenvolvimento vegetativo de *B. brizantha* foi retardado devido ao sombreamento e à competição exercida pelo milho.

De acordo com Dias Filho (2002), braquiária sombreada reduz sua capacidade fotossintética, porém observa-se determinada tolerância em resposta ao sombreamento, apresentando no ambiente sombreado maior área foliar específica e razão de área foliar, visando maximizar a captura de luz, e baixo ponto de compensação luminoso, promovendo balanço positivo de carbono mesmo com limitação luminosa.

Ceccon et al. (2005) observaram em experimentos conduzidos que a altura de plantas do milho não foi afetada pela presença ou não de consórcio com diferentes espécies de gramíneas forrageiras em três locais avaliados, assim como o rendimento de massa da parte aérea e o rendimento de grãos também não apresentaram diferença estatística significativa.

Segundo Yokoyama et al. (1999), a recuperação de pastagem em consórcio com o milho é a melhor alternativa, desde que se obtenha produtividade de milho em torno de 3.600 kg ha⁻¹.

4.3 A *Brachiaria brizantha*

Segundo Alcântara (1987), o capim-marandu é um ecótipo de *B. brizantha* que foi cultivada por vários anos em Ibirarema, Estado de São Paulo, de onde foi distribuída a diversas regiões. Em 1977 esta gramínea foi fornecida a Embrapa, tendo sido incluída em ensaios de avaliação de forrageiras. Em 1984, o CNPGC e o CPAC lançaram este ecótipo como alternativa forrageira para cerrados de média e boa fertilidade. Marandu é atualmente a forrageira perene tropical com maior volume de sementes comercializadas anualmente em todo o país, sendo conhecida também pelo nome de brizantão.

Planta cespitosa, muito robusta, de 1,5 a 2,0 m de altura, com colmos iniciais prostrados, mas produzindo afilhos predominantemente eretos. Rizomas muito curtos e encurvados. Colmos floríferos eretos, freqüentemente com afilhamento nos nós superiores,

que leva a proliferação de inflorescências, especialmente sob regime de corte ou pastejo. Bainhas pilosas e com cílios nas margens, geralmente mais longas que os entrenós, escondendo os nós, o que confere a impressão de haver densa pilosidade nos colmos vegetativos. Lâminas foliares lineares lanceoladas, esparsamente pilosas na face abaxial e glabra na face adaxial. Inflorescência de até 40 cm de comprimento, geralmente com 4 a 6 racemos, bastante equidistantes ao longo do eixo, medindo de 7 a 10 cm de comprimento, mas podendo alcançar 20 cm nas plantas muito vigorosas. Espiguetas unisseriadas ao longo da raque, oblongas a elíptico-oblongas, com 5 a 5,5 mm de comprimento por 2 a 2,5 mm de largura, esparsamente pilosas no ápice (GHISI, 1987).

Esta gramínea se desenvolve bem em condições tropicais desde o nível do mar até 2000 metros de altitude e com precipitação pluvial anual superior a 700 mm e cerca de 5 meses de seca. Adapta-se bem a solos de média e boa fertilidade, tolerando altas saturações de alumínio. Texturas médias ou arenosas são as mais adequadas. Apresenta média proteção dos solos, podendo ser indicada para áreas de relevo plano a ondulado. Tem boa tolerância ao sombreamento, ao fogo e a seca. É considerada resistente a cigarrinha das pastagens e a formigas cortadeiras. Não tolera solos encharcados e é suscetível a geadas. Marandu tem boa resposta a adubação e as consorciações podem ser feitas com *Arachis pintoi*, estilosantes e puerária (NUNES, 1985).

O estabelecimento é feito por sementes. Para uma boa formação de pastagens com esta gramínea recomenda-se utilizar 1,6 a 2,5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. Em semeadura aérea normalmente os pecuaristas utilizam 20 a 30 % a mais de sementes ha⁻¹. Em média, um grama de sementes dessa cultivar contém 145 sementes viáveis e a melhor profundidade de plantio está na faixa de 2 a 4 cm (ZIMMER, 1988).

4.4 O Potássio no Sistema Solo-Planta

O Potássio (K) do solo é usualmente distinguido nas formas: K na solução do solo, extraído com água; K trocável, extraído com NHPAc, H₂SO₄ + HCl (Mehlich 1) ou resina, que se refere ao elemento fracamente retido na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo; K não trocável, extraído com HNO₃ 1 mol L⁻¹ a quente, que corresponde àquele retido na estrutura de minerais (K estrutural), tais como os feldspatos potássicos e as micas,

bem como ao K fixado nas entrecamadas de argilominerais expansivos como a vermiculita e a esmectita; e K total, extraído com HF (RAIJ, 1991; SPARKS, 2000).

Contudo, o suprimento de K para as plantas sai da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K não-trocável e com o K estrutural dos minerais (SPARKS e UANG, 1985). Sparks (1987) relata que o K do solo também pode ser classificado em função do tempo de disponibilização às plantas, sendo constituído pelo K prontamente disponível (K da solução do solo), o K rapidamente trocável, o K vagarosamente trocável e o K praticamente indisponível (K da rede cristalina dos minerais).

O K trocável é liberado rapidamente porque envolve simplesmente reações de troca na superfície dos colóides. Aquele não-trocável é liberado com maior dificuldade, porque são envolvidas, além das reações de troca, a expansão das argilas e a difusão do elemento de posições entre as camadas estruturais da argila até a superfície externa (REICHENBACH, 1972).

A adoção de uma ou outra dessas classificações é dificultada por pelo menos duas razões: nem todas as formas citadas são passíveis de caracterização quantitativa em laboratório com a precisão desejada; e, a rigor, nenhuma das formas constitui quantidade discreta, pois não há limites nítidos entre as formas (NACHTIGALL e RAIJ, 2005).

Existe um certo equilíbrio entre essas formas de K no solo. Quando este nutriente é retirado da solução pela absorção por uma raiz, por exemplo, o equilíbrio é rompido e uma fração dele ligada à fase sólida é liberada para manter o equilíbrio. Se todas as formas de K estão ligadas a este equilíbrio, todas podem ser liberadas para a solução. Entretanto, a velocidade com que cada forma é liberada varia em função do tipo de reação envolvida (NACHTIGALL e RAIJ, 2005).

Segundo Mielniczuk (1982), sob o ponto de vista de nutrição da planta, o equilíbrio mais importante é entre o K trocável e o K na solução, cujo somatório para fins práticos é considerado como K disponível, que são as fontes imediatas de K para as plantas.

Porém os solos tropicais de uma maneira geral (SÁNCHEZ, 1994), são relativamente pobres em minerais contendo K e, conseqüentemente, apresentam baixa capacidade de suprimento deste nutriente para as plantas. Verifica-se também, em diversas situações, que a quantidade de K extraída pelas plantas, com freqüência, é superior às formas trocáveis, pelo que as formas de K não-trocável contribuem significativamente para o total de

K absorvido pelas plantas (MELO et al., 1995; SILVA, 1996; SILVA et al., 2000; CASTLLHOS e MEURER, 2002).

De acordo com Silva et al. (1995) o K não-trocável do solo é absorvido em quantidades consideráveis por várias espécies vegetais, em diversos tipos de solos brasileiros.

Apesar de Raij et al. (1996) admitirem que o K não-trocável do solo e o K dos restos vegetais podem contribuir consideravelmente para a nutrição das plantas cultivadas, nos manuais de adubação a recomendação de doses de adubo potássico para as culturas é fundamentada principalmente nos teores de K trocável do solo da camada arável.

Raij (1991) ainda argumenta que na maioria dos trabalhos experimentais consideram-se apenas os teores de K trocável e de K não-trocável do solo da camada arável (até 20 cm de profundidade), o que em muitos casos subestima-se o potencial dessas fontes, pois, a tendência é que nas camadas mais profundas do solo as fontes de K sejam mais abundantes em função do intemperismo. No trabalho de Raij e Quaggio (1984), constatou-se que os teores de K não-trocável do horizonte B de alguns solos foram maiores do que os da camada arável.

Em decorrência, tem sido crescente o interesse sobre a identificação das fontes de K não-trocável nos solos, objetivando a busca de avaliação mais adequada do suprimento deste nutriente para as culturas (MELO et al., 1995; MEURER et al., 1996; MELO et al., 2000; CASTILHOS et al., 2002; MELO et al., 2003).

Segundo Elkhatib e Rern (1988), para subsidiar discussões sobre as recomendações de adubação potássica para as culturas, é importante definir a taxa de disponibilização do K não-trocável do solo às plantas. Também, o desempenho das plantas de cobertura do solo e seus efeitos nas culturas comerciais devem ser validados em cada local em função das condições do solo, clima e situação sócio-econômica do produtor (CALEGARI, 2001). Apesar disto, aspectos relativos à rusticidade, manejo e produção de sementes são importantes e merecem destaque na seleção de espécies de plantas de cobertura do solo (WOLSCHICK, 2000).

A avaliação das reservas de K em médio prazo (K não-trocável, extraível por HNO_3 fervente) ainda merece estudos mais aprofundados para o entendimento de sua dinâmica no solo. Mielniczuk e Selbach (1978) observaram que a redução dos teores de K

no solo cultivado ocorre ao mesmo tempo para as formas de K (K trocável e $K\text{HNO}_3$), mesmo quando há adições periódicas.

A determinação dos teores de K não-trocável ainda não é utilizada de forma rotineira, provavelmente pela dificuldade analítica encontrada pelos laboratórios e pela variabilidade dos resultados referentes à sua interpretação. Contudo, já existem resultados experimentais que mostram que é necessário dedicar maior atenção ao assunto (NACHTIGALL e RAIJ, 2005).

No trabalho de Rosolem et al. (1993), estudou-se a intensidade de liberação do K não-trocável de cinco tipos de solos, na presença e na ausência de adubação potássica, e foi constatado que a disponibilização do K não-trocável, independente do tipo de solo, manteve equilibrado os níveis de K trocável da maioria dos solos avaliados no decorrer do desenvolvimento das plantas, e a principal fonte de K para a soja foi da forma não-trocável do solo.

A capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos, que varia em função do teor de matéria orgânica, do tipo e quantidade de argila e do pH do solo, é a principal componente que determina a relação K trocável : K da solução do solo, e para uma mesma quantidade de K total do solo, haverá menos K na solução em solos com alta CTC, o que refletirá em menores perdas de K por lixiviação, menor retirada desnecessária de K pelas plantas e maior capacidade de armazenamento de K no solo (MIELNICZUK, 1982).

Rosolem (1997) argumenta que o manejo adequado da adubação potássica, no que diz respeito às quantidades de adubo a serem ministradas, pode reduzir perdas, o que é importante do ponto de vista econômico e ambiental, porém, se a aplicação de K for subestimada, pode haver esgotamento das reservas de K do solo.

Souza et al. (1979) constataram que houve tendência à exaustão do K trocável do solo, em função de cultivos sucessivos com aplicações de doses relativamente baixas de adubo potássico. Com a exaustão dessas formas, o K não-trocável, que representa a reserva a longo prazo, é lentamente liberado para o solo, podendo então ser absorvido pelas plantas, retido na CTC, fixado, erodido, lixiviado ou biociclado (FONSECA, 2004).

De acordo com Fiorin (1999), a reciclagem de nutrientes pode ser otimizada em função do cultivo de espécies vegetais conhecidas como plantas de cobertura. Simonete et al. (1997) verificaram que o azevém tem capacidade de extrair o K do solo

oriundo de formas inicialmente não-trocáveis.

Por sua vez, a taxa de mineralização dos nutrientes contidos na biomassa das plantas de cobertura, de maneira geral, é semelhante à taxa de decomposição da matéria orgânica, porém, o K é exceção, pois este nutriente é totalmente liberado mesmo sem haver decomposição completa do tecido vegetal (MIELNICZUK, 1998; apud FIORIN, 1999).

De acordo com Amado (1999), um sistema para ser considerado sustentável deve apresentar, entre outras características, eficiente ciclagem de nutrientes.

Segundo Aita et al. (2000), as plantas de cobertura desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto aqueles aplicados por meio dos fertilizantes minerais não aproveitados pelas culturas comerciais, como aqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo e do próprio material de origem. Além disso, a ciclagem de nutrientes é favorecida, no sistema plantio direto, pela exploração de maior volume de solo pelas raízes, maior produção de palhada, redistribuição vertical de nutrientes no perfil e modificações químicas induzidas na rizosfera que aumentam a disponibilidade de nutrientes, principalmente quando culturas de cobertura são usadas.

No trabalho de Klepker e Anghinoni (1995), constatou-se aumento nos teores de K trocável na superfície do solo manejado com semeadura direta, contudo, estes autores observaram que houve a formação de um gradiente de concentração de K trocável no solo transversal às linhas de semeadura do milho, com altas concentrações de K próximas à base dos caules das plantas, diminuindo gradativamente a partir dos mesmos até o meio das entrelinhas, ocorrendo, independentemente do modo de aplicação do fertilizante potássico e do sistema de preparo de solo avaliado.

Silva e Ritchey (1982) também observaram a formação de gradiente de concentração de K trocável na superfície do solo, localizado transversalmente às linhas de semeadura do milho, e constataram que o aumento das doses de adubo potássico intensificou este fenômeno. Os autores destes dois trabalhos justificaram a formação do gradiente de concentração de K no solo devido à lavagem do K da parte aérea do milho pela água das chuvas, ao longo da senescência das plantas no final do ciclo da cultura.

Quanto à dinâmica do K potássio em SILP, há uma escassez de trabalhos na literatura relatando o comportamento deste elemento em sistemas de consórcio entre culturas anuais e espécies forrageiras e suas sucessões. Desta forma, deve-se ressaltar a

importância desta linha de pesquisa para melhor entendimento da dinâmica deste elemento e para uso mais eficiente da adubação potássica em SILP.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado em área pertencente à FMVZ/UNESP, em Botucatu-SP, nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009. A localização geográfica desta área está definida pelas seguintes coordenadas: latitude 22°51'S, longitude 48°26' WGrw e altitude de 786m.

5.2 Descrição do clima

O clima de Botucatu-SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, que significa clima mesotérmico com inverno seco. A estação seca da região é bem definida e ocorre entre os meses de maio a setembro. A Figura 1 contém os dados climatológicos relativos ao período experimental de novembro de 2008 a abril de 2009, período o qual se deu o desenvolvimento da cultura do milho, coletados no posto meteorológico pertencente ao Departamento de Recursos Naturais/Ciências Ambientais da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, SP.

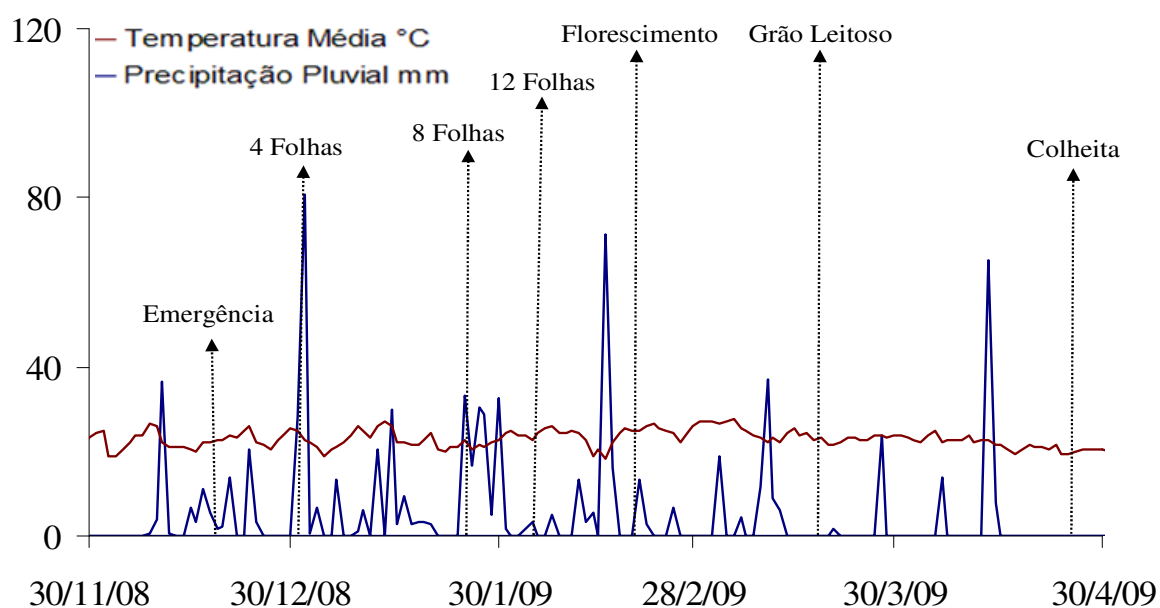


Figura 1. Dados climatológicos e fenologia da cultura do milho no período de novembro de 2008 a abril de 2009. Botucatu-SP, 2009.

5.3 Solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (CARVALHO et al., 1983; EMBRAPA, 1999), com relevo suave ondulado e com boa drenagem. A área vinha sendo cultivada com milho no verão, para silagem de planta inteira e triticale no inverno, para produção de feno, antes da instalação do experimento. As caracterizações químicas e físicas do solo, de acordo com as metodologias de Raij et al. (2001) e Embrapa (1997) respectivamente, se encontram nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1. Análise química do solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm, amostrado antes da instalação do experimento.

Profundidade	pH	MO	P (resina)	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					%
0-20	5,8	23	16	26	0,8	29	22	78	67
20-40	5,6	19	12	27	0,3	26	19	72	62
40-60	4,7	18	5	46	0,3	12	10	69	33

Tabela 2. Teor de micronutrientes do solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm, amostrado antes da instalação do experimento.

Profundidade	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
cm	mg dm ⁻³				
0 a 20	0,19	2,7	9	5,7	0,9
20 a 40	0,15	2,4	12	3,6	0,8
40 a 60	0,22	3,0	34	3,3	0,7

Tabela 3. Análise física do solo nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm, amostrados antes da instalação do experimento.

Profundidade	Areia	Argila	Silte	Textura
cm	g kg ⁻¹			
0 a 5	351	482	167	
5 a 10	361	477	162	
10 a 20	346	480	174	Argilosa
20 a 40	314	521	165	
40 a 60	344	523	133	

5.4 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento consistiu de 16 tratamentos estabelecidos em esquema de blocos casualizados com parcelas subdivididas em quatro repetições (FERREIRA 2000), tendo a área de cada subparcela 35 m² (5 x 7 m). Cada dose de K₂O (0, 75, 150, 225 kg ha⁻¹) correspondeu a uma parcela, sendo as subparcelas formadas pela presença ou ausência de *Brachiaria brizantha* cultivada no ano agrícola de 2007/2008 como planta de cobertura, e subparcelas compostas por dois sistemas de cultivo: milho solteiro e milho consorciado com *Brachiaria brizantha*. As doses de K₂O e os sistemas de cultivo só foram implantados no ano agrícola de 2008/2009.

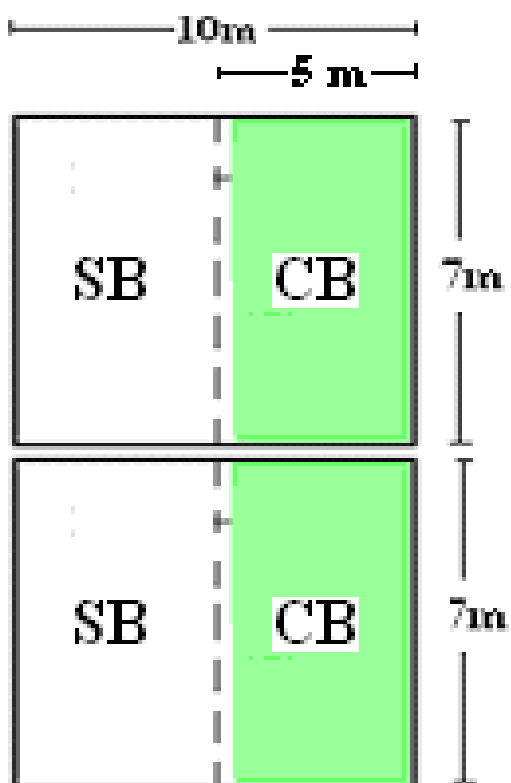
Foram utilizados o híbrido simples de milho DKB177 e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com valor cultural de 76%.

5.4.1 Cronograma de instalação do experimento

Ano Agrícola 2007/2008

Instalação das subparcelas (TB) (27/11/2007).

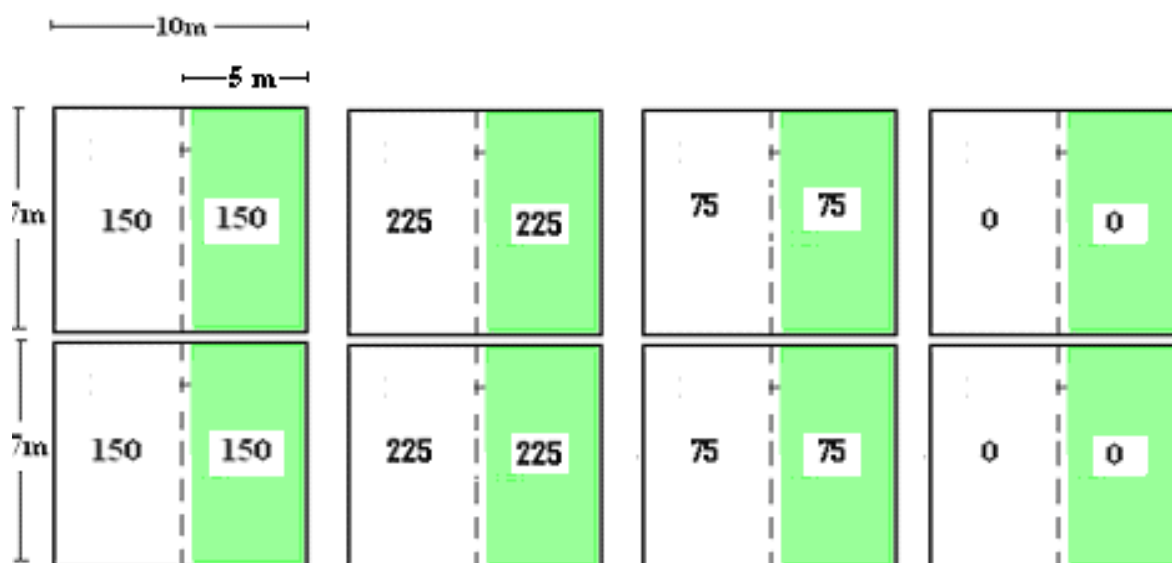
As subparcela foram constituídas dos seguintes tratamentos: com *Brachiaria brizantha* (CB) e sem *Brachiaria brizantha* (SB) como planta de cobertura. A área de cada subparcela corresponde a 70 m² (5 x 14 m).



Ano Agrícola 2008/2009

Instalação das parcelas (TA) (03/12/2008).

As parcelas foram constituídas pelas doses de K_2O (0; 75; 150; 225 kg ha^{-1}), sendo a área de cada parcela 140 m^2 (10 x 14 m).



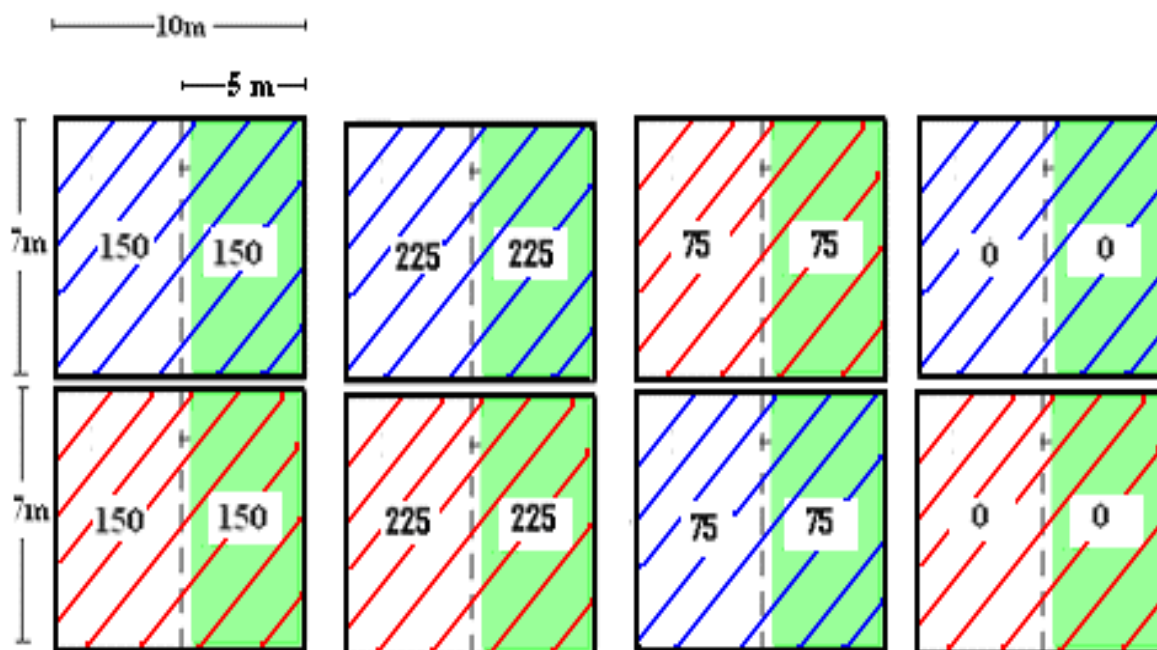
Ano Agrícola 2008/2009

Instalação das subsubparcelas (TC) (17/12/2008).

As subsubparcelas foram constituídas por dois sistemas de cultivo, a saber: 1) Milho Solteiro e 2) Milho Consorciado Com *Brachiaria brizantha*. A área de cada subsubparcela correspondeu a 35 m^2 (5 x 7 m).

ESQUEMA GRÁFICO REPRESENTANDO UM BLOCO

- 1) Milho Solteiro = **Linhas Vermelhas**
- 2) Milho Consorciado Com *Brachiaria brizantha* = **Linhas Azuis**



5.5 Instalação e condução do experimento

5.5.1 Preparo do solo no ano agrícola 2007/2008

No ano agrícola de 2007/2008 o solo foi preparado com uma aração e uma gradagem, quando os restos culturais de triticales que se encontravam na área foram incorporados. Os implementos agrícolas utilizados para o preparo do solo foram: grade aradora com 10 discos de 26 polegadas e grade niveladora com 32 discos de 18 polegadas.

5.5.2 Semeadura da *Brachiaria brizantha* no ano agrícola de 2007/2008

A semeadura da *Brachiaria brizantha* foi realizada no dia 22/11/2007 utilizando-se semeadora pneumática de tração tratorizada, com cinco linhas individuais espaçadas de 0,40 m, com profundidade aproximada de 2 a 3 cm, utilizando-se 7 kg ha⁻¹ de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com valor cultural de 76%. Para possibilitar a distribuição uniforme das sementes de *Brachiaria brizantha* ao longo das linhas de semeadura, foram utilizados discos dosadores recomendados para semeadura de sorgo (KLUTHCOUSKI et al., 2003). A *Brachiaria brizantha* foi manejada com operações de roçagem a cada intervalo de três meses. Todo material roçado permanecia na área após as operações.

5.5.3 Controle de plantas daninhas

Nas subsubparcelas que não receberam o cultivo da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de aplicação de herbicidas de manejo, utilizando-se 3 L ha⁻¹ de Glyphosate.

5.6 Análise química do solo

Foram coletadas amostras de solo para determinação do K trocável e K não-trocável em três épocas de amostragens no decorrer de dois anos agrícolas, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade. As duas primeiras amostragens foram realizadas com um intervalo de 9 meses entre a primeira e a segunda coleta, sendo a terceira coleta realizada seis meses após a segunda, ou seja, após a colheita do milho. As duas primeiras coletas foram realizadas com o intuito de caracterizar a área experimental quanto à disponibilidade de K nas subparcelas com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, sendo coletadas 10 subamostras em cada subparcela por bloco. Na terceira coleta foram retiradas cinco subamostras de solo para cada profundidade avaliada em cada subsubparcela experimental para cada bloco.

Após as coletas, as amostras de solo foram secadas em estufa de aeração forçada a 60° por 48h, desboroadas e passadas em peneira com 2 mm de malha antes de serem submetidas a análises químicas.

Foram determinados os teores de K trocável das amostras de solo por meio do método da resina trocadora, de acordo com metodologia de Raij et al. (2001).

Os teores de K não-trocável foram determinados das mesmas amostras de solo, com ácido nítrico 1N a quente (KNUDSEN et al., 1982).



Figura 2. Coleta de amostras de solo nas subparcelas, sem e com *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, para análise química no ano agrícola de 2007/2008.

5.7 Avaliação fitotécnica da *Brachiaria brizantha*

Foram realizadas coletas de material vegetal da *Brachiaria brizantha* em três épocas, sendo estas épocas as mesmas citadas anteriormente para amostragem de solo no subitem 5.6. A área amostrada foi de 0,25 m². Após as amostragens, os materiais vegetais foram secos em estufa de aeração forçada a 60° por 72h. Em seguida foram determinados a massa de matéria seca das amostras e os teores de K de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

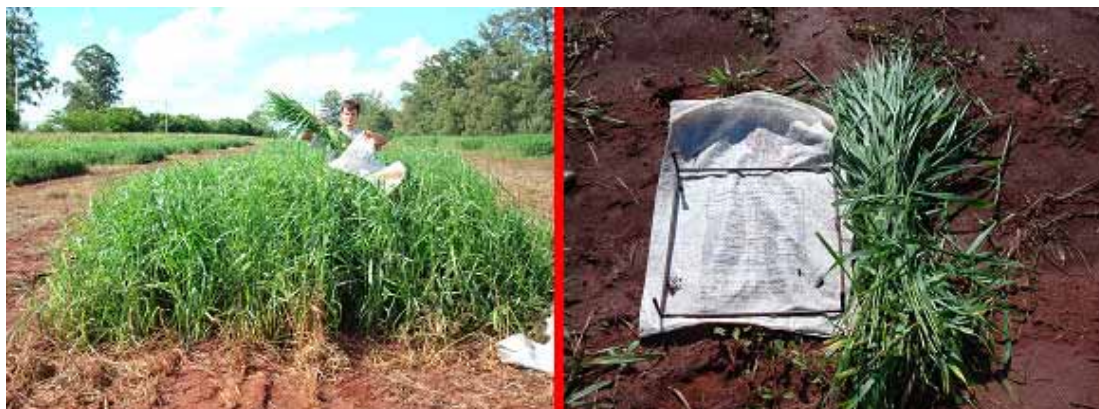


Figura 3. Coleta de amostras de *Brachiaria brizantha* nas subparcelas para análise de matéria seca e química no ano agrícola de 2007/2008.



Figura 4. Desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* 90 dias após a colheita do milho ano agrícola de 2008/2009.

5.8 Semeadura dos sistemas: milho solteiro e milho consorciado com *Brachiaria brizantha* no ano agrícola de 2008/2009

A semeadura do milho foi realizada no dia 17/12/2008 sem revolvimento do solo, utilizando-se semeadora de tração tratorizada, com três linhas individuais espaçadas de 0,90 m, colocando-se 6 sementes por metro. A semeadura da *Brachiaria brizantha* foi realizada 20 dias após a emergência das plântulas de milho no campo. Foram semeadas duas linhas de *Brachiaria brizantha* nas entrelinhas do milho, em área total, com profundidade aproximada de 2 a 3 cm, utilizando-se 8 kg ha⁻¹ de sementes de *Brachiaria brizantha*, variedade S2, com valor cultural de 76%. As sementes de *Brachiaria*

brizantha foram misturadas juntamente com a uréia utilizada para realização da adubação nitrogenada de cobertura para cultura do milho.

As subsubparcelas com tratamento milho solteiro receberam aplicação de herbicida Nicosulfuron (Tracer) na dose de $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ no período de emergência das plântulas de *Brachiaria brizantha*.



Figura 5. Semeadura da *Brachiaria brizantha* junto à adubação nitrogenada de cobertura.



Figura 6. Desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* nas subsubparcelas milho consorciado com *Brachiaria brizantha*.

5.9 Adubações de semeadura e cobertura

Por ocasião da semeadura do milho, toda área experimental, recebeu 30 e 90 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅, respectivamente, na forma de uréia e superfosfato triplo. Essa adubação foi realizada no sulco de plantio (RAIJ et al., 1996). Na adubação de cobertura foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia aos 20 dias após emergência das plântulas de milho. Sendo o adubo distribuído e incorporado com máquina adubadora de tração tratorizada a 20 cm da planta de milho na direção das entrelinhas.

5.9.1 Aplicação de potássio na área para caracterização dos tratamentos (TA)

a) Aplicação das doses de potássio

Para aplicação das doses de K₂O foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante (pressurizado por CO₂) com barras de 5 bicos (Bicos = S.S. CO. FULLJET FL-8VC), pressão de 3,1 kg cm⁻³ e velocidade de aplicação de 1 m s⁻¹. A aplicação de potássio foi realizada em área total.

As especificações e cálculos seguem descritos abaixo:

Volume de calda = 533 L ha⁻¹.

Como a barra aplicadora continha 5 bicos espaçados a 50 cm, e a área da subsubparcela correspondia a 70m², ficou estabelecido que a área de aplicação corresponderia a 75m², ou seja, durante a aplicação um dos bicos passaria fora da área da subsubparcela. Desta forma, cada área de 75 m² receberia 4 litros da mistura KCL + água.

$$\begin{array}{l} 4 \text{ litros} \text{ ----- } 75 \text{ m}^2 \\ \text{X-----} 10000 \text{ m}^2 \end{array}$$

b) Cálculo para quantidade de calda aplicada no experimento

Para maior facilidade no procedimento de aplicação das doses, fez-se a opção de realização do cálculo para a menor dose. Desta forma o tratamento cujas doses correspondia a 75 kg ha^{-1} de K_2O recebia um aplicação de 4 litros da solução, o tratamento cujas doses correspondia a 150 kg ha^{-1} de K_2O recebia duas aplicações de 4 litros da solução e o tratamento cuja dose correspondia 225 kg ha^{-1} de K_2O recebia três aplicações de 4 litros da solução. Desta forma:

- 36 Subparcelas receberam 75 kg ha^{-1} de K_2O ;
- 24 Subparcelas receberam $75 + 75 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O totalizando 150 kg ha^{-1} de K_2O ;
- 12 Subparcelas receberam $75 + 75 + 75 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O totalizando 225 kg ha^{-1} de K_2O .

c) Cálculo da área total que recebeu aplicação da solução

$36 + 24 + 12 = 72$ Subparcelas que receberam 75 kg ha^{-1} de K_2O

$$72 \times 75 \text{ m}^2 = 5400 \text{ m}^2$$

d) Cálculo para o volume de calda

$$533,3 \text{ L} \text{ ----- } 10000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ ----- } 5400 \text{ m}^2$$

$X = 288,0 \text{ L}$ de calda para aplicar em todos os tratamentos.

e) Cálculo para quantidade de KCl diluída em 288,0 L de água

$$125 \text{ kg ha}^{-1} \text{ KCl} \text{ ----- } 533,3 \text{ L}$$

$$X \text{ ----- } 288,0 \text{ L}$$

$X = 67,5 \text{ kg KCl}$ diluído em $288,0 \text{ L}$.



Figura 7. Aplicação das doses de K_2O para caracterização das parcelas.

5.10 Avaliação fitotécnica da cultura do milho

5.10.1 Altura das plantas e inserção de espiga

Para determinação da altura de cada planta foi considerada a distância entre o nível do solo e o ponto de inserção da folha bandeira. Para avaliação da altura de inserção da espiga em cada planta foi considerada a distância entre o nível do solo e a inserção da primeira espiga. Para estas avaliações foram utilizadas réguas de madeira com fitas métricas aderidas. Foram tomadas medidas de 10 plantas por subsubparcela quando o milho encontrava-se no estágio de florescimento.

5.10.2 Comprimento médio dos internódios

Para avaliação do comprimento médio dos internódios por planta, foram coletadas 3 plantas por subsubparcela quando estas se encontravam em pleno florescimento e tomadas as mediadas de comprimento de cada internódio. Para esta avaliação foi utilizada régua de plástico graduada em centímetros.

5.10.3 Diâmetro do colmo

Para determinação do diâmetro do colmo, foi utilizado paquímetro digital graduado em milímetros. Foram avaliadas 10 plantas por subsubparcela no estágio de florescimento do milho. Para medição foi considerado o primeiro entrenó a partir da superfície do solo de cada planta.

5.10.4 Área foliar do milho

Para determinação da área foliar, foi utilizado um cilindro de metal com capacidade de recortar círculos foliares com área de 23,15 mm². Foram coletadas 3 plantas por subsubparcela. Foram coletados 20 círculos por planta para análise de área foliar, totalizando 60 círculos. O cálculo foi baseado em regra de três simples, onde se multiplicou massa seca total de folhas por planta versus a área correspondente de 20 círculos dividido pela massa seca dos mesmos.

5.10.5 Análise química foliar do milho

Para análise foliar da cultura do milho, foram coletadas o terço basal da folha oposta e abaixo da primeira espiga, superior, excluída a nervura central, coletada por ocasião da inflorescência feminina (embonecamento), e recomendada para avaliar o estado nutricional desta cultura (MARTINEZ et al., 1999). As folhas permaneceram em estufa a 60 °C até peso constante. Em seguida, as folhas secas, foram processadas em moinho, e o material seco e moído foi submetido à análise química para determinação dos teores de macronutrientes e boro de acordo com metodologia descrita por (MALAVOLTA et al., 1997).

5.10.6 Partição de massa seca no florescimento do milho

Para determinação da partição de matéria seca na planta de milho, foram coletadas 3 plantas por subsubparcela no estágio de florescimento. As plantas foram divididas em folhas, colmo e espigas. O material permaneceu em estufa a

60 °C até peso constante. Em seguida o material foi pesado, e após a pesagem foi determinado a massa seca de folhas, colmo e espigas por planta.

5.10.7 Análise bromatológica da planta do milho no estágio de grão leitoso

Para realização da análise bromatológica da cultura do milho, foram coletados plantas em 2 m de linha. O material foi dividido em planta inteira e espigas. Em seguida, o material foi pesado e processado em máquina picadora de forragem. Foram coletadas 2 subamostras de material picado de cada divisão para determinação da massa seca de forragem por hectare e umidade do material. As subamostras permaneceram em estufa a 60 °C até peso constante. Após pesagem, as subamostras secas foram processadas em moinho, e o material seco e moído foi submetido à análise para determinação do teor de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com a metodologia descrita por Goering e Van Soest (1970). Também foi determinado o teor de proteína bruta (PB) dos materiais de acordo com a metodologia descrita por AOAC (1990).

5.10.8 População final de plantas

Para determinação da população final de plantas, foram contadas todas as plantas da área útil de cada subsubparcela e o resultado extrapolado para plantas por hectare.

5.10.9 Número de espigas por hectare

Na avaliação do número de espigas por hectare, foram contadas todas as espigas presentes na área útil de cada subsubparcela e o resultado extrapolado para espigas por hectare.

5.10.10 Comprimento médio das espigas

O comprimento da espiga foi determinado com auxílio de uma régua de plástico graduada em centímetros. Foram avaliadas 10 espigas aleatoriamente por subsubparcela.

5.10.11 Diâmetro médio das espigas

Para avaliação do diâmetro da espiga, foi utilizado paquímetro digital graduado em milímetro. Foram tomadas medidas de diâmetro de 10 espigas por subsubparcela escolhidas aleatoriamente.

5.10.12 Número de fileira de grãos por espiga

O número de fileira de grãos por espiga foi determinado mediante contagem em 10 espigas aleatoriamente.

5.10.13 Número de grãos por espiga

O número de grãos por espiga foi estimado indiretamente pela razão da massa de grãos por espiga e a massa de mil grãos.

5.10.14 Massa de 1000 grãos

Para determinação desta variável, foi realizada a contagem ao acaso de oito repetições de 100 grãos (BRASIL, 1992), que tiveram suas massas determinadas e ajustadas para 13% de teor de água, possibilitando estimar assim a massa de 1000 grãos.

5.10.15 Diâmetro médio do sabugo

O diâmetro do sabugo correspondeu ao diâmetro médio, em milímetros, da porção central dos sabugos de 10 espigas por subsubparcela. Para esta avaliação utilizou-se paquímetro digital.

5.10.16 Comprimento do grão de milho

O comprimento do grão foi estimado indiretamente pela diferença entre diâmetro da espiga (item 5.10.11) e diâmetro do sabugo (item 5.10.15).

5.10.17 Massa seca dos grãos por espiga

Para determinação da massa seca de grãos por espiga, foram utilizados os grãos provenientes de dez espigas por subsubparcela, onde os mesmos permaneceram em estufa a 105 °C até peso constante. O resultado foi obtido através da pesagem dos grãos secos e efetuando-se a média.

5.10.18 Massa seca do sabugo por espiga

Para determinação da massa seca de sabugo por espiga, foram utilizados os sabugos provenientes de dez espigas por subsubparcela, onde os mesmos permaneceram em estufa a 105 °C até peso constante. O resultado foi obtido por meio da pesagem dos sabugos secos e efetuando-se a média.

5.10.19 Massa seca de palha por espiga

Para determinação da massa seca de palha por espiga, foram utilizadas as palhas provenientes de dez espigas por subsubparcela, onde os mesmos permaneceram em estufa a 105 °C até peso constante. O resultado foi obtido através da pesagem das palhas secas e efetuando-se a média.

5.11 Produtividade

A produtividade foi obtida a partir da massa dos grãos, contidos na área útil de cada subsubparcela mediante pesagem, e expressa em kg ha^{-1} , ajustadas para 13% de teor de água, com base nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

5.12 Teor e translocação de potássio para o grão

Para análise do teor de K nos grãos de milho, foram coletados grãos de dez espigas por subsubparcela após a colheita. Os grãos permaneceram em estufa a 60 °C até peso constante. Em seguida, os grãos secos, foram processados em moinho, e o material seco e moído foi submetido à análise química para determinação do teor de K de acordo com metodologia descrita por (MALAVOLTA et al., 1997).

Para o cálculo da porcentagem de K translocado para os grãos, utilizou-se como referência o teor de K no tecido vegetal do milho por ocasião do florescimento (item 5.10.5) e o teor de K nos grãos (item 5.12). Por meio de cálculos matemáticos, determinou-se quanto representaria, em porcentagem, o teor de K nos grãos em relação ao teor de K na planta de milho no estágio de florescimento.

5.13 Análise estatística

Para análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico Assistat. Todos os dados originais foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey.

Os dados referentes às doses de potássio foram submetidos à análise de regressão calculada para equações lineares e quadráticas e foram aceitas as equações significativas até 5% de probabilidade pelo teste F, com o maior coeficiente de determinação (R^2).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Condução da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura para caracterização das subparcelas no ano agrícola 2007/2008

Analisando as Figuras 8A e B, percebe-se claramente que houve contribuição de formas de K consideradas inicialmente não trocáveis para a nutrição da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, caracterizando assim o fator de variação subparcela. Esta idéia é reforçada pelo fato do teor de K trocável no início do experimento ser considerado baixo de acordo com Raij et al. (1996) (Tabela 1) e o teor de K no tecido vegetal da *Brachiaria brizantha* encontrar-se em níveis adequados (Figura 11). Deve-se destacar que estes resultados referem-se à média geral dos quatro blocos, divididos apenas em sem e com *Brachiaria brizantha*.

De acordo com Kaminski et al. (2007), a absorção de K pelas plantas desencadeia um processo contínuo de depleção de diferentes formas de K, a qual é mais acentuada quando os teores de K disponíveis são mais baixos.

Observa-se ainda que mesmo nas subparcelas com ausência de *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura houve redução do nível de K não trocável, sendo esta em menor proporção quando comparado as subparcelas com a presença de *Brachiaria brizantha*, principalmente nos primeiros 20 cm de profundidade.

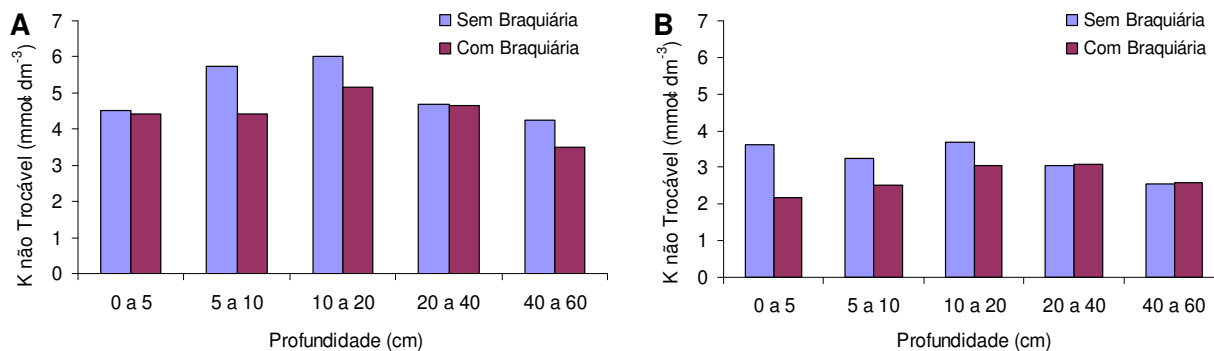


Figura 8. Teor de potássio não trocável no solo aos 90 (A) e 270 (B) dias após a semeadura da Braquiária, em diferentes profundidades do solo, no município de Botucatu-SP, 2008.

A avaliação das reservas de K em médio prazo (K não-trocável, extraível por HNO_3 fervente) ainda merece estudos mais aprofundados para o entendimento de sua dinâmica no solo. Mielniczuk e Selbach (1978) observaram que a redução dos teores de K no solo ocorre ao mesmo tempo para as formas de K (K trocável e K HNO_3), mesmo quando há adições periódicas.

Com relação ao teor de K trocável do solo (Figuras 9A e B), percebe-se aumento considerável, da segunda coleta 270 dias em relação à primeira, 90 dias após a semeadura da *Brachiaria brizantha*, no teor deste elemento no solo. No entanto, este aumento foi verificado apenas nas subparcelas que continham *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, mostrando que esta espécie pode ser considerada como eficiente na ciclagem de formas de K não trocáveis para formas trocáveis.

Este resultado reforça as tendências já relatadas por Oliveira et al. (1971), Mielniczuck e Selbach (1978), Patella (1980), Rosolem et al. (1988), Nachtigall e Vahl (1989), Nachtigall e Vahl (1991a,b), Rosolem et al. (1993), Castilhos e Meurer (2002), Bortoluzzi et al. (2005) e Brunetto et al. (2005), permanecendo o postulado de que formas de K não trocáveis, normalmente estimadas pelo HNO_3 , ao longo do tempo, podem manter estáveis as formas de K trocáveis no solo.

O suprimento de K para as plantas sai da solução e dos sítios de troca dos colóides do solo, que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o K estrutural dos minerais (SPARKS e UANG, 1985). Sparks (1987) relatou que o K do solo também pode ser classificado em função do tempo de disponibilização às plantas, sendo constituído pelo K

prontamente disponível (K da solução do solo), o K rapidamente trocável, o K vagorosamente trocável e o K praticamente indisponível (K da rede cristalina dos minerais).

No entanto, a adoção de uma ou outra dessas classificações é dificultada por pelo menos duas razões: nem todas as formas citadas são passíveis de caracterização quantitativa em laboratório com a precisão desejada; e, a rigor, nenhuma das formas constitui quantidade discreta, pois não há limites nítidos entre as formas (NACHTIGALL e RAIJ, 2005).

Existe certo equilíbrio entre essas formas de K no solo. Quando este nutriente é retirado da solução pela absorção por uma raiz, por exemplo, o equilíbrio é rompido e uma fração dele ligada à fase sólida é liberada para manter o equilíbrio. Se todas as formas de K estão ligadas a este equilíbrio, todas podem ser liberadas para a solução. Entretanto, a velocidade com que cada forma é liberada varia em função do tipo de reação envolvida (NACHTIGALL e RAIJ, 2005). Segundo Mielniczuk (1982), sob o ponto de vista de nutrição da planta, o equilíbrio mais importante é entre o K trocável e o K na solução, cujo somatório para fins práticos é considerado como K disponível, que são as fontes imediatas de K para as plantas.

Porém os solos tropicais de maneira geral (SÁNCHEZ, 1994), são relativamente pobres em minerais contendo K e, conseqüentemente, apresentam baixa capacidade de suprimento deste nutriente para as plantas. Verifica-se também, em diversas situações, que a quantidade de K extraída pelas plantas, com freqüência, é superior às formas trocáveis, pelo que as formas de K não trocável contribuem significativamente para o total de K absorvido pelas plantas (MELO et al., 1995; SILVA, 1996; SILVA et al., 2000; CASTILHOS e MEURER, 2002).

De acordo com Silva et al. (1995) o K não trocável do solo é absorvido em quantidades consideráveis por várias espécies vegetais, em diversos tipos de solos brasileiros.

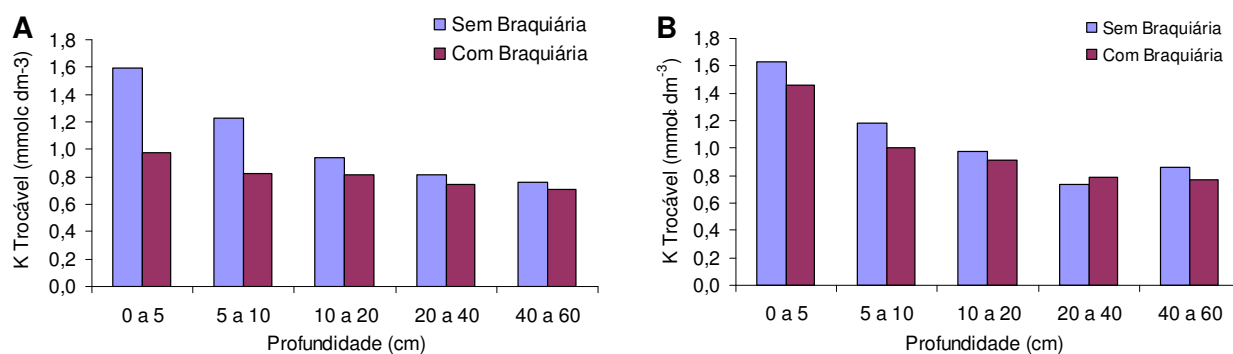


Figura 9. Teor de potássio trocável no solo aos 90 (A) e 270 (B) dias após a semeadura da Braquiária, em diferentes profundidades do solo, no município de Botucatu-SP, 2008.

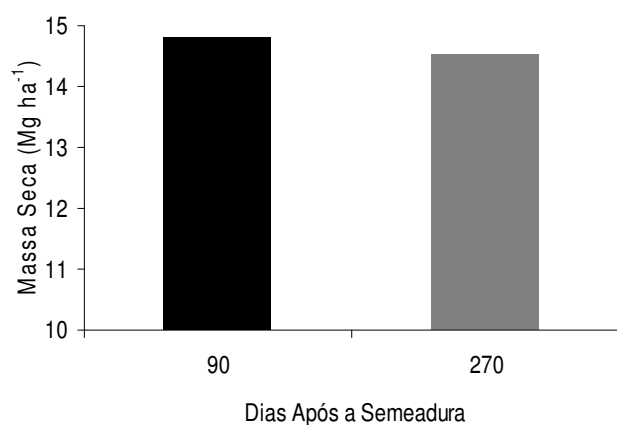


Figura 10. Massa seca da parte aérea de Braquiária aos 90 e 270 dias após a semeadura.

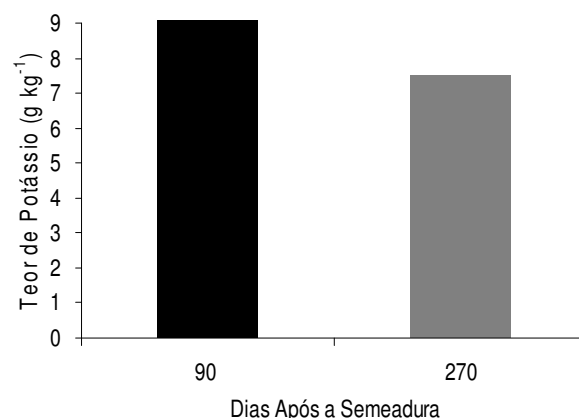


Figura 11. Teor de potássio na parte aérea de Braquiária aos 90 e 270 dias após a semeadura.

6.2 Potássio trocável no solo no ano agrícola 2008/2009

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores de K trocável do solo, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, coletados após a colheita do milho, encontra-se na Tabela 4.

Para o K trocável do solo (Figuras 12, 13, 14, 15 e 16), pode-se observar que houve um aumento linear, para todas as profundidades amostradas, no teor deste nutriente em resposta as doses utilizadas neste experimento. Estes dados corroboram com os dados de Kist (2005) o qual afirmou que os teores de potássio extraído com o extrator de

Mehlich 1 demonstraram interação significativa com os níveis de K adicionado após o cultivo de aveia e milho. Foloni (2003) também encontrou aumento dos teores de K trocável do solo com o aumento das doses em kg ha^{-1} de K_2O para um sistema de rotação milheto-soja.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para o teor de K trocável do solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Potássio Trocável no Solo				
	0 a 5 cm	5 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm
Bloco	0,258 ^{ns}	0,742 ^{ns}	1,337 ^{ns}	3,431 ^{ns}	1,288 ^{ns}
TA	23,393 ^{***}	7,348 ^{***}	7,019 ^{***}	28,777 ^{***}	6,082 ^{***}
TB	4,539 ^{ns}	15,805 ^{**}	0,441 ^{ns}	1,938 ^{ns}	0,121 ^{ns}
TA*TB	6,655 ^{**}	3,048 ^{ns}	1,234 ^{ns}	5,997 ^{**}	1,105 ^{ns}
TC	26,226 ^{**}	0,602 ^{ns}	0,549 ^{ns}	0,921 ^{ns}	0,011 ^{ns}
TA*TC	0,801 ^{ns}	0,045 ^{ns}	0,350 ^{ns}	0,615 ^{ns}	0,001 ^{ns}
TB*TC	1,188 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,350 ^{ns}	0,737 ^{ns}	0,002 ^{ns}
TA*TB*TC	1,189 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,350 ^{ns}	0,615 ^{ns}	0,002 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)				
Reg. linear	67,106 ^{**}	20,487 ^{**}	15,832 ^{**}	77,217 ^{**}	17,730 ^{**}
Reg. quadrática	1,661 ^{ns}	0,001 ^{ns}	3,128 ^{ns}	9,097 [*]	0,062 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 = p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Diante destes resultados pode-se afirmar que houve para todas as doses aplicadas aumento dos teores e também lixiviação de K no perfil do solo. Considerando-se que a solução que se movimenta verticalmente no solo é uma mistura entre a solução de solo e a água adicionada, a quantidade de K lixiviada é proporcional à concentração inicial do nutriente na solução no solo (ERNANI et al., 2003).

Werle et al. (2008) estudando a lixiviação de K em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo, afirmaram que a intensidade de lixiviação foi proporcional ao teor de K disponível, com valores crescentes até a dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O .

Na camada de 0-5 cm de profundidade, o resumo da análise de variância (Tabela 4) expressa interação entre parcela e subparcela, ou seja, a presença da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, influenciou no teor de K trocável nas parcelas

que receberam 225 kg ha⁻¹ de K₂O. Para esta dose, o tratamento sem palha apresentou teores mais elevados de K trocável em relação ao tratamento com palha. Para as demais doses não foi detectada diferença significativa entre as subparcelas (Figura 12). Deve-se atentar também para o fato de que os maiores valores de K trocável encontravam-se nesta camada corroborando com os dados de Foloni (2003).

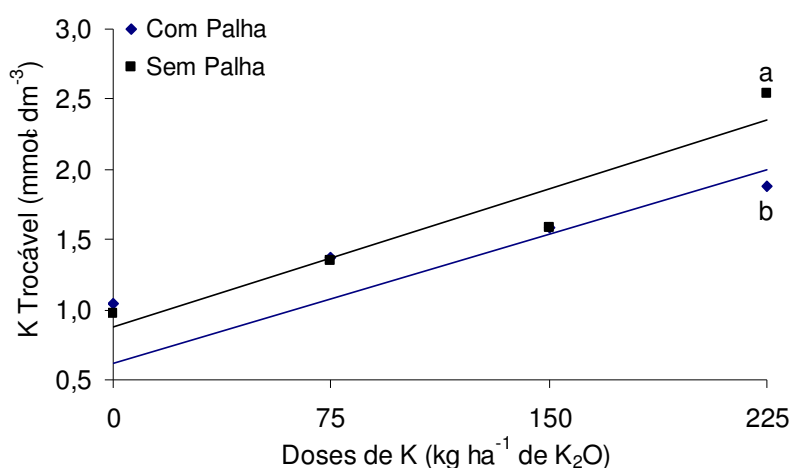


Figura 12. Potássio trocável do solo na camada de 0-5 cm de profundidade em função de doses de K₂O. Sem palha $y = 0,0065x + 0,8758$ $R^2 = 0,91$. Com palha $y = 0,0036x + 1,062$ $R^2 = 0,99$. Botucatu-SP, 2009.

Também houve interação entre parcela e subparcela na camada 20-40 cm profundidade, onde os tratamentos com palha, apresentaram teores de K trocável significativamente mais elevados do que os tratamentos com ausência de *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura.

Para as camadas de 5-10, 10-20 e 40-60 cm de profundidade não houve interação entre parcela e subparcela. No entanto, vale salientar que, na camada de 5-10 cm, para todas as doses testadas, o tratamento sem palha mostrou-se superior ao tratamento com palha (Tabela 5).

De acordo com Rajj et al. (1996), os teores de K trocável do solo na faixa de 1,6 a 3,0 mmolc dm⁻³ são considerados médios, e de 3,0 a 6,0 mmolc dm⁻³ são considerados altos, e as respostas das culturas à aplicação de K variam para cada faixa de K

trocável do solo. Para este experimento, teores considerados médios foram observados apenas na dose de 225 kg ha⁻¹ de K₂O. Nas parcelas contendo as demais doses os valores de K podem ser considerados baixos de acordo com a classificação citada acima.

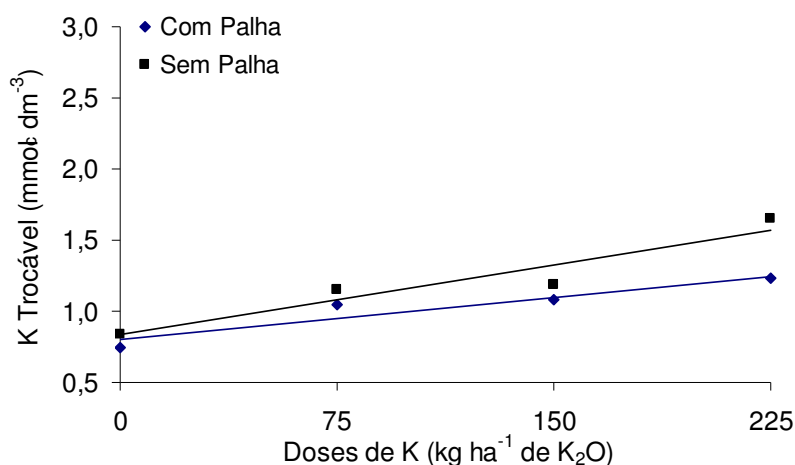


Figura 13. Potássio trocável do solo na camada de 5-10 cm de profundidade em função de doses de K₂O. Sem palha $y = 0,0033x + 0,8323$ $R^2 = 0,91$. Com palha $y = 0,002x + 0,8008$ $R^2 = 0,90$. Botucatu-SP, 2009.

Os teores desse nutriente no solo podem ter sido influenciados por perdas que podem ser atribuídas à exportação pela planta para posterior translocação para os grãos, a perda de K na água de escoamento superficial e pela lixiviação (COSTA, 2005). Segundo a Sociedade... (2004), cada Mg de grãos de milho produzida extrai até 6 kg de K₂O, e considerando que a produtividade média do experimento esteve por volta de 8 Mg ha⁻¹ e o teor de K no grão foi em média 4,5 g kg⁻¹ (Tabela 23) a exportação de K₂O pelos grãos foi em média 36 kg ha⁻¹.

Destaca-se que os valores expressos no presente trabalho correspondem à amostragem realizada ao final do experimento, ou seja, após a colheita do milho.

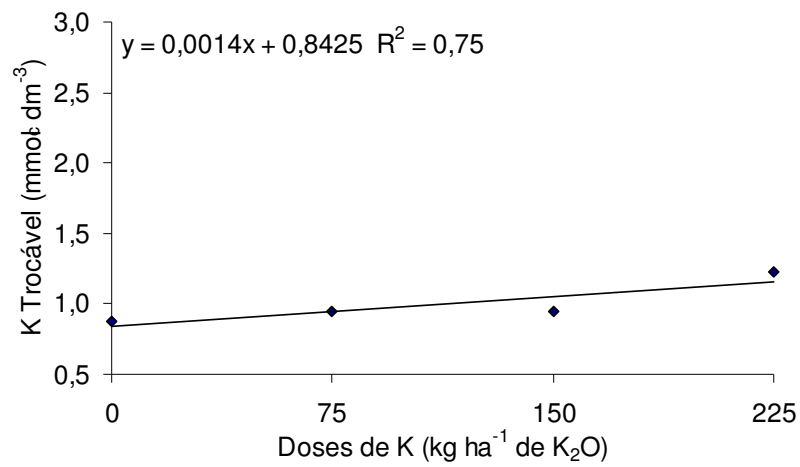


Figura 14. Potássio trocável do solo na camada de 10-20 cm de profundidade em função de doses de K₂O. Botucatu-SP, 2009.

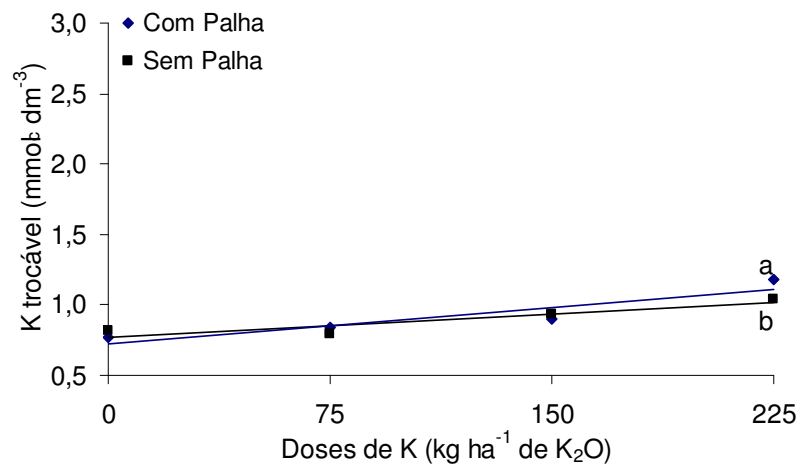


Figura 15. Potássio trocável do solo na camada de 20-40 cm de profundidade em função de doses de K₂O. Sem palha $y = 0,0011x + 0,7738$ $R^2 = 0,87$. Com palha $y = 0,0017x + 0,7276$ $R^2 = 0,86$. Botucatu-SP, 2009.

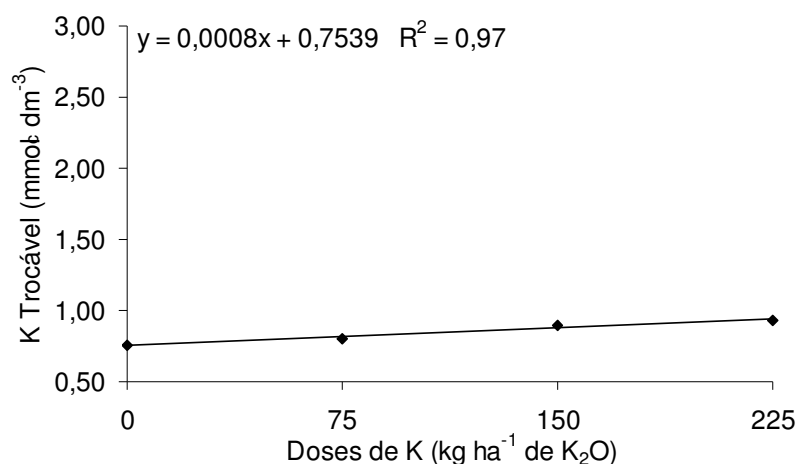


Figura 16. Potássio trocável do solo na camada de 40-60 cm de profundidade em função de doses de K₂O. Botucatu-SP, 2009.

Na Tabela 5, encontram-se os resultados dos teores de potássio trocável do solo para as cinco camadas amostradas, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Tabela 5. Análise de variância dos teores de potássio trocável do solo coletado após a colheita do milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Potássio Trocável no Solo				
	0 a 5 cm	5 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm
mmol _c dm ⁻³				
Com palha	1,47	1,02 B	0,98	0,92	0,84
Sem palha	1,61	1,20 A	1,02	0,90	0,85
DMS	0,15	0,10	0,12	0,04	0,07
CV%	17,38	16,02	23,91	7,65	14,63
SB	1,55 A	1,12	1,00	0,92	0,85
CB	1,52 B	1,11	0,99	0,90	0,85
DMS	0,01	0,04	0,03	0,04	0,04
CV%	2,51	6,51	5,36	8,69	10,07

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Observa-se pelo teste F para o fator subparcela apontou diferença significativa apenas para camada de 5-10 cm de profundidade, onde o teste Tukey revelou que o tratamento sem palha apresentou maiores valores de K trocável quando comparado a subparcela com *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, o que já havia sido relatado anteriormente na Figura 13. Este fato não foi completamente compreendido uma vez que Mielniczuk, (1998) apud Fiorin (1999), relata que a taxa de mineralização dos nutrientes contidos na biomassa das plantas de cobertura, de maneira geral, é semelhante à taxa de decomposição da matéria orgânica, porém, o K é exceção, pois este nutriente é totalmente liberado mesmo sem haver decomposição completa do tecido vegetal.

Desta forma, era de se esperar que não houvesse diferença significativa ou que o tratamento com palha apresentasse valores superiores ao sem palha por este proporcionar, teoricamente, uma melhor reciclagem de nutrientes com liberação rápida de K.

Para o fator de variação subsubparcela, a aplicação do teste F não identificou variação significativa nos teores de K trocável do solo quando contrastados os tratamentos milho consorciado com *Brachiaria brizantha* e milho solteiro independentemente da dose utilizada e da presença ou ausência de *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, com exceção para a camada de 0-5 cm de profundidade, onde o tratamento milho solteiro expressou valores mais elevados de potássio trocável quando comparado ao tratamento milho consorciado.

6.3 Potássio não trocável no solo no ano agrícola 2008/2009

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores de K não trocável solo, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm amostrado após a colheita do milho, encontra-se na Tabela 6.

Para o K não trocável do solo o resumo da análise de variância mostrou a ocorrência significativa de regressão (TA) apenas para as camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade (Figura 17 e 18). Interações entre parcela e subparcela foram significativas para as camadas 0-5, 5-10 e 20-40 cm.

Na camada de 0-5 cm a análise estatística mostrou efeito significativo a 1% para equações lineares e quadráticas no teor de K não trocável do solo com o aumento

das doses de K_2O . Para a camada de 5-10 cm de profundidade, equações lineares e quadráticas, também foram significativas a 1% de probabilidade para o teor de K não trocável do solo com o aumento das doses de K_2O .

Kaminski et al. (2007), estudando depleção de formas de K do solo afetada por cultivos sucessivos, relataram que o método Mehlich-1, em todos os cultivos, e o método Na-TFBo, no terceiro e quinto cultivos foram sensíveis em detectar aumento de forma quadrática do teor de K trocável e não trocável no solo com a aplicação de K. Da mesma maneira, o método HNO_3 , mesmo após o quinto cultivo, foi sensível em detectar de forma linear o aumento do teor de K não trocável com o aumento da dose de K.

A interação entre parcela e subparcela foi significativa nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, devido à ocorrência de diferença estatística entre os tratamentos com e sem palha na dose de $0 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$. Nesta parcela os tratamentos sem palha apresentaram teores de K mais elevados em comparação aos tratamentos com palha de *Brachiaria brizantha*.

Isto se explica pelo fato da *Brachiaria brizantha* ter proporcionado um decréscimo nos teores de K não trocável do solo durante seu desenvolvimento vegetativo (Figuras 8A e B).

Na camada de 20-40 cm a interação parcela com subparcela ocorreu devido à diferença estatística detectada na dose de 225 ha^{-1} de K_2O , onde a subparcela com palha apresentou valores de K não trocável ($1,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) superior ao valor da subparcela sem palha ($0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Este resultado é reflexo das condições em que o solo se encontrava no momento da coleta de solo realizada 270 dias após a semeadura da *Brachiaria brizantha* (Figura 8B), ocasião na qual se estabelecia o fator de variação subparcela.

Tabela 6. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para o teor de K não trocável do solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Potássio Não Trocável no Solo				
	0 a 5 cm	5 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm
Bloco	4,240 *	1,408 ^{ns}	0,904 ^{ns}	0,464 ^{ns}	0,752 ^{ns}
TA	77,118 ^{***}	117,602 ^{***}	0,312 ^{***}	0,208 ^{***}	0,388 ^{***}
TB	7,104 *	10,760 **	0,091 ^{ns}	0,529 ^{ns}	0,030 ^{ns}
TA*TB	7,8752 **	8,311 **	0,090 ^{ns}	3,574 *	0,872 ^{ns}
TC	0,055 ^{ns}	0,829 ^{ns}	0,603 ^{ns}	0,267 ^{ns}	0,094 ^{ns}
TA*TC	0,023 ^{ns}	1,709 ^{ns}	0,276 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,506 ^{ns}
TB*TC	0,124 ^{ns}	1,263 ^{ns}	0,236 ^{ns}	0,152 ^{ns}	0,146 ^{ns}
TA*TB*TC	0,103 ^{ns}	1,709 ^{ns}	0,236 ^{ns}	0,143 ^{ns}	0,542 ^{ns}
Regressão Polinomial (TA)					
Reg.linear	148,503 **	307,699 **	0,924 ^{ns}	0,485 ^{ns}	1,078 ^{ns}
Reg.quadrática	70,275 **	44,710 **	0,007 ^{ns}	0,0970 ^{ns}	0,084 ^{ns}

^{***} Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

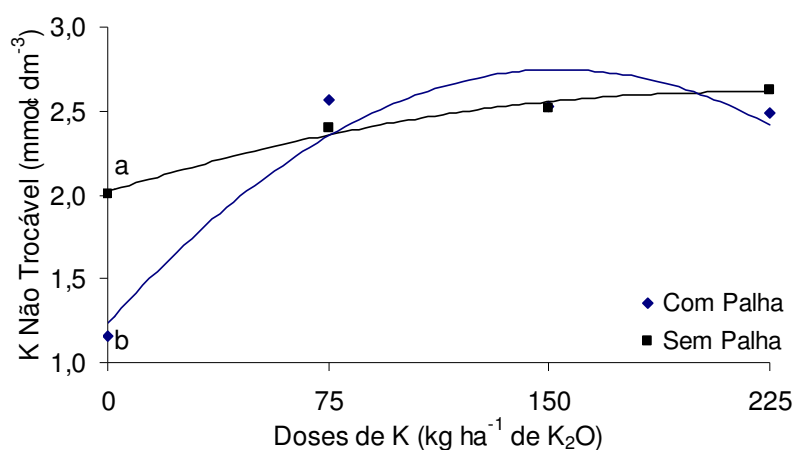


Figura 17. Potássio não trocável do solo na camada de 0-5 cm de profundidade em função de doses de K_2O . Sem palha $y = -1E-05x^2 + 0,0055x + 2,0197$ $R^2 = 0,98$. Com palha $y = -6E-05x^2 + 0,0197x + 1,2337$ $R^2 = 0,93$. Botucatu-SP, 2009.

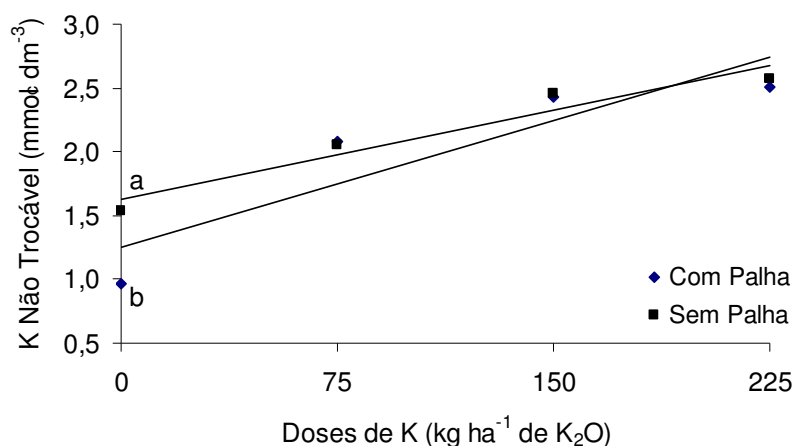


Figura 18. Potássio não trocável do solo na camada de 5-10 cm de profundidade em função de doses de K₂O. Sem palha $y = 0,0047x + 1,6266$ $R^2 = 0,93$. Com palha $y = 0,0067x + 1,2478$ $R^2 = 0,8175$. Botucatu-SP, 2009.

Na Tabela 7, encontram-se os resultados dos teores de potássio não trocável do solo para as cinco camadas amostradas, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Pelos valores de F expressos no resumo da análise de variância (Tabela 6) observa-se haver diferença significativa apenas para o fator de variação subparcela, ou seja, a presença da *Brachiaria brizantha* no consórcio com o milho não influenciou nos valores de K não trocável encontrados na análise final realizada após a colheita do milho. Pode-se explicar este resultado pelo fato da *Brachiaria brizantha* em consórcio, ter sido demasiadamente controlada pela competição com a cultura do milho, proporcionando desta forma um crescimento muito lento da *Brachiaria brizantha*, o que a tornou incapaz de proporcionar alterações no solo referentes aos teores de K não trocável.

As diferenças significativas entre os tratamentos com e sem palha, fator de variação subparcela, ocorreram nas camadas mais superficiais do solo, 0-5 e 5-10 cm, onde para ambas, a presença da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, reduziu o teor de K não trocável em relação ao tratamento sem palha. Este resultado, também é reflexo das condições em que o solo se encontrava no momento da coleta de solo realizada 270 dias após a

semeadura da *Brachiaria brizantha* (Figura 8B), ocasião na qual, os valores de K não trocável nas camadas mais superficiais onde havia a presença da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, eram inferiores aos valores encontrados nas subparcelas sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, razões já discutidas anteriormente.

Tabela 7. Análise de variância dos teores de potássio não trocável do solo coletado após a colheita do milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consorcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Potássio Não Trocável no Solo				
	0 a 5 cm	5 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 40 cm	40 a 60 cm
	-----mmol _c dm ⁻³ -----				
Com palha	2,16 B	1,99 B	1,62	0,96	0,83
Sem palha	2,39 A	2,15 A	1,69	0,90	0,82
DMS	0,17	0,10	0,24	0,18	0,08
CV%	13,92	9,17	25,04	35,87	17,37
SB	2,28	2,10	1,64	0,92	0,82
CB	2,29	2,05	1,66	0,93	0,83
DMS	0,09	0,10	0,07	0,04	0,08
CV%	7,57	9,05	6,23	8,34	15,85

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey

6.4 Avaliação nutricional das plantas de milho

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores de macronutrientes e boro na planta de milho, determinados no estágio de florescimento, encontra-se na Tabela 8.

De acordo com essa tabela pode-se observar que dentre os macronutrientes, não foi possível ajustar equações de regressão apenas para os teores de nitrogênio e fósforo na planta de milho, para os demais houve ajuste significativo para regressões lineares. No caso especial do nitrogênio, esperava-se aumento da concentração deste elemento com o aumento dos níveis de K no tecido foliar, pois a muito se conhece o sinergismo “efeito Vietis” que ocorre entre estes dois macronutrientes (MALAVOLTA, 2006), o que não foi observado neste experimento.

Tabela 8. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para o teor de macronutrientes e boro na planta de milho, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Macronutrientes e Boro na Planta de Milho						
	Ca	Mg	S	N	P	K	B
Bloco	0,147 ^{ns}	1,012 ^{ns}	2,417 ^{ns}	1,271 ^{ns}	3,553 ^{ns}	0,163 ^{ns}	2,464 ^{ns}
TA	5,901 ^{***}	134,131 ^{***}	7,097 ^{***}	0,965 ^{***}	1,101 ^{***}	16,050 ^{***}	1,837 ^{***}
TB	4,477 ^{ns}	11,234 ^{**}	1,758 ^{ns}	16,974 ^{**}	397,738 ^{**}	0,460 ^{ns}	0,603 ^{ns}
TA*TB	1,048 ^{ns}	6,948 ^{**}	0,545 ^{ns}	0,401 ^{ns}	0,579 ^{ns}	4,334 [*]	2,128 ^{ns}
TC	5,207 [*]	0,086 ^{ns}	0,973 ^{ns}	1,174 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,542 ^{ns}	0,220 ^{ns}
TA*TC	1,893 ^{ns}	0,471 ^{ns}	0,608 ^{ns}	0,802 ^{ns}	2,261 ^{ns}	1,554 ^{ns}	0,763 ^{ns}
TB*TC	0,396 ^{ns}	0,086 ^{ns}	0,342 ^{ns}	0,012 ^{ns}	1,919 ^{ns}	0,664 ^{ns}	0,511 ^{ns}
TA*TB*TC	0,425 ^{ns}	0,267 ^{ns}	1,151 ^{ns}	1,104 ^{ns}	1,762 ^{ns}	0,656 ^{ns}	1,345 ^{ns}
Regressão Polinomial (TA)							
	Ca	Mg	S	N	P	K	B
Reg.linear	16,628 ^{**}	393,413 ^{**}	20,722 ^{**}	1,395 ^{ns}	3,175 ^{ns}	45,729 ^{**}	5,129 [*]
Reg.quadrática	0,1760 ^{ns}	8,526 [*]	0,138 ^{ns}	0,958 ^{ns}	0,015 ^{ns}	2,013 ^{ns}	0,065 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Os resultados referentes aos teores de Ca, Mg e S apresentados nas Figuras 19, 20 e 21 respectivamente, expressam a ocorrência de inibição competitiva para o Ca e o Mg em relação à elevação dos níveis de K no tecido vegetal do milho (Figura 22). Isto ocorre quando o aumento da concentração de um íon provoca a diminuição, geralmente parcial e reversível, na absorção de um outro elemento, o qual se combina, com o mesmo sítio do carregador para cruzar a membrana. No caso do S a inibição ocorrida foi a não competitiva. Este tipo de inibição ocorre quando o elemento e o seu inibidor não se prendem ao mesmo sítio do carregador (MALAVOLTA, 2006).

Rosolem (2005) afirma que a adição de K geralmente, mas nem sempre, implica em diminuição dos teores de Ca e Mg na planta. Para este autor, muitos desses efeitos podem ser explicados simplesmente considerando-se o efeito de diluição, uma vez que a planta bem nutrida em K cresce mais. Isto é verdade, uma vez que, na maioria das vezes, mesmo havendo redução dos teores de Ca e Mg no tecido foliar da planta teste, esses teores ainda podem ser classificados na faixa de suficiência, não causando, portanto, danos ao crescimento ou a produção.

A hipótese levantada acima pôde ser reforçada através dos resultados encontrados neste experimento, uma vez que, mesmo havendo diminuição dos teores de Ca e Mg, estes se encontravam com valores acima dos considerados como críticos para cultura do milho, sendo estes 2,3 e 1,5 g kg⁻¹ de Ca e Mg, respectivamente (BÜLL, 1993).

Assim como para este experimento, Veloso et al. (2001), relatam que as doses crescentes de K, reduziram o acúmulo de Mg na parte aérea de plantas de milho.

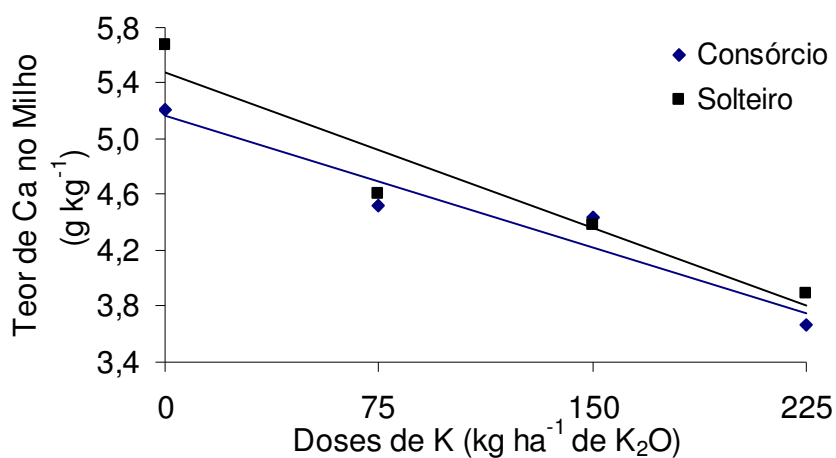


Figura 19. Teor de cálcio na planta de milho em função de doses de K₂O. Consórcio $y = -0,0075x + 5,4788$ $R^2 = 0,92$. Solteiro $y = -0,0063x + 5,1699$ $R^2 = 0,93$. Botucatu-SP, 2009.

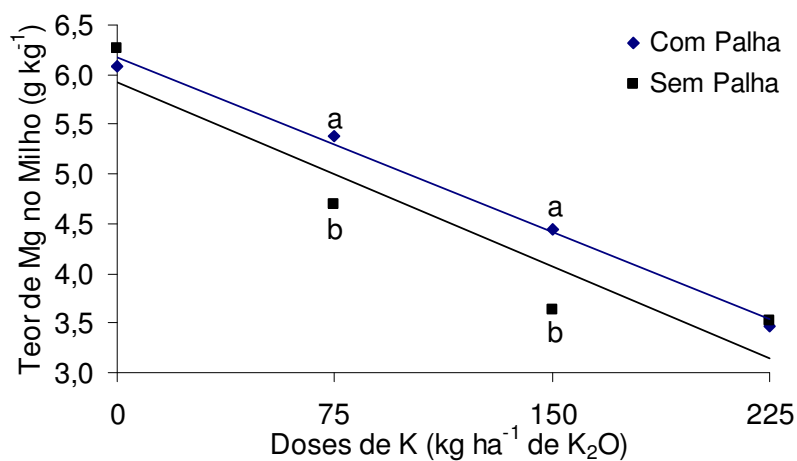


Figura 20. Teor de magnésio na planta de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = -0,0124x + 5,9175$ $R^2 = 0,89$. Com Palha $y = -0,0117x + 6,1663$ $R^2 = 0,99$. Botucatu-SP, 2009.

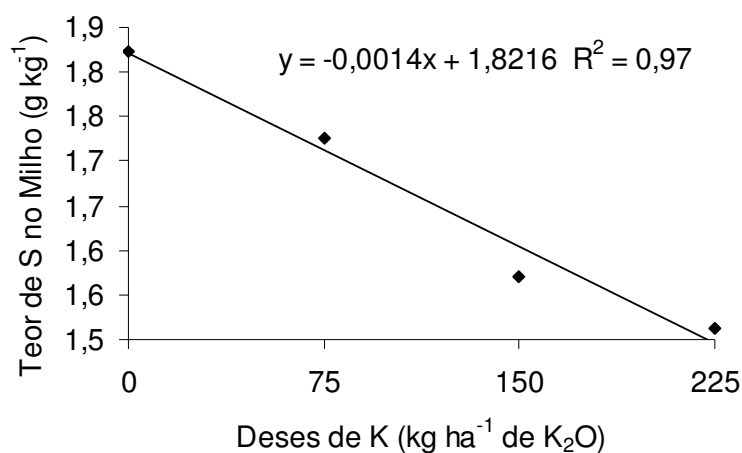


Figura 21. Teor de enxofre na planta de milho em função de doses de K₂O. Botucatu-SP, 2009.

Os teores de K na planta de milho aumentaram de forma linear com o aumento das doses de K₂O (Figura 16). Observa-se que apenas nas parcelas correspondentes a 225 kg ha⁻¹ de K₂O e nas subparcelas com *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, é que se atingiram níveis de K próximo ao considerado crítico para cultura do milho (17,5 g kg⁻¹) de acordo com Bull (1993).

Corroborando com os resultados deste experimento, Kist (2005), estudando doses de K, também encontrou aumento de forma linear dos teores deste elemento nas culturas do milho, soja e feijão-de-porco.

Rossato (2004) também encontrou aumento no teor de K nas plantas de milho com o aumento das doses de K₂O, mesmo na ausência da adubação nitrogenada. Para este autor isto provavelmente ocorra devido ao aumento da disponibilidade do K, pela aplicação dos níveis de K₂O.

No entanto, Veloso et al. (2001), avaliando a resposta do milho a doses de K, observou efeito quadrático nos teores deste nutriente no tecido vegetal das plantas. Efeitos quadráticos não são muito comuns quanto ao acúmulo de K no tecido vegetal do milho, pois de acordo com Malavolta (2006) a maioria das culturas apresenta a chamada “absorção de luxo”, onde mesmo após atingir níveis adequados de K no tecido vegetal as plantas continuam absorvendo este elemento de forma crescente de acordo com o aumento da disponibilidade deste no solo.

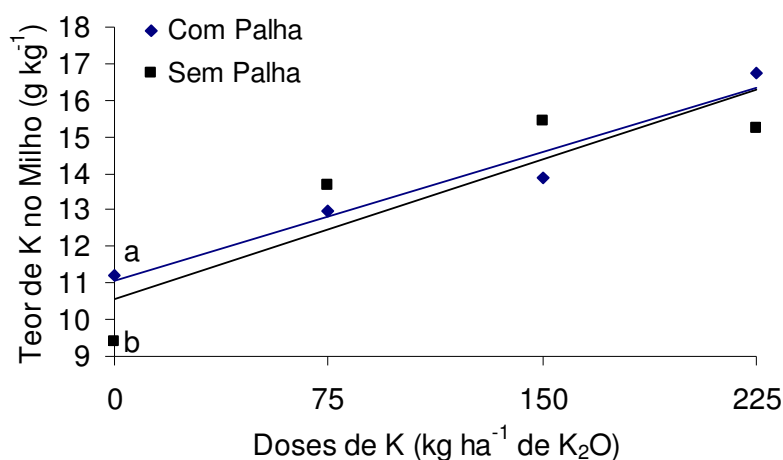


Figura 22. Teor de potássio na planta de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0255x + 10,563$ $R^2 = 0,78$. Com Palha $y = 0,0234x + 11,07$ $R^2 = 0,96$. Botucatu-SP, 2009.

Analisando a Figura 23, observa-se que assim como para o Ca e Mg, também houve redução de forma linear dos teores de B na planta de milho em decorrência do aumento do teor de K no tecido foliar. Observa-se também que o teor de B na planta de milho encontrava-se abaixo do considerado crítico para cultura (15 mg kg⁻¹) de acordo com Bull (1993).

Para Dibb e Thompson Júnior (1985) existem interações entre K e alguns micronutrientes, onde estas ocorrem diminuindo a absorção do micronutriente com aumento do teor de K no tecido vegetal, como é o caso do B, Fe e Mo. Sousa et al. (2008), também encontraram redução dos teores de boro com o aumento da concentração de K no tecido vegetal de plantas de maracujá.

Na Tabela 9, encontram-se os resultados dos teores de macronutrientes e B, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Quanto ao fator de variação subparcela, pôde-se constatar que houve variação significativa apenas para os macronutrientes Mg, N e P. Para estes nutrientes, nota-se significância nos teores desses elementos no tecido vegetal do milho conduzido nas subparcelas onde havia a presença da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura. Este

comportamento também foi observado para o teor de K nas plantas de milho quando submetidas ao tratamento 0 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 22).

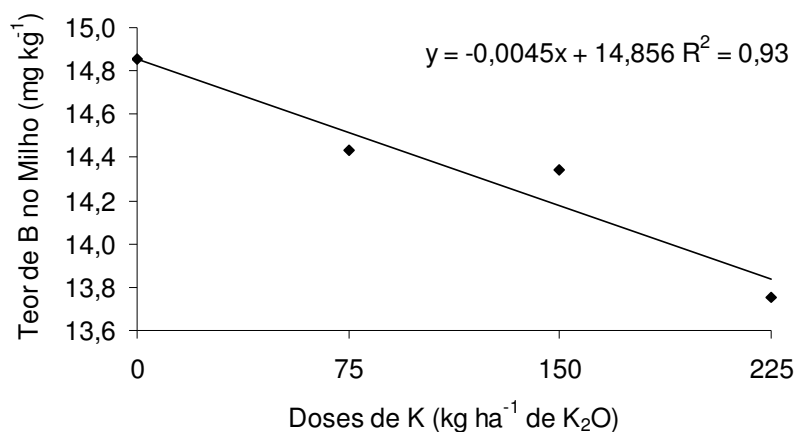


Figura 23. Teor de B na planta de milho em função de doses de K₂O. Botucatu-SP, 2009.

Estes resultados estão relacionados à alta eficiência da *Brachiaria brizantha* como recicladora de nutrientes e posterior disponibilização destes para cultura subsequente.

Crusciol et al. (2009) avaliando sistemas de consórcio entre milho e *Brachiaria brizantha*, relatam que o teor de P e K foi maior nas áreas onde havia a presença da *Brachiaria brizantha*. Na literatura há relatos de menor adsorção de P em solos cultivados com forrageiras em relação ao cultivo com culturas anuais de grãos. Isso ocorre devido à menor oxidação da matéria orgânica nesses cultivos (Sá, 2005).

Jakelaitis et al. (2005b) estudando a produtividade e plantas daninhas na cultura do feijão em sucessão ao milho consorciado com *Brachiaria brizantha*, também observaram maiores níveis de P, N e K nos feijoeiros desenvolvidos na palha de braquiária.

Avaliando a produtividade de culturas em sucessão a forrageiras Crusciol et al. (2009) observaram que na ausência de adubação nitrogenada, o cultivo anterior de milho com *Brachiaria brizantha* proporcionou maior teor de N nas folhas das plantas de feijão, o que de acordo com os autores, pode estar relacionado com a maior reciclagem desse nutriente proporcionado pela forrageira, como discutido anteriormente.

De acordo com Carvalho et al. (2005), a palha proveniente de pastagens além de manter o solo coberto, permite que ocorra o aumento no teor de matéria orgânica no solo. Segundo Vilela et al. (2003), as pastagens bem manejadas apresentam elevada capacidade de manter ou até mesmo aumentar o teor de matéria orgânica do solo, sendo muito eficientes na reciclagem de nutrientes.

Oliveira et al. (2000), encontraram acúmulo e posterior disponibilização de 326, 38 e 22 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P e S, respectivamente, durante a recuperação de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Tabela 9. Análise de variância dos teores de macronutrientes e boro na planta de milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consorcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Macronutrientes na Planta de Milho						
	Ca	Mg	S	N	P	K	B
	g kg ⁻¹						
Com palha	4,42	4,85 A	1,68	25,10 A	2,12 A	13,70	14,44
Sem palha	4,68	4,53 B	1,63	23,84 B	1,32 B	13,43	14,25
DMS	0,26	0,21	0,08	0,66	0,08	0,85	0,30
CV%	10,65	8,19	9,24	4,97	9,05	11,55	7,11
SB	4,46 B	4,68	1,64	24,61	1,72	13,68	14,26
CB	4,64 A	4,70	1,68	24,33	1,73	13,45	14,43
DMS	0,16	0,20	0,07	0,54	0,09	0,66	0,31
CV%	6,98	8,18	8,62	4,26	10,11	9,38	9,62

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Analisando o fator de variação subsubparcela, foi constatado que a presença da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, foi significativa apenas para o teor de Ca no tecido vegetal do milho, onde o sistema de consórcio proporcionou valores mais elevados deste nutriente quando comparado o sistema de cultivo do milho solteiro.

Cruz et al. (2008), estudando a nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivados em consórcio em diferentes preparos do solo, também verificaram teores de cálcio mais elevados no tecido vegetal do milho quando cultivado em sistema de

consórcio em comparação ao milho solteiro. Da mesma forma como constatado neste trabalho, estes autores não encontram explicações científicas para este fato.

Entretanto, Borghi e Crusciol (2007), verificaram que a *Brachiaria brizantha* em consórcio com milho, em espaçamento de 0,45 e 0,90 m, sendo a *Brachiaria brizantha* semeada na linha e na entre linha, reduziu o rendimento de grãos, mas não interferiu na concentração de macronutrientes na planta de milho.

6.5 Composição bromatológica da planta de milho

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores de FDN, FDA e proteína bruta na planta de milho, determinados no estágio de grão leitoso, encontra-se na Tabela 10.

Analisando os resultados referentes à composição bromatológica das plantas de milho, observa-se que os valores de FDN, FDA e proteína bruta ajustam-se a equações lineares, sendo estas negativas para FDN e FDA e positiva para proteína bruta, ou seja, os valores de FDN e FDA reduziram significativamente de forma linear com o aumento das doses em kg ha^{-1} de K_2O (Figuras 24 e 25), enquanto os teores de proteína na planta se elevaram com o aumento dos teores de K no solo (Figura 26).

Como a FDN é composta por celulose + hemicelulose + lignina, correspondendo a parede celular, e FDA composta por celulose + lignina, pode-se inferir que os teores de Ca e B no tecido vegetal do milho neste experimento influenciaram decisivamente nos valores destes dois componentes bromatológicos, uma vez que o Ca é essencial para manutenção da integridade estrutural da parede celular (Malavolta, 2006). Ressalta-se que o teor de Ca e B no tecido vegetal do milho nesta pesquisa, também diminuiu de forma linear com o aumento das doses de K_2O (Figura 19 e 23).

O B está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta que são afetados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática. Entre as diversas funções, duas estão muito bem

definidas: síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK e RÖMHELD, 1997).

Tabela 10. Resumo da análise da variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para os teores de FDN, FDA e proteína bruta na planta de milho, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Análise Bromatológica da Planta de Milho		
	FDN Planta	FDA Planta	Proteína Bruta
Bloco	0,419 ^{ns}	0,320 ^{ns}	0,936 ^{**}
TA	4,894 ^{***}	7,195 ^{***}	2,720 ^{***}
TB	45,587 ^{**}	0,448 ^{ns}	6,149 [*]
TA*TB	0,816 ^{ns}	1,629 ^{ns}	1,782 ^{ns}
TC	0,439 ^{ns}	0,457 ^{ns}	0,455 ^{ns}
TA*TC	0,089 ^{ns}	0,379 ^{ns}	1,044 ^{ns}
TB*TC	0,007 ^{ns}	0,234 ^{ns}	2,231 ^{ns}
TA*TB*TC	0,089 ^{ns}	0,199 ^{ns}	1,337 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)		
Reg.linear	11,207 ^{**}	21,00 ^{**}	6,924 [*]
Reg.quadrática	1,494 ^{ns}	0,464 ^{ns}	0,123 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Os resultados deste experimento são reforçados pelos dados apresentados por Mistura et al. (2009), os quais observaram aumento no valor de FDN nas folhas de cunhã (*Clitoria ternatea*) de forma linear com o aumento das doses de calcário.

Costa et al. (2006) encontraram interação entre doses de K e teor de FDN. Estes autores relatam que ao aumentarem as doses de K diminuiriam os teores de FDN no tecido vegetal da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5.

O teor de FDN é um importante parâmetro que define a qualidade da forragem, bem como um fator que limita a capacidade ingestiva por parte dos animais (COSTA et al., 2006). Nússio et al. (2002) relataram que forragens de elevada digestibilidade de FDN proporcionam elevado potencial de consumo de matéria seca e conseqüentemente melhor produção de leite e carne.

De acordo com Aguiar (1999), os valores de FDN de forrageiras tropicais são altos, geralmente acima de 65% em rebrotas e de 75 a 80% em estádios mais avançados de maturação. Para Van Soest (1994) o teor de FDN é o fator mais limitante do consumo de volumosos, sendo que o valor dos constituintes da parede celular superiores a 55-60% na massa seca correlaciona-se de forma negativa com o consumo de forragem.

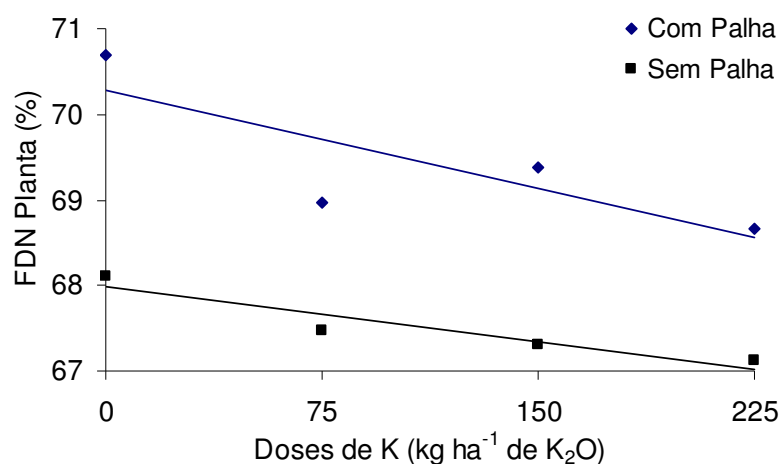


Figura 24. Teor de FDN na planta de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = -0,0042x + 67,979$ $R^2 = 0,89$. Com Palha $y = -0,0076x + 70,286$ $R^2 = 0,68$. Botucatu-SP, 2009.

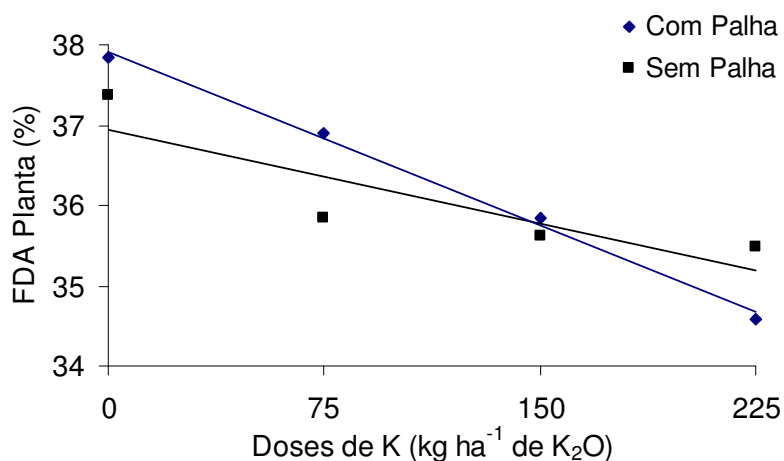


Figura 25. Teor de FDA na planta de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = -0,0078x + 36,954$ $R^2 = 0,75$. Com Palha $y = -0,0144x + 37,916$ $R^2 = 0,99$. Botucatu-SP, 2009.

A resposta do teor de proteína às doses de K_2O (Figura 19) explica-se pelo fato do K possuir papel fundamental na nutrição das plantas, sendo o cátion em maior concentração, um nutriente com relevantes funções fisiológicas e metabólicas, como ativação de enzimas, fotossíntese, translocação de assimilados e também absorção de nitrogênio e síntese protéica, tornando-se, importantes para a produção e qualidade da forragem (MARSCHNER, 1995). Andrade et al. (2000), trabalhando com adubações nitrogenada e potássica no capim-elefante, verificaram aumentos nos teores de proteína bruta, com aplicação das maiores doses desses nutrientes ao solo.

Considerando-se que teores de PB inferiores a 7% são limitantes à produção animal, por implicarem em menor consumo voluntário, redução na digestibilidade e balanço nitrogenado negativo (COSTA et al., 2006), observa-se que as plantas de milho atenderiam satisfatoriamente aos requerimentos protéicos mínimos dos ruminantes, mesmo com as mais baixas doses de K. Segundo Euclides (1995), esse teor de proteína bruta é adequado para a produção máxima para todos os propósitos num rebanho de corte.

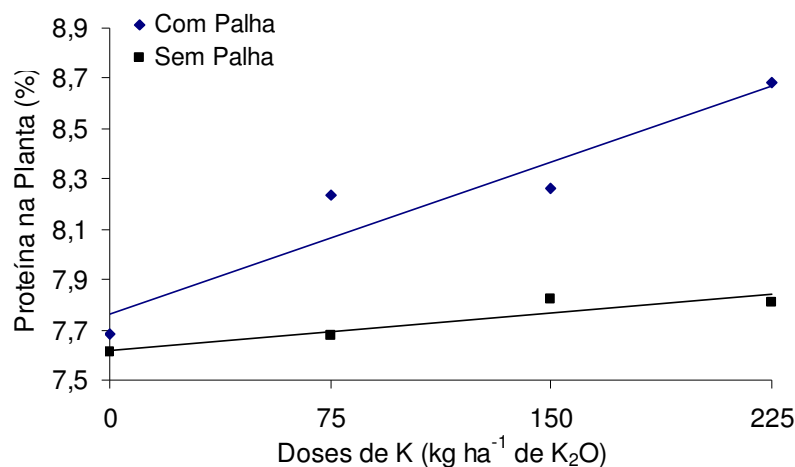


Figura 26. Teor de proteína bruta na planta de milho em função de doses de K_2O . Sem Palha $y = 0,001x + 7,6191$ $R^2 = 0,85$. Com Palha $y = 0,004x + 7,7617$ $R^2 = 0,91$. Botucatu-SP, 2009.

Na Tabela 11, encontram-se os resultados dos teores de FDN, FDA e proteína bruta na planta de milho, determinados no estágio de grão leitoso, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

De acordo com os dados apresentados, pode-se observar que houve superioridade nos valores de FDN e proteína bruta nas plantas cultivadas nas subparcelas caracterizada pela presença de palha de *Brachiaria brizantha* como cobertura do solo.

Os resultados referentes ao teor de proteína nas subparcelas são explicados pelo melhor estado nutricional das plantas de milho cultivadas sob palha de *Brachiaria brizantha*, principalmente quanto aos níveis de Mg, N e P conforme Tabela 9.

Tabela 11. Análise de variância dos teores de FDN, FDA e proteína bruta na planta de milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Análise Bromatológica da Planta de Milho		
	FDN Planta	FDA Planta	Proteína Bruta
	-----%-----		
Com palha	69,43 A	36,29	8,22 A
Sem palha	67,50 B	36,08	7,76 B
DMS	0,62	0,70	0,40
CV%	2,67	3,58	9,30
SB	68,35	36,29	7,89
CB	68,58	36,08	8,08
DMS	0,72	0,67	0,56
CV%	2,05	4,42	13,61

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para o fator de variação subsubparcela não foi constatada interferência da *Brachiaria brizantha* em sistema de consórcio nas variáveis bromatológicas analisadas nas plantas de milho.

Leonel (2007) também não encontrou diferenças significativas para os teores de proteína bruta no milho cultivado em sistema de consórcio com capim-braquiária e solteiro.

Borghetti et al. (2006) não encontraram variações significativas nos teores de FDN, FDA e proteína bruta no milho, quando comparados os tratamentos milho consorciado com *Brachiaria brizantha* e milho solteiro.

6.5.1 Composição Bromatológica da espiga de milho

O resumo da análise de variância (valores de F) para os teores de FDN, FDA e proteína bruta na espiga de milho, determinados no estágio de grão leitoso, encontra-se na Tabela 12.

Tabela 12. Resumo da análise da variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para os teores de FDN, FDA e proteína bruta na espiga de milho, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Análise Bromatológica da Espiga de Milho		
	FDN Espiga	FDA Espiga	Proteína Bruta
Bloco	1,078 ^{ns}	0,281 ^{ns}	1,966 ^{ns}
TA	18,405 ^{***}	39,470 ^{***}	2,497 ^{***}
TB	2,800 ^{ns}	90,580 ^{**}	4,826 [*]
TA*TB	8,014 ^{**}	6,795 ^{**}	1,439 ^{ns}
TC	0,292 ^{ns}	0,285 ^{ns}	0,622 ^{ns}
TA*TC	0,282 ^{ns}	0,028 ^{ns}	2,059 ^{ns}
TB*TC	0,339 ^{ns}	0,193 ^{ns}	3,775 ^{ns}
TA*TB*TC	0,194 ^{ns}	0,070 ^{ns}	2,521 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)		
Reg.linear	53,66 ^{**}	109,307 ^{**}	6,935 [*]
Reg.quadrática	1,033 ^{ns}	9,085 [*]	0,016 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Analisando os resultados referentes à composição bromatológica das espigas de milho, observa-se que os valores de FDN, FDA e proteína bruta ajustam-se a equações lineares, sendo estas negativas para FDN e FDA e positiva para proteína bruta, com o aumento das doses em kg ha^{-1} de K_2O (Figura 27, 28 e 29).

O comportamento destas variáveis bromatológicas seguiu o observado para a composição bromatológica da planta de milho. Portanto as discussões para estas variáveis podem ser consideradas as mesma já abordadas no subitem 6.5.

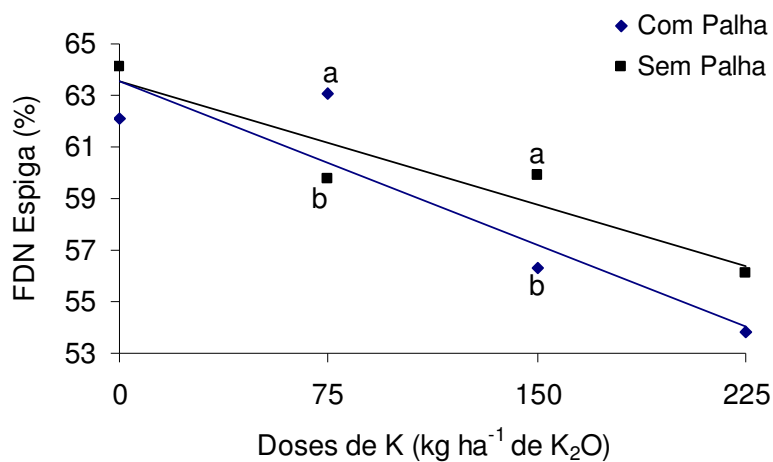


Figura 27. Teor de FDN na espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = -0,0318x + 63,551$ $R^2 = 0,89$. Com Palha $y = -0,0423x + 63,586$ $R^2 = 0,83$. Botucatu-SP, 2009.

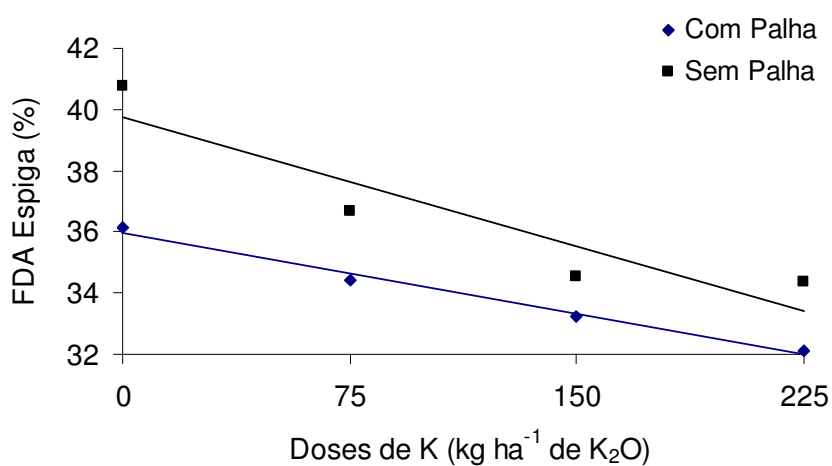


Figura 28. Teor de FDA na espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = -0,0283x + 39,765$ $R^2 = 0,86$. Com Palha $y = -0,0176x + 35,971$ $R^2 = 0,99$. Botucatu-SP, 2009.

Contudo, deve-se chamar atenção para os menores valores de FDN e FDA e maiores de proteína bruta na espiga, de forma geral, em relação aos valores encontrados na planta.

Isto se deve a translocação de grande parte dos fotoassimilados produzidos pela planta (fonte) para a espiga (dreno), tornando esta última um alimento mais rico em termos nutricionais.

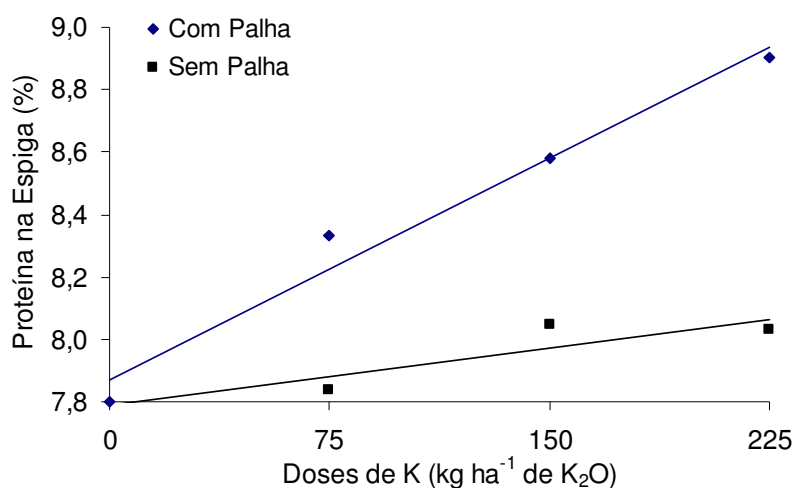


Figura 29. Teor de proteína bruta na espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0012x + 7,7871$ $R^2 = 0,84$. Com Palha $y = 0,0047x + 7,8717$ $R^2 = 0,97$. Botucatu-SP, 2009.

Na Tabela 13, encontram-se os resultados dos teores de FDN, FDA e proteína bruta na espiga de milho, determinados no estágio de grão leitoso, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

De acordo com esses dados observa-se maiores médias de proteína bruta nas plantas cultivadas nas subparcelas caracterizada pela presença de palha de *Brachiaria brizantha* como cobertura do solo.

Os resultados referentes ao teor de proteína nas espigas referente às subparcelas, assim como para o teor de proteína na planta (Tabela 12), são explicados pelo melhor estado nutricional das plantas de milho cultivadas sob palha de *Brachiaria brizantha*, principalmente quanto aos níveis de Mg, N e P (Tabela 9).

Para o teor de FDA os tratamentos com ausência de *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, apresentaram médias superiores quando comparado aos tratamentos com palha.

Na Tabela 13, no fator de variação subsubparcelas, observa-se que as diferenças não foram significativas para os componentes bromatológicos avaliados, seguindo a mesma tendência dos dados referentes à composição bromatológica da planta de milho (Tabela 12).

Tabela 13. Análise de variância dos teores de FDN, FDA e proteína bruta na espiga de milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Análise Bromatológica da Espiga de Milho		
	FDN Espiga	FDA Espiga	Proteína Bruta
%.....		
Com palha	58,98	33,99 B	8,41 A
Sem palha	59,97	36,58 A	7,98 B
DMS	1,29	0,59	0,42
CV%	3,98	3,08	9,55
SB	59,29	35,20	8,11
CB	59,66	35,37	8,27
DMS	1,44	0,66	0,40
CV%	4,69	3,63	9,42

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

6.6 Partição de massa seca na planta de milho no estágio de florescimento

O resumo da análise de variância (valores de F) para massa seca de folhas, colmo e espigas na planta de milho, determinados no estágio de florescimento, encontra-se na Tabela 14.

De acordo com o resumo da análise de variância, pode-se observar que houve significância a 1% de probabilidade para o fator de variação subparcela. Para os demais fatores e para as interações o teste F não detectou significância.

Com a aplicação do teste de Tukey (Tabela 15) nota-se que houve incremento para massa seca de folhas, colmo e espigas das plantas cultivadas sob palha de *Brachiaria brizantha* em relação às plantas cultivadas nas subparcelas com ausência de palha para cobertura do solo. Nos tratamentos com palha as folhas, colmo e espigas contribuíram

com 15,63%, 31,99% e 52,38%, respectivamente, para massa seca total da planta. Nos tratamentos sem palha as folhas, colmo e espigas contribuíram com 16,73%, 32,79% e 50,46% respectivamente, para massa seca total da planta. Desta forma, observa-se que as espigas das plantas cultivadas nas subparcelas com palha contribuíram aproximadamente 2% a mais para a massa total de planta em relação às espigas dos tratamentos sem palha. As maiores médias na massa seca de plantas nos tratamentos com palha, também pode ser atribuída ao melhor estado nutricional que estas se encontravam no estágio de florescimento, principalmente quanto aos teores de Mg, N e P (Tabela 9).

Tabela 14. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para massa seca de folhas, colmo e espigas na planta de milho, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Partição de Massa Seca		
	MS Folha	MS Colmo	MS Espiga
Bloco	0,375 ^{ns}	0,589 ^{ns}	1,837 ^{ns}
TA	1,103 ^{***}	0,397 ^{***}	0,642 ^{***}
TB	27,520 ^{**}	64,134 ^{**}	26,66 ^{**}
TA*TB	0,749 ^{ns}	1,833 ^{ns}	0,383 ^{ns}
TC	2,247 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,221 ^{ns}
TA*TC	0,417 ^{ns}	0,790 ^{ns}	1,447 ^{ns}
TB*TC	0,030 ^{ns}	0,562 ^{ns}	0,001 ^{ns}
TA*TB*TC	0,945 ^{ns}	0,712 ^{ns}	1,211 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)		
Reg.linear	0,411 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,356 ^{ns}
Reg.quadrática	0,011 ^{ns}	0,145 ^{ns}	1,192 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Quanto ao fator de variação subsubparcela, não foi possível detectar interferência da *Brachiaria brizantha* cultivada em consórcio com o milho para as variáveis analisadas.

Tabela 15. Análise de variância da massa seca de folhas, colmo e espigas na planta de milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Partição de Massa Seca		
	MS Folha	MS Colmo	MS Espiga
	g planta ⁻¹		
Com palha	47,47 A	97,06 A	158,99 A
Sem palha	39,52 B	77,47 B	119,20 B
DMS	3,30	5,32	116,78
CV%	13,93	11,21	22,16
SB	42,61	86,84	137,83
CB	44,39	87,68	140,37
DMS	2,45	4,69	11,16
CV%	10,91	10,41	15,54

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

6.7 Massa seca de planta e espiga de milho no estágio de grão leitoso

O resumo da análise de variância (valores de F) para massa seca de planta e espiga de milho, no estágio de grão leitoso, encontra-se na Tabela 16.

De acordo com os valores de F, observa-se que, assim como para as variáveis discutidas no subitem 6.6, houve significância apenas para o fator de variação subparcela.

Não foi possível ajustar equações de regressão para o fator quantitativo de variação parcela quanto à produção de massa seca para ensilagem, estes resultados corroboram com os encontrados por Rossato (2004). Este autor relatou que a baixa resposta a adubação potássica é explicada pelo acúmulo de nutrientes ao longo do tempo no sistema plantio direto que proporcionou altos teores de K na instalação do experimento, e pelo acúmulo de 113 kg de K ha⁻¹ na MS da cultura antecedente.

De acordo com Giacomini et al. (2001) este elemento apresenta rápida liberação dos resíduos vegetais chegando a 95% em quatro semanas após o manejo. O acúmulo de nutrientes está diretamente relacionado com a quantidade de resíduos vegetais

aportados e a exportação de nutrientes pelos grãos. Com isto, o K tende a se acumular na superfície, pois geralmente as plantas absorvem quantidades elevadas deste elemento, mas somente uma pequena fração do total absorvido é exportada pelos grãos. Assim, com a manutenção da palha em superfície ocorre uma adubação superficial às culturas subseqüentes (CERETTA e PAVINATO, 2003).

Tabela 16. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para massa seca de planta e espiga de milho no estádio de grãos leitoso, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Milho Silagem	
	Massa Seca de Planta	Massa Seca de Espiga
Bloco	0,137 ^{ns}	0,311 ^{ns}
TA	0,861 ^{***}	0,127 ^{***}
TB	90,437 ^{**}	54,641 ^{**}
TA*TB	2,781 ^{ns}	2,337 ^{ns}
TC	0,027 ^{ns}	0,011 ^{ns}
TA*TC	0,233 ^{ns}	1,351 ^{ns}
TB*TC	0,125 ^{ns}	2,955 ^{ns}
TA*TB*TC	0,868 ^{ns}	1,528 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)	
Reg.linear	2,153 ^{ns}	0,367 ^{ns}
Reg.quadrática	0,422 ^{ns}	0,002 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Na Tabela 17, encontram-se os resultados da massa seca de planta e espiga de milho, no estádio de grão leitoso, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Quanto aos valores referentes à massa seca de planta e espiga ha^{-1} , submetidos ao fator de variação subparcela, observa-se que houve diferença significativa, onde os tratamentos com palha foram em média 1.525,5 e 1.193,3 kg ha^{-1} superiores aos tratamentos sem palha, para massa de planta e espiga respectivamente.

Estes resultados são conseqüências dos valores médios de massa seca por planta (Tabela 15), onde os tratamentos com palha já apresentavam massa seca por planta superior aos tratamentos sem palha.

Tabela 17. Análise de variância da massa seca de planta e espiga de milho, no ponto de silagem, cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consorcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Milho Silagem	
	Massa Seca de Planta	Massa Seca de Espiga
	-----kg ha ⁻¹ -----	
Com palha	8.186,0 A	8.404,2 A
Sem palha	6.660,5 B	7.210,9 B
DMS	349,36	351,56
CV%	8,64	8,27
SB	7.435,9	7.816,7
CB	7.410,5	7.798,4
DMS	309,36	359,03
CV%	8,07	8,91

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os resultados deste experimento não corroboram com os apresentados por Pereira et al. (2009), os quais não encontraram diferença significativa para massa seca de milho ha⁻¹ quando comparados os tratamentos milho cultivado com e sem palha de *Brachiaria decumbens* como cobertura do solo. Domingues (2004) também não encontrou influência da palha de *Brachiaria brizantha* sobre a produtividade de forragem de milho

Fancelli e Dourado Neto (2000) afirmaram que o rendimento de forragem é dependente do resultado da interação entre o potencial genético da cultivar, das práticas culturais adotadas e das condições climáticas.

Ferreira (2001) ressaltou que o acúmulo de massa seca da forragem é devido ao crescimento da espiga principalmente na fração dos grãos.

Os resultados referentes ao fator de variação subsubparcela não apontaram diferença significativa entre os tratamentos milho consorciado e milho solteiro (Tabela 16), corroborando com os dados obtidos por Borghi et al. (2006).

Kluthcouski e Aidar (2003), também não encontraram diferença significativa na produção de forragem de milho consorciado com *B. brizantha*, independente do arranjo da forrageira com a cultura produtora de grãos.

6.8 Componentes morfológicos do milho

O resumo da análise de variância (valores de F) para os componentes morfológicos encontra-se na Tabela 18.

Tabela 18. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para os componentes morfológicos: altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AI), diâmetro do colmo (DC), comprimento médio dos internódios (CMI) e área foliar (AF), determinados no estádio de florescimento da cultura do milho, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Componentes Morfológicos				
	AP	AI	DC	CMI	AF
Bloco	0,306 ^{ns}	0,419 ^{ns}	0,595 ^{ns}	2,539 ^{ns}	0,522 ^{ns}
TA	1,953 ^{***}	2,840 ^{***}	4,112 ^{***}	2,194 ^{***}	2,612 ^{***}
TB	664,513 ^{**}	562,152 ^{**}	18,375 ^{**}	42,795 ^{**}	17,663 ^{**}
TA*TB	0,784 ^{ns}	0,821 ^{ns}	0,061 [*]	1,433 ^{ns}	1,279 ^{ns}
TC	0,060 ^{ns}	3,376 ^{ns}	1,286 ^{ns}	0,327 ^{ns}	5,293 [*]
TA*TC	1,139 ^{ns}	0,344 ^{ns}	0,659 ^{ns}	0,118 ^{ns}	0,656 ^{ns}
TB*TC	0,415 ^{ns}	1,232 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,573 ^{ns}	0,594 ^{ns}
TA*TB*TC	0,956 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,841 ^{ns}	0,987 ^{ns}	0,746 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)				
Reg.linear	5,416 [*]	8,050 [*]	11,177 ^{**}	6,351 [*]	0,170 ^{ns}
Reg.quadrática	0,323 ^{ns}	0,430 ^{ns}	0,314 ^{ns}	0,181 ^{ns}	0,007 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Para o fator quantitativo de variação parcela, apenas não foi possível ajustar equações de regressão para o componente morfológico área foliar, para os demais houve ajuste significativo de equações lineares, ou seja, ocorreu elevação dos valores a com o aumento das dose de K₂O (Figuras 30, 31, 32 e 33).

Quanto a variável diâmetro do colmo, percebe-se que houve interação parcela e subparcela, onde os tratamentos com presença de palha de *Brachiaria brizantha* apresentaram plantas com maiores valores quando comparado aos tratamentos sem palha nas doses de 0 e 75 kg ha⁻¹ de K₂O.

Os resultados desta interação podem ser explicados pelos maiores teores de potássio e magnésio encontrados nas plantas cultivadas nas subparcelas com palha e com a aplicação das doses 0 e 75 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. Pode-se afirmar que a altura de plantas foi fortemente influenciada pelo comprimento médio dos internódios, pois estes também apresentaram valores crescentes com o aumento das doses de K₂O.

Os resultados referentes aos componentes morfológicos diâmetro do colmo e comprimento médio dos internódios merece atenção especial, pois o aumento nos valores destes parâmetros, geralmente está associado com aumento de produtividade (CRUZ, et al., 2008). Para Fancelli e Dourado Neto (2000) a explicação para esta relação está no fato de que o colmo atua também como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos. Desta forma quanto maior o diâmetro do colmo e comprimento dos internódios maior o armazenamento de fotossintetizados.

Cruz et al. (2008) estudando adubação para cultura do milho, encontrou correlação significativa entre diâmetro do colmo e produtividade.

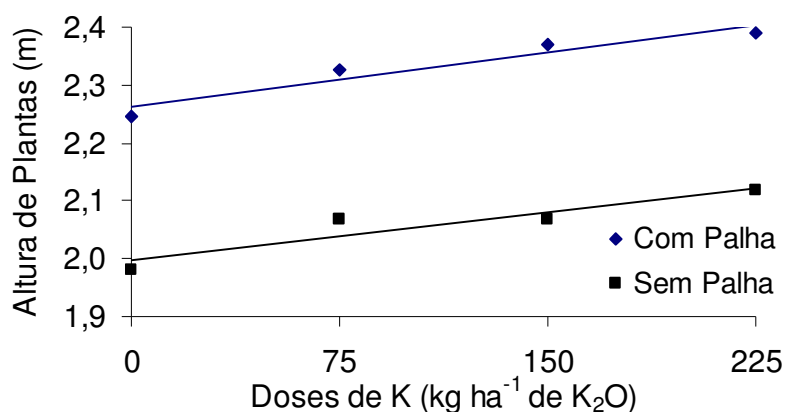


Figura 30. Altura de plantas de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0006x + 1,9969$ $R^2 = 0,88$. Com Palha $y = 0,0006x + 2,262$ $R^2 = 0,93$. Botucatu-SP, 2009.

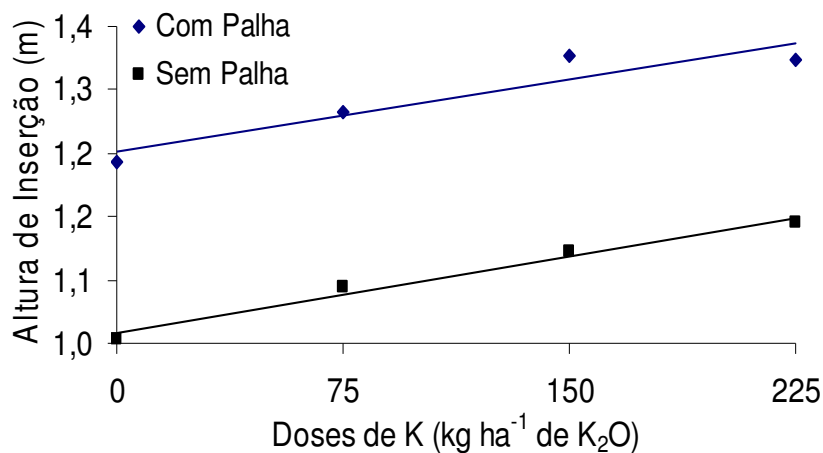


Figura 31. Altura de inserção da espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0006x + 1,0142$ $R^2 = 0,98$. Com Palha $y = 0,0006x + 1,2419$ $R^2 = 0,87$. Botucatu-SP, 2009.

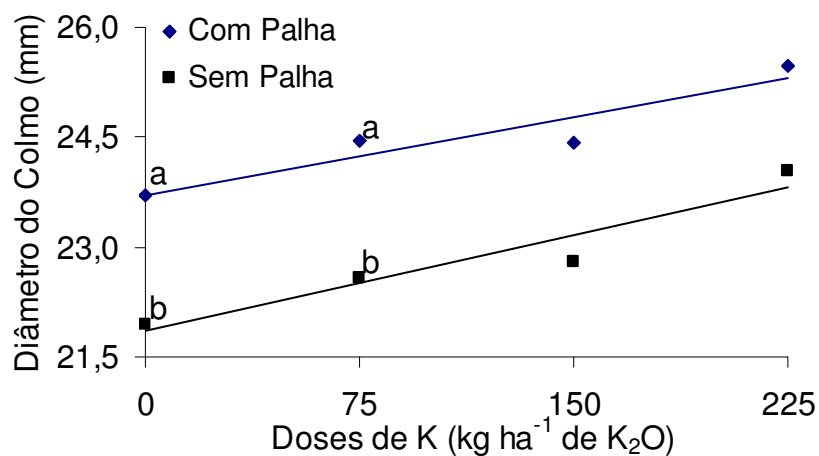


Figura 32. Diâmetro do colmo de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0088x + 21,858$ $R^2 = 0,92$. Com Palha $y = 0,0071x + 23,72$ $R^2 = 0,89$. Botucatu-SP, 2009.

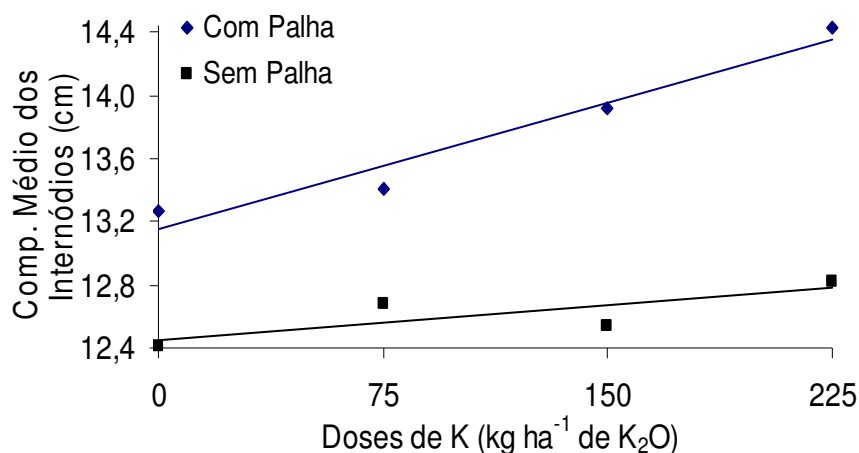


Figura 33. Comprimento médio dos internódios de plantas de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0015x + 12,43$ $R^2 = 0,64$. Com Palha $y = 0,0053x + 13,138$ $R^2 = 0,95$. Botucatu-SP, 2009.

Na Tabela 19, encontram-se os resultados dos componentes morfológicos do milho, analisados durante o estágio de florescimento, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Pode-se observar que houve diferença significativa entre os tratamentos milho cultivado com e sem palha de *Brachiaria brizantha* como cobertura do solo. A presença da palha no sistema beneficiou as plantas de milho em todas as variáveis morfológicas avaliadas.

Estes componentes foram influenciados pelos maiores teores de Mg, N e P nas plantas cultivadas sob palhada de *Brachiaria brizantha* (Tabela 9).

Quanto ao fator de variação subsubparcela este apresentou diferença significativa entre os tratamentos milho solteiro e milho consorciado com *Brachiaria brizantha* apenas para a variável área foliar. Nesta a presença da *Brachiaria brizantha* interferiu negativamente reduzindo a área foliar das plantas em comparação ao tratamento milho solteiro.

Tabela 19. Análise de variância dos componentes morfológicos: altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AI), diâmetro do colmo (DC), comprimento médio dos internódios (CMI) e área foliar (AF), do milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Componentes Morfológicos				
	AP	AI	DC	CMI	AF
	m	m	mm	cm	m ²
Com palha	2,33 A	1,31 A	24,52 A	13,74 A	1,165 A
Sem palha	2,06 B	1,09 B	22,84 B	12,60 B	0,998 B
DMS	0,02	0,02	0,85	0,38	0,09
CV %	1,94	3,15	6,59	5,3	14,72
SB	2,19	1,19	23,84	13,21	1,11 A
CB	2,20	1,21	23,52	13,12	1,05 B
DMS	0,02	0,02	0,59	0,32	0,05
CV %	1,69	3,47	4,80	4,77	9,87

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tsumanuma (2004) avaliando o comportamento do milho solteiro e em consórcio com diferentes espécies de braquiária, também não evidenciou diferença estatística entre o tratamento milho solteiro e os demais, para altura de plantas, número de folhas, índice de área foliar e diâmetro do colmo de plantas de milho, demonstrando a inexistência da influência das presenças das braquiárias no desenvolvimento do referido cereal.

Gimenes et al. (2008) estudando o cultivo do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em diferentes densidades populacionais, também não encontram diferença significativa entre os tratamentos milho solteiro e milho consorciado para os componentes morfológicos do milho: número de folhas, área foliar e diâmetro do colmo.

De acordo com Cobucci (2003) a ausência de diferença estatística para estas variáveis pode ser explicada pelo fato da braquiária apresentar crescimento inicial lento, não interferindo dessa forma sobre o desenvolvimento do milho.

A importância destas características é que normalmente elas estão relacionadas à produtividade de grãos, e que podem indicar possíveis limitações enfrentadas pelas plantas, no seu desenvolvimento (DOMINGUES, 2004). Desta forma pode-se constatar

que a cultura do milho, com exceção da área foliar, não encontrou restrições para seu pleno desenvolvimento dentre os sistemas adotados.

6.9 Partição de massa seca na espiga por ocasião da colheita

O resumo da análise de variância (valores de F) para partição de massa seca na espiga de milho, encontra-se na Tabela 20.

De acordo com o resumo da análise de variância houve significância nas variáveis analisadas para regressões polinomiais quando da aplicação de doses crescentes de K_2O , sendo possível o ajuste de regressões lineares para massa seca de palha e sabugo por espiga e quadrática para massa seca de grãos (Figuras 34, 35 e 36).

Tabela 20. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para partição de massa seca na espiga de milho, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Partição de Massa Seca Espiga		
	Massa Seca de Palha	Massa Seca de Sabugo	Massa Seca de Grãos
Bloco	2,731 ^{ns}	0,357 ^{ns}	0,627 ^{ns}
TA	24,603 ^{***}	7,151 ^{***}	22,096 ^{***}
TB	100,223 ^{**}	325,219 ^{**}	44,371 ^{**}
TA*TB	2,875 ^{ns}	3,181 ^{ns}	9,132 ^{**}
TC	0,105 ^{ns}	0,447 ^{ns}	0,504 ^{ns}
TA*TC	2,274 ^{ns}	1,399 ^{ns}	1,467 ^{ns}
TB*TC	1,129 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,297 ^{ns}
TA*TB*TC	0,135 ^{ns}	0,656 ^{ns}	2,164 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)		
Reg.linear	71,744 ^{**}	20,790 ^{**}	3,159 ^{ns}
Reg.quadrática	2,055 ^{ns}	0,351 ^{ns}	58,609 ^{**}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

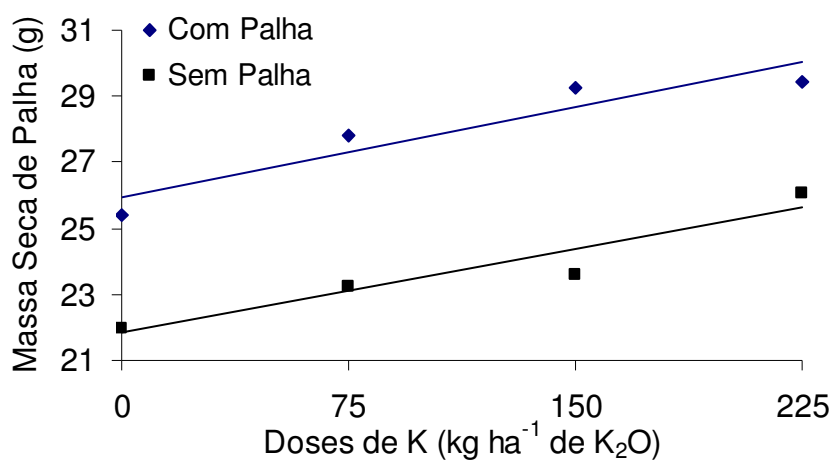


Figura 34. Massa seca de palha na espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0169x + 21,819$ $R^2 = 0,91$. Com Palha $y = 0,0182x + 25,923$ $R^2 = 0,88$. Botucatu-SP, 2009.

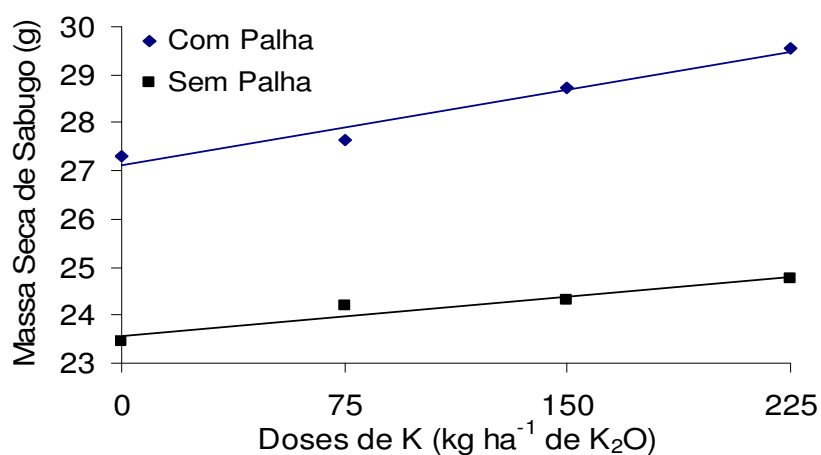


Figura 35. Massa seca de sabugo na espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,0055x + 23,563$ $R^2 = 0,92$. Com Palha $y = 0,0104x + 27,131$ $R^2 = 0,97$. Botucatu-SP, 2009.

Observa-se na análise de variância, haver interação entre parcela e subparcela para a variável massa seca de grãos por espiga, onde o tratamento com palha mostrou-se superior em relação ao tratamento sem palha, com exceção para a dose de 150 kg ha⁻¹ de K₂O, a qual não apresentou diferença significativa (Figura 36).

O efeito quadrático para massa seca de grãos pode ser explicado pelo menor número de grãos por espiga, observado à medida que se aumentou as doses de K_2O (Figura 40).

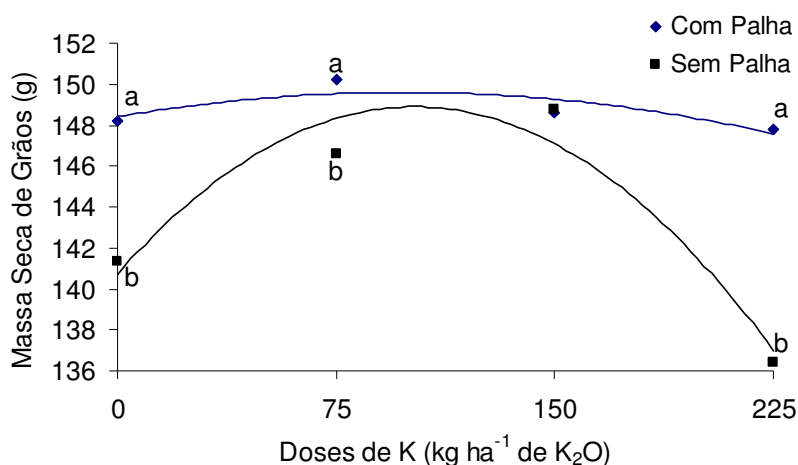


Figura 36. Massa seca de grãos na espiga de milho em função de doses de K_2O . Sem Palha $y = -0,0008x^2 + 0,1603x + 140,73$ $R^2 = 0,93$. Com Palha $y = -0,0001x^2 + 0,0243x + 148,42$ $R^2 = 0,71$. Botucatu-SP, 2009.

Na Tabela 21, encontram-se os resultados referentes à partição de massa seca na espiga de milho, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Observa-se que houve diferença significativa apenas para o fator de variação subparcela, onde após a aplicação do teste Tukey, detectou-se superioridade do tratamento com palha em relação ao tratamento sem palha, para todas as variáveis analisadas.

A explicação para estes resultados encontra-se nos maiores valores de massa seca de espiga por planta, observados já no estágio de florescimento (Tabela 15), os quais seguiram a mesma tendência até o momento da colheita (Tabela 21).

Tabela 21. Análise de variância da partição de massa seca da espiga de milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Partição de Massa Seca da Espiga		
	Massa Seca de Palha	Massa Seca de Sabugo	Massa Seca de Grãos
	-----g espiga ⁻¹ -----		
Com palha	28,22 A	28,18 A	148,72 A
Sem palha	23,72 B	24,18 B	143,28 B
DMS	0,99	0,48	1,78
CV%	6,92	3,39	2,24
SB	26,01	26,25	145,73
CB	25,92	26,10	146,27
DMS	0,60	0,44	1,58
CV%	4,51	3,29	2,10

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

6.10 Teor e translocação de potássio nos grãos

O resumo da análise de variância (valores de F) para teor e translocação de K nos grãos de milho, encontra-se na Tabela 22.

De acordo com a análise de variância percebe-se que houve ajuste para equação de regressão apenas para a variável porcentagem de translocação de K nos grãos, de forma inversamente proporcional ao aumento das doses de K₂O (Figura 37) e conseqüentemente ao teor de K na planta de milho por ocasião do florescimento.

A explicação para o comportamento observado nesta variável deve-se ao fato do teor de K nos grãos não ter apresentado efeito significativo quanto à elevação dos teores de K na planta de milho ou elevação das doses de K₂O aplicadas ao solo. Desta forma percebe-se que independente do nível de K na planta de milho a quantidade de K translocada para os grãos não se altera de forma significativa.

De acordo com Fernandes et al. (1998) o K, ao contrário do N e P, apresenta menor taxa de translocação nos grãos, com valores que variam de 26% a 43% do total absorvido pelas plantas. Estes valores estão bem próximos dos valores encontrados neste

experimento, os quais variaram de 28,5% a 43% na maior e menor dose de K_2O respectivamente.

Coelho (2005) relata que para alcançar uma produtividade de 9.200 kg ha^{-1} de grãos, a cultura do milho absorveu um total de 132 kg ha^{-1} de K, dos quais apenas 42 kg ha^{-1} (38%) foram exportados nos grãos e 90 kg ha^{-1} (68%) encontravam-se na palhada. Pode-se afirmar, portanto, que a manutenção dos restos culturais na área devolve ao solo grande quantidade de K, caracterizando a cultura do milho destinada à produção de grãos como uma recicladora deste nutriente, com reciclagem de 12 kg de K por tonelada de palha.

Tabela 21. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para teor e translocação de potássio nos grãos, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Teor de Potássio	
	K no Grão	K Translocado no Grão
Bloco	2,481 ^{ns}	0,652 ^{ns}
TA	1,944 ^{***}	12,12 ^{***}
TB	15,218 ^{**}	1,643 ^{ns}
TA*TB	1,328 ^{ns}	2,320 ^{ns}
TC	2,282 ^{ns}	3,762 ^{ns}
TA*TC	0,235 ^{ns}	1,529 ^{ns}
TB*TC	4,592 [*]	0,845 ^{ns}
TA*TB*TC	0,202 ^{ns}	0,517 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)	
Reg.linear	1,883 ^{ns}	34,211 ^{**}
Reg.quadrática	3,942 ^{ns}	1,155 ^{ns}

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Para Rossato (2004) a quantidade de potássio translocado para os grãos também foi baixa em relação ao absorvido pelas plantas, com pouca variação entre os tratamentos. Este autor afirma que permaneceu na palhada uma quantidade que variou de 41 a 58% do total presente no florescimento, demonstrando que há uma liberação de potássio para o sistema após o florescimento. Esta liberação está provavelmente associada à senescência dos

tecidos da planta e ao fato do K não estar associado a nenhum componente estrutural da planta (MARSCHENER, 1995) o que provocaria a rápida liberação deste elemento para o solo.

Neste contexto, é extremamente necessária a manutenção contínua de plantas em crescimento para diminuir o tempo de exposição deste nutriente ao ambiente, diminuindo perdas por lixiviação e escoamento superficial, evitando assim, que o custo de produção aumente desnecessariamente (ROSSATO, 2004).

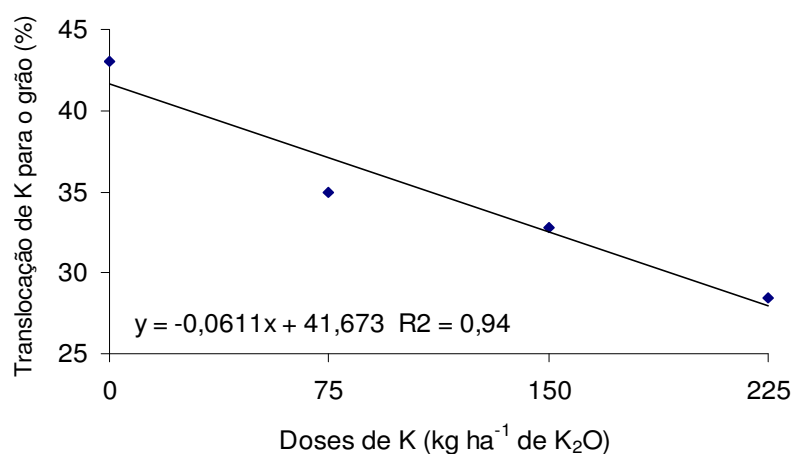


Figura 37. Translocação de potássio para os grãos de milho em função de doses de K₂O. Botucatu-SP, 2009.

Na Tabela 23, encontram-se os resultados referentes ao teor e exportação de K nos grãos de milho, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Nesta análise, observa-se que a única variação significativa ocorreu para a variável teor de K nos grãos, a qual sofreu interferência do tratamento com palha de *Brachiaria brizantha* como cobertura do solo, apresentando maiores valores quando comparado ao tratamento sem palha.

Na Tabela 24 encontram-se os resultados da interação entre subparcela e subsubparcela. Percebe-se que o teor de K nos grãos de milho cultivado solteiro também foi influenciado positivamente pela presença da palha no sistema. Já para o milho consorciado com *Brachiaria brizantha* essa diferença não foi significativa.

Tabela 23. Análise de variância do teor e translocação de potássio nos grãos de milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Teor de Potássio	
	K no Grão g kg ⁻¹	K Translocado no Grão %
Com palha	4,74 A	35,76
Sem palha	4,33 B	33,85
DMS	0,30	3,25
CV%	9,25	17,11
SB	4,47	33,48
CB	4,60	36,13
DMS	0,30	3,12
CV%	7,84	15,68

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fazendo-se a comparação nas linhas, nota-se que para a subparcela sem palha a presença da *Brachiaria brizantha* no sistema de consórcio beneficiou significativamente, de alguma forma, a exportação de K para os grãos (Tabela 24).

Tabela 24. Desdobramento da interação subparcela e subsubparcela para teor de potássio nos grãos, no município de Botucatu-SP, 2009.

TB	TC	
	Milho Solteiro	Milho Consorciado
Com Palha	4,77 aA	4,71 aA
Sem Palha	4,17 bB	4,49 aA
DMS = 0,282 Colunas		
DMS = 0,260 Linhas		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

6.11 Componentes da produção e produtividade

O resumo da análise de variância (valores de F) para os componentes da produção do milho: população final de plantas, número de espigas, comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileira de grãos (NF), massa de 1000 grãos, número de grãos por espiga, comprimento do grão (CG) e produtividade, encontra-se na Tabela 25.

Tabela 25. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA), subparcela (TB), subsubparcela (TC) e suas interações para os componentes da produção do milho: população final de plantas, número de espigas, comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileira de grãos (NF), massa de 1000 grãos, número de grãos por espiga, comprimento do grão e produtividade, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	Componentes da Produção e Produtividade								
	População Final	Nº de Espigas	CE	DE	NF	Massa de 1000 Grãos	Nº de Grãos	CG	Prod.
Bloco	0,470 ^{ns}	0,552 ^{ns}	2,544 ^{ns}	1,016 ^{ns}	0,780 ^{ns}	1,273 ^{ns}	2,059 ^{ns}	3,839 ^{ns}	3,424 ^{ns}
TA	2,154 ^{***}	4,619 ^{***}	1,303 ^{***}	0,385 ^{***}	0,361 ^{***}	4,514 ^{***}	7,073 ^{***}	0,414 ^{***}	2,216 ^{***}
TB	0,273 ^{ns}	25,65 ^{**}	36,70 ^{**}	283,56 ^{**}	7,560 [*]	73,71 ^{**}	29,53 ^{**}	33,89 ^{**}	42,55 ^{**}
TA*TB	3,983 [*]	4,958 [*]	1,076 ^{ns}	1,153 ^{ns}	0,365 ^{ns}	2,574 ^{ns}	5,703 [*]	1,661 ^{ns}	0,418 ^{ns}
TC	0,238 ^{ns}	3,010 ^{ns}	0,139 ^{ns}	0,142 ^{ns}	0,761 ^{ns}	0,246 ^{ns}	0,230 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,773 ^{ns}
TA*TC	0,418 ^{ns}	0,642 ^{ns}	2,575 ^{ns}	0,708 ^{ns}	1,590 ^{ns}	2,515 ^{ns}	3,269 [*]	0,061 ^{ns}	1,137 ^{ns}
TB*TC	3,377 ^{ns}	3,827 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,159 ^{ns}	0,317 ^{ns}	1,341 ^{ns}	1,907 ^{ns}	0,564 ^{ns}	0,062 ^{ns}
TA*TB*TC	0,294 ^{ns}	0,933 ^{ns}	0,912 ^{ns}	2,089 ^{ns}	1,009 ^{ns}	1,277 ^{ns}	1,353 ^{ns}	1,529 ^{ns}	0,539 ^{ns}
Regressão Polinomial (TA)									
Reg.linear	3,719 ^{ns}	2,767 ^{ns}	2,919 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,990 ^{ns}	9,867 [*]	19,844 ^{**}	0,094 ^{ns}	1,010 ^{ns}
Reg.quadrática	1,850 ^{ns}	10,931 ^{**}	0,729 ^{ns}	1,061 ^{ns}	0,017 ^{ns}	3,433 ^{ns}	0,122 ^{ns}	0,636 ^{ns}	5,594 [*]

*** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

O componente da produção número de espigas, em função das doses crescentes de K_2O , apresentou comportamento quadrático (Figura 38). Pode-se observar também a ocorrência de interação para os fatores de variação parcela e subparcela, onde a presença da palha influenciou positivamente o número de espigas, em relação às subparcelas com ausência de palha, até a dose de 150 kg ha^{-1} de K_2O , não havendo mais diferença entre as subparcelas na doses de 225 kg ha^{-1} de K_2O .

A massa de 1000 grãos aumentou de forma linear com a aplicação das doses crescentes de K_2O (Figura 39), apesar de não ter sido significativo o aumento do teor de K nos grãos com o aumento destas doses. Segundo Ohland et al. (2005), a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. Para Ulger et al. (1995), este componente tem alta dependência da absorção de nutrientes pelo milho. Sendo que a deficiência de nutrientes, no período de formação e enchimento de grãos, pode concorrer para a formação de grãos com menor massa específica, devido à não translocação em quantidades adequadas para os mesmos.

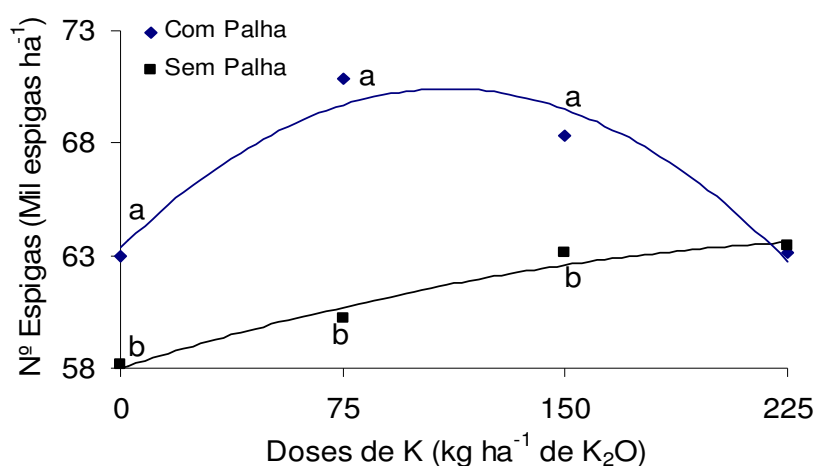


Figura 38. Número de espigas de milho por hectare em função de doses de K_2O . Sem Palha $y = -0,0754x^2 + 41,872x + 58002$ $R^2 = 0,97$. Com Palha $y = -0,583x^2 + 128,5x + 63341$ $R^2 = 0,94$. Botucatu-SP, 2009.

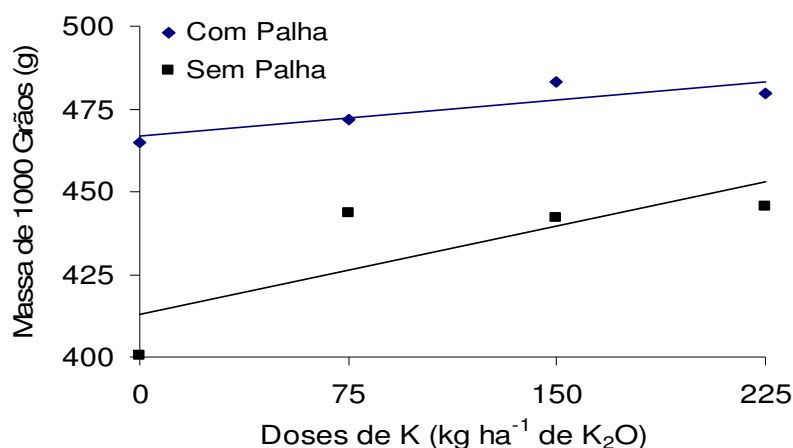


Figura 39. Massa de 1000 grãos na espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = 0,1784x + 412,94$ $R^2 = 0,64$. Com Palha $y = 0,074x + 466,61$ $R^2 = 0,77$. Botucatu-SP, 2009.

Para o número de grãos por espiga, além do ajuste de equações lineares, inversamente proporcionais ao aumento das doses de K₂O, também é possível observar interação parcela e subparcela (Figura 40) e parcela e subsubparcela (Figura 41). Para o primeiro caso de interação, houve diferença significativa entre as subparcelas nas doses de 0 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O, onde o tratamento com palha foi superior ao tratamento sem palha. No segundo caso de interação (Figura 41), a presença da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho interferiu negativamente no número de grãos por espiga, quando comparado ao tratamento milho solteiro.

A diminuição do número de grãos por espiga com o aumento das doses de K₂O, pode ser explicada pelo comportamento do teor de B nas folhas de milho por ocasião do florescimento. Da mesma forma que para o número de grãos, este micronutriente teve seu teor reduzido com o aumento das doses de K₂O (Figura 23).

Como já relatado anteriormente, o B está relacionado a muitos processos fisiológicos da planta que são afetados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática. Entre as diversas funções,

duas estão muito bem definidas: síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK e RÖMHELD, 1997).

O importante papel do B na integridade da membrana foi demonstrado por CAKMAK et al. (1995), trabalhando com girassol. Comparando as folhas deficientes em boro com as normais eles observaram que o efluxo ou vazamento era 35 vezes maior para o potássio, 45 vezes maior para a sacarose e 7 vezes maior para os fenólicos e aminoácidos nas folhas deficientes em B que nas folhas com níveis suficientes em B.

Segundo Gupta (1993), a concentração de B nos tecidos das plantas pode ser relacionada a diversos fatores que incluem variação genotípica, estágio de desenvolvimento e fatores ambientais. A deficiência de B é mais importante para o desenvolvimento reprodutivo que para o crescimento vegetativo (DELL e HUANG, 1997). Em condições de severas deficiências de B, ocorre má formação de espigas e também redução na produção do milho (MOZAFAR, 1987). Este fato provavelmente está relacionado à falhas na formação da parede celular e na integridade da membrana plasmática nas células do grão de pólen em plantas com concentrações reduzidas de B nos seus tecidos, o que inviabilizaria o grão de pólen.

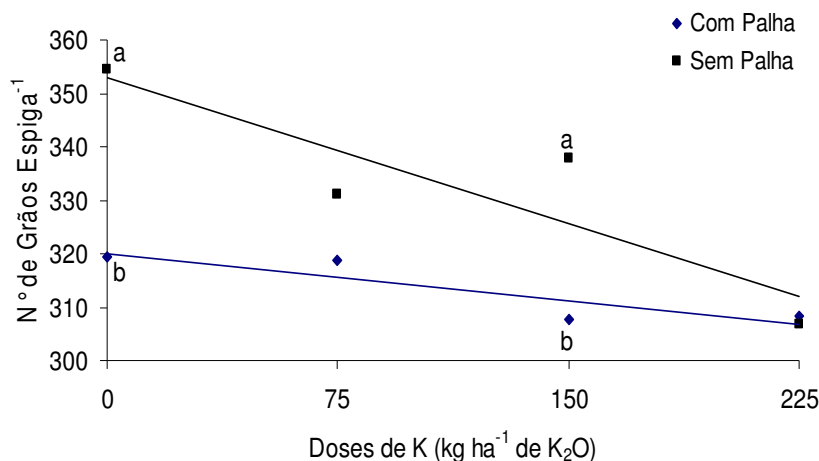


Figura 40. Número de grãos por espiga de milho em função de doses de K₂O. Sem Palha $y = -0,1814x + 352,95$ $R^2 = 0,79$. Com Palha $y = -0,0589x + 320,13$ $R^2 = 0,80$. Botucatu-SP, 2009.

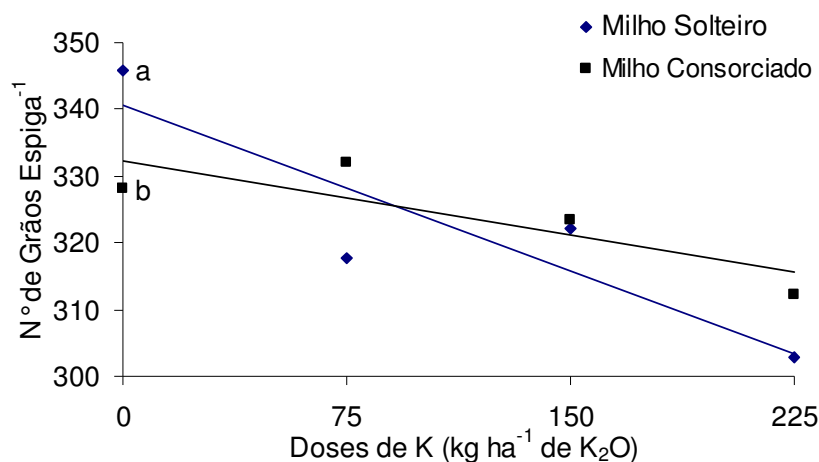


Figura 41. Número de grãos por espiga de milho em função de doses de K₂O. Milho Solteiro $y = -0,1657x + 340,73$ $R^2 = 0,82$. Milho Consorciado $y = -0,0746x + 332,35$ $R^2 = 0,71$. Botucatu-SP, 2009.

A produtividade de grãos apresentou comportamento quadrático em resposta à aplicação das doses crescentes de K₂O (Figura 42). Através da derivada primeira das funções $y = -0,0544x^2 + 12,608x + 9111,7$ e $y = -0,0617x^2 + 16,806x + 7174,2$, obteve-se o máximo rendimento agrônômico (MRA) do híbrido DKB177 cultivado nas subparcelas com palha de 9.842,3 kg ha⁻¹ e sem palha de 8.318,4 kg ha⁻¹ respectivamente. A máxima dose agrônômica para estes tratamentos correspondeu a 115,9 kg ha⁻¹ K₂O para a subparcela com palha e 136,2 kg ha⁻¹ K₂O para a subparcela sem palha.

Por estes resultados nota-se que a *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura proporciona economia quanto à adubação potássica para o milho, obtendo-se o MRA com aproximadamente 20,3 kg ha⁻¹ K₂O a menos quando comparado ao tratamento sem palha.

As doses de MRA encontradas neste trabalho podem ser consideradas altas em relação à maioria dos trabalhos com adubação potássica na cultura do milho realizados no Brasil, as quais geralmente encontram-se entre 40 e 60 kg ha⁻¹ K₂O (COELHO, 2005). No entanto, deve-se destacar que nesta pesquisa o adubo (KCl) foi aplicado em área total, e na maioria dos trabalhos mencionados acima esta adubação é realizada no sulco de semeadura. Vale ressaltar também, que o teor de K no solo no início da condução deste experimento encontrava-se com valores considerados baixo (Tabela 1).

Raij et al. (1981), avaliando a adubação potássica no milho, encontraram efeito depressivo com $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$; os autores atribuíram parte deste efeito à aplicação localizada do fertilizante (KCl) no sulco de semeadura.

Apesar da comprovada importância do K para cultura do milho e dos altos níveis exigidos por esta cultura, a grande maioria dos trabalhos referentes à adubação potássica no Brasil, apontam para ausência de resposta do milho a este nutriente.

Entretanto, para melhor entendimento das baixas frequências de resposta do milho à adubação potássica obtidas na maioria dos ensaios, deve-se ceder à análise crítica das condições em que foram obtidas. Isso é importante, pois, sendo o milho uma planta que apresenta alta demanda por K, apresentando acúmulo de ($15 \text{ a } 18 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), superior ao de N e P, segundo Karlen et al. (1987), era de se esperar maior resposta a este nutriente.

Contudo, pesquisas relatam respostas diversas à adubação potássica para cultura do milho, quando o teor trocável encontra-se abaixo do nível crítico, indicando que as plantas podem absorver formas não trocáveis e/ou não detectadas pelos métodos tradicionais utilizados na predição de sua disponibilidade.

De acordo com Coelho (2005) é provável que a resposta a esse nutriente tenda a aumentar com o uso mais intensivo do solo e os maiores potenciais de produtividade em decorrência da melhoria das condições de cultivo, incluindo melhores práticas de manejo, irrigação e novos híbridos. Tem-se verificado confirmação desse quadro em decorrência desses aspectos.

Como exemplo pode-se citar o trabalho desenvolvido por Coelho e França (1995) sobre adubação potássica em cultivos sucessivos de milho para produção de grãos e forragem, sob condições irrigadas, onde foi possível observar redução da produção principalmente para os tratamentos testemunha e com aplicação de 60 kg ha^{-1} de K_2O , sendo maior quando se cultivou milho visando forragem, o que demonstra a importância do K na manutenção da produtividade da cultura em sistema de uso intensivo do solo.

Veloso et al. (2001) e Araújo et al. (1997), também encontraram resposta quadrática para produção de matéria seca e grãos de milho em função de doses crescentes de K.

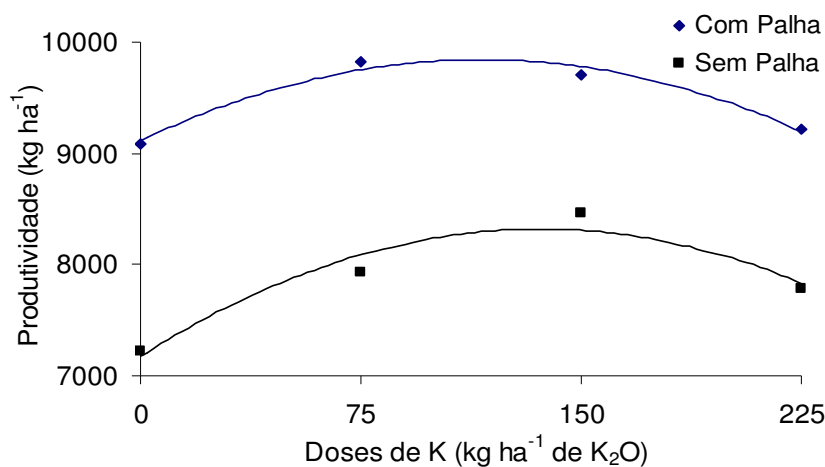


Figura 42. Produtividade de grãos de milho em função de doses crescentes de K₂O. Com Palha $y = -0,0544x^2 + 12,608x + 9111,7$ $R^2 = 0,97$. Sem Palha $y = -0,0617x^2 + 16,806x + 7174,2$ $R^2 = 0,93$.

Na Tabela 26, encontram-se os resultados referentes aos componentes da produção do milho: população final de plantas, número de espigas, comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileira de grãos (NF), peso de 1000 grãos, número de grãos por espiga, comprimento do grão (CG) e produtividade teor exportação de K nos grãos de milho, avaliando-se isoladamente os fatores qualitativos de variação subparcela e subsubparcela.

Quanto ao fator de variação subparcela, observa-se que dentre os componentes da produção apenas a população de plantas não apresentou diferença entre os tratamentos. Para os demais e para a produtividade a presença da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura proporcionou maiores valores quando comparado com o tratamento sem palha.

Estes resultados estão relacionados com o melhor estado nutricional das plantas cultivadas sob a palhada de *Brachiaria brizantha*. De acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000) os componentes da produção são influenciados, dentre outros fatores, pelo estado nutricional que a planta se encontra na ocasião em que estes estão sendo definidos.

Crusciol et al. (2009) também constataram que o cultivo de milho nas áreas em que a braquiária foi introduzida no sistema de rotação de culturas proporcionou

aumento de produtividade de grãos da ordem de 1.110 kg ha^{-1} , o mesmo acontecendo no cultivo de aveia branca (330 kg h^{-1}) e de soja (405 kg ha^{-1}).

Para o fator de variação subsubparcela não foi possível detectar interferência da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho para os componentes da produção avaliados e para produtividade. Os resultados deste experimento corroboram com os obtidos por Borghi (2004); o autor avaliando milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em plantio direto não encontrou diferença, quanto ao sistema de cultivo do milho em consórcio e solteiro, para as variáveis: massa da espiga, massa de grãos por espiga, número de espigas ha^{-1} e produtividade.

Gimenes et al. (2008), também não observaram interferência da *Brachiaria brizantha* em sistema de consórcio com milho para o componente massa de 1000 grãos.

Para Tsumanuma (2004), Portela (2003), Klutcouski e Aidar (2003) e Jakelaitis et al. (2004), não foi possível notar diferença significativa na produtividade do milho consorciado com espécies de *Brachiaria*.

Entretanto, Pântano (2003), Jakelaitis et al. (2005), Cruz (2007) e Gimenes et al. (2008) encontraram diferença significativa na produtividade do milho consorciado com diferentes espécies de braquiária.

Bernado (2003) estudando a semeadura do capim braquiária em pós-emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema plantio direto, relata que o sombreamento do solo pelo milho muito provavelmente restringiu o desenvolvimento da braquiária, impedindo a competição interespecífica e não interferindo na produção de grãos, apesar da instalação do consórcio (estádio V5 e V7 do milho) ter ocorrido dentro do período em que vários autores tais como Blanco et al. (1976), Ramos e Pitelli (1994), Haniz et al. (1996) e Duarte (2000), concluíram que a presença das plantas daninhas reduziu a produtividade de grãos.

Tabela 26. Análise de variância dos componentes da produção do milho cultivado com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura e em sistema de consórcio com *Brachiaria brizantha* (CB) e solteiro (SB), no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	Componentes da Produção e Produtividade									
	População Final	Nº de Espigas	CE	DE	NF	Massa de 1000 Grãos	Nº de Grãos	CG	Prod.	
	plantas ha ⁻¹	espigas ha ⁻¹	cm	mm	unidade	g	grãos espiga ⁻¹	mm	kg ha ⁻¹	
Com palha	65702,0	66319,5 A	17,24 A	51,92 A	15,77 A	474,93 A	313,50 B	11,23 A	9.459,7 A	
Sem palha	65124,0	61226,9 B	16,37 B	48,75 B	15,55 B	433,00 B	332,55 A	10,65 B	7.851,0 B	
DMS	2411,44	2189,99	0,31	0,41	0,18	10,62	7,63	0,49	537,12	
CV%	6,77	6,31	3,41	1,50	2,08	4,3	4,34	3,68	11,4	
SB	65162	62731,5	16,83	50,28	15,61	455,13	322,09	10,95	8.577,50	
CB	65664	64814,8	16,78	50,39	15,7	452,80	323,96	10,93	8.733,20	
DMS	2124,06	2443,15	0,27	0,57	0,21	9,72	8,05	0,50	365,38	
CV%	6,29	7,42	3,13	2,19	2,59	4,15	4,83	4,89	8,18	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

6.12 Massas verde e seca de *Brachiaria brizantha*

O resumo da análise de variância (valores de F) para massa verde e seca de *Brachiaria brizantha*, coletada no momento da colheita do milho, encontra-se na Tabela 27.

Analisando os dados da Tabela 27, percebe-se que houve efeito significativo apenas para o fator de variação subparcela. As doses de K₂O aplicadas no solo antes da semeadura do milho não exerceram influência sobre a produção de massa verde e seca da *Brachiaria brizantha*, ou seja, a *Brachiaria brizantha* não se beneficiou do efeito residual desta adubação realizada para a cultura do milho.

Este resultado pode ser explicado pelo fato da *Brachiaria brizantha* ser capaz de extrair K de formas inicialmente não trocáveis, como pode ser observado nas Figuras 7A e B, suprindo desta forma sua necessidade, independentemente da disponibilidade de K trocável do solo.

Tabela 27. Resumo da análise de variância (valores de F) para as causas de variação: bloco, parcela (TA) e subparcela e suas interações para massas verde e seca de *Brachiaria brizantha*, coletada no momento da colheita do milho, no município de Botucatu-SP, 2009.

Causas de Variação	<i>Brachiaria brizantha</i>	
	Massa Verde	Massa Seca
Bloco	0,168 ^{ns}	0,165 ^{ns}
TA	0,440 ^{****}	0,432 ^{****}
TB	62,378 ^{**}	61,974 ^{**}
TA*TB	3,309 ^{ns}	3,271 ^{ns}
	Regressão Polinomial (TA)	
Reg.linear	0,152 ^{ns}	0,163 ^{ns}
Reg.quadrática	1,032 ^{ns}	1,041 ^{ns}

**** Os tratamentos (TA) são quantitativos. O Teste F não se aplica.

** Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* Significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

^{ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

Na Tabela 28, encontram-se os resultados referentes à massas verde e seca de *Brachiaria brizantha*, coletada no momento da colheita do milho, avaliando-se isoladamente o fator qualitativo de variação subparcela.

Pode-se observar maior produção de massa verde e seca de *Brachiaria brizantha* nas subparcelas onde havia a presença de *Brachiaria brizantha* cultivada anteriormente como planta de cobertura. Este resultado pode está relacionado com a melhor condição físico-química do solo proporcionado pelo cultivo da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura. Esta idéia fica reforçada pelos dados apresentados por Cruz (2007), onde se observou que após a colheita do milho, houve maior desenvolvimento da *Brachiaria decumbens* cultivada em sistema plantio direto, sob palha de gramíneas forrageiras, quando comparado aos tratamentos sistema convencional e cultivo mínimo do solo.

Tabela 28. Massas verde e seca de *Brachiaria brizantha*, coletada no momento da colheita do milho, cultivada com e sem *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, no município de Botucatu-SP, 2009.

Tratamentos	<i>Brachiaria brizantha</i>	
	Massa Verde	Massa Seca
kg ha ⁻¹	
Com palha	4.723,0 A	2.147,6 A
Sem palha	2.454,3 B	1.118,6 B
DMS	625,6	284,7
CV%	20,2	22,63

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resposta da cultura do milho a aplicação de doses crescentes de K_2O como as observadas neste experimento foram possíveis, pelo o nível de K no solo encontrar-se com valores considerados baixos. Desta forma, como já relatado anteriormente, deve-se analisar criticamente, quanto à falta de resposta do milho a elevação dos teores deste macronutriente.

Para o entendimento sobre a real participação das diferentes formas de K do solo na nutrição de plantas cultivadas, é necessário mais estudos e pesquisas para que limites nítidos entre estas sejam estabelecidos e novas recomendações possam ser aplicadas.

A interferência positiva da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, na grande maioria dos parâmetros avaliados neste trabalho, pôde ser observada devido ao manejo e ao tempo de condução da mesma no campo, sendo este suficiente para observar a espécie e todo seu potencial como excelente planta para cobertura do solo e recicladora de nutrientes.

A estratégia de inserir a *Brachiaria brizantha* no sistema de consórcio, apenas por ocasião da adubação nitrogenada de cobertura para cultura do milho, ou seja, vinte dias após a emergência das plântulas, mostra-se decisiva para o estabelecimento perfeito do sistema de consorciação, pois possibilitou o desenvolvimento da cultura do milho livre de competição com a espécie forrageira, o que é primordial na condução do sistema de integração lavoura-pecuária.

A utilização de duas linhas de *Brachiaria brizantha* nas entrelinhas da cultura do milho, também beneficiou a consolidação do sistema, pois possibilitou o fechamento rápido da área após a colheita do milho, proporcionando boa cobertura para o solo.

8 CONCLUSÕES

O milho apresenta resposta positiva à adubação potássica quando o teor desse elemento no solo encontra-se em níveis considerados baixo.

A presença da *Brachiaria brizantha* como planta de cobertura, reduz a necessidade de adubação potássica para a cultura do milho.

A *Brachiaria brizantha* cultivada como planta de cobertura, faz uso de formas de K inicialmente não trocáveis no solo, proporciona reciclagem de nutrientes e incrementos na produtividade da cultura do milho.

A produtividade de milho não sofre interferências em sistemas de consórcio com *Brachiaria brizantha*.

9 REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. A. Possibilidades de intensificação do uso da pastagem através de rotação sem ou com uso mínimo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1999, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 85-138.

AITA, C.; FRIES, M. R.; GIACOMINI, S. J. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NURIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, 2000. 1 CD-ROM.

ALCÂNTARA, P. B. Origem das Braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, 1., Nova Odessa, 1986. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 1-18.

ALVARENGA, R. C. Integração lavoura – pecuária. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2004. 1 CD-ROM.

ALVIM, J. M. et al. Métodos de estabelecimento de *Brachiaria decumbens* em associação com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Lavras, v. 18, n. 5, p. 417-425, 1989.

AMADO, T. J. C. O desafio da obtenção de elevados rendimentos em sistemas sustentáveis de produção de Soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: [s.n.], 1999. p. 113-118.

AMARAL, A. S. et al. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 359-367, 2004.

ANDRADE, A. C. et al. Produtividade e valor nutritivo do Capim-Elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n.6, p.1589-1595, 2000.

ANGHINONI, et al. Dinâmica de fósforo, potássio, cálcio e magnésio em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 1., 2007, Curitiba. **Palestras...** Curitiba: UFPR, 2007. 1 CD-ROM.

AOAC. **Official methods of analysis**. 13th. Ed. Washington, DC, 1990. 1015 p.

ARAÚJO, L. A. N. de, et al. Adubação nitrogenada e potássica em cultura do milho para alta produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1997. CD-ROM.

AYARZA, M.; VILELA, L.; RAUSCHER, F. Rotação de culturas e pastagens em um solo de Cerrado: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 121-122.

BARCELLOS, A. O. et al. Produtividade animal em pastagens renovadas em solo arenoso de cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p. 207-209.

BERNADO, L. F. **Semeadura do capim braquiária em pós-emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. 2003. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)–Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; ARAÚJO, J. B. M. Épocas em que uma associação de mato provocava prejuízo por competição à produção de milho. In: SEMINÁRIO

BRASILEIRO DE HERBICIDAS E HERVAS DANINHAS, 11., 1976. Londrina. **Resumos...** Piracicaba: SBHED, 1976, p. 18.

BORGHI, E. et al. Produtividade e qualidade das forragens de milho e de *Brachiaria brizantha* em sistema de cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 369-381, 2006.

BORGHI, E. **Integração agricultura-pecuária do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto**. 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BORTOLUZZI, E. C. et al. Alterações na mineralogia de um Argissolo do Rio Grande do Sul submetido à fertilização potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 327-335, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.

BRUNETTO, G. et al. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 565-571, 2005.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Eds.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 63-121.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of celular functions in plants. In: DELL, B.; ROWN, P.H.; BELL, R.W. (Eds.). **Boron in soil and plants: review**. 1997. p. 71-83.

CALEGARI, A. O uso de plantas de cobertura e a rotação de culturas visando alto rendimento. In: IV CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DE SOLO EM PLANTIO DIRETO, 4., 2001, Ijuí. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2001. p. 5-20.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, G. G. P. et al. Integração agricultura-pecuária: um enfoque sobre cobertura vegetal permanente. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Garça, v. 5, n. 8, ago. 2005. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/veterinaria/>>. Acesso em: 13 jan. 2007.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici"**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1983. 95 p. (Boletim Técnico, n. 1).

CASTILHOS, R. M. V.; MEURER, E. J. Suprimento de potássio de solos do Rio Grande do Sul para arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 977-982, 2002.

CECCON, G. et al. Milho safrinha em consórcio com alternativas de outono-inverno para produção de palha e grãos, em MS. Dourados: EMBRAPA, 2005. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/noticias/artigos/artigo4.html>>. Acesso em: 15 maio 2005.

CERETTA, C. A.; PAVINATO, P. S. Adubação em linha ou a lanço no plantio direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DE SOLO EM PLANTIO DIRETO, 6., 2003. Ibirubá. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2003. p. 23-36.

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

COBUCCI, T. Sistema Santa Fé: integração agricultura pecuária. In: DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Feijão irrigado**: tecnologia e produtividade. Piracicaba: USP, ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. p. 120-165.

COELHO, A. M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 613-658.

COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. **Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 243-283.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Nutrição e adubação. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO (Ed.). **Seja doutor do seu milho**. 2. ed. Piracicaba, 1995. p. 1-9. (Arquivo do agrônomo, 2).

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Informações Agronômicas**, Maringá, n. 109, p. 14-15, mar. 2005.

COSTA, A. **Qualidade do solo, crescimento e desenvolvimento do milho sob diferentes sistemas de manejo na integração lavoura-pecuária**. 2005. 157 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência do Solo)–Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2005.

COSTA, K. A. P. et al. Efeitos quantitativo e qualitativa do nitrogênio e do potássio no desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, São Luís de Montes Belo, v. 1, n. 1, p. 56-70, 2006.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 125, p. 2-15, 2009.

CRUZ FILHO, A. B. Práticas agronômicas para o estabelecimento de pastagens. In: **Manejo de pastagens**. Pindamonhangaba: DIRA, 1988. p. 10-25.

CRUZ, S. C. S. et al. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivados em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 733-739, 2008. Suplemento.

CRUZ, S. C. S. **Milho e *Brachiaria decumbens* em sistemas de integração lavoura-pecuária**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

DELL, B.; HUANG, L. Physiological response of plants to low boron. **Plant Soil**, The Hague, v. 193, p. 103-120, 1997.

DIAS FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 65-68, 2002.

DIAZ ROSSELO, R. Evolucion del nitrogeno total em rotaciones com pasturas. **Revista Investigación Agronómica**, Moçambique, v. 1, p. 27-35, 1992.

DIBB, D. W.; THOMPSON JUNIOR, W. R. Interaction of potassium with other nutrients. In. MUNSON, R. D. (Ed). **Potassium in agriculture**. Madson: ASA, CSSA, SSSA, 1985. p. 515-533.

DOMINGUES, L. A. da S. **Milho em plantio direto sobre *Brachiaria brizantha* em sistema integração agricultura-pecuária**. 2004. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)–Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

DUARTE, J. M. et al. Producción de maíz (*Zea mays* L.), soya (*Glycine max* L.) y caupi (*Vigna unguiculata*) sembrados en asociación con gramíneas en el trópico húmedo. **Pasto Tropical**, v. 17, n. 2, p. 12-19, 1995.

DUARTE, N. F. **Determinação do período de competição de plantas daninhas fundamentados nos estádios fonológicos da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2000. 81 f. Dissertação (Mestrado/Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

ELKHATIB, E. A.; RERN, J. L. Kinetics of potassium de sorption from Appalachian soils. **Soil Science**, Madison, v. 145, p. 11-19, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

ERNANI, P. R. et al. Mobilidade de nutrientes em solos ácidos decorrentes da aplicação de cloreto de potássio e calcário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.

EUCLIDES, V. P. B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 245-274.

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

FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1998.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 606 p.

FIORIN, J. E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO – FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1999, Cruz Alta. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 39-55.

FOLONI, J. S. S. **Dinâmica do potássio em sistema de produção de soja em rotação com aveia e milho**. 2003. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

FONSECA, S. Síntese das contribuições do projeto microbacias: integração e extrapolação de resultados e alterações significativas no manejo do eucalipto. Aracruz: Arcel, 2004. (Workshop sobre microbacias).

GARCIA, R. et al. Forrageiras utilizadas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: MANEJO INTEGRADO: INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA, 1., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 331-351.

GHISI, O. M. A. A.; PEDREIRA, J. V. S. Características Agronômicas das principais *Brachiaria*. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, 1987, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 19-40.

GIACOMINI, S. J. **Consociação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao Milho em sistema Plantio Direto**. 2001. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

GIMENES, M. J. et al. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 15, n. 2, p. 61-76, 2008.

GLAT, D. Perspectivas do milho para 2002. **Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 69, p. 15-17, 2002.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA, 1970, 379 p. (Agricultural handbook).

GUPTA, U.C. Deficiency, sufficiency an toxicity levels of boron in crops. In: GUPTA, U. C. (Ed.). **Boron and its rolein crop production**. Boca Raton: CRC, 1993, p. 14755.

HANIZ, G.; HOKSHOUSER, D. L.; CHANDLER, J. M. The critical period of Johnsongrass (*Sorghum halepense*) Control in Field Corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Champaig, v. 44, n. 4, p. 944-947, 1996.

JAKELAITIS, A. et al. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Brasília, DF, v.23, n. 1, p. 59-67, 2005a.

JAKELAITIS, A. et al. Produtividade e plantas daninhas na cultura do feijão em sucessão ao milho consorciado com *Brachiaria brizantha*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 302, p. 602-612, 2005b.

JAKELAITIS, A. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Brasília, DF, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

KAMINSKI, J. et al. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1003-1010, 2007.

KARLEN, D. L.; SADLER, E. J.; CAMP, C. R. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation rates by corn on Norfolk Loamy Sand. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 649-656, 1987.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; MACEDO, M. C. M. Uso da cultura do milho para recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 40-42.

KIST, S. L. **Suprimento de potássio em argissolo com histórico de adubação potássica**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 395-401, 1995.

KLUTHCOUSKI J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. p. 407- 441.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

KNUDSEN, D.; DETERSON, G. A.; PRATT, P. F. Lithium, sodium and potassium. In: LEONEL, F. P. **Consórcio de capim-braquiária com milho ou soja: produção e composição químico-bromatológica das silagens**. 2007. 166 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LIM, C. H.; JACKSON, M. L. Dissolution for total elemental analysis. In: PAGE, A. L., (Ed). **Methods of soil analysis: part 2: chemical and microbiological properties**. Madison: **American Society of Agronomy**, 1986. p. 1-12.

LIMA, R. C. Sistema sustentável: integração agricultura pecuária. *Jornal da UNESP, Ilha Solteira*, v. 2, n. 7, p. 2, set. 2004. Infoagro. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/ju092004.php>> Acesso em: 14 abr. 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 201 p.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients mineral. In: **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.

MELO, V. F. et al. Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 165-171, 1995.

MELO, V. F. et al. Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solos do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 807-819, 2003.

MELO, V. F. et al. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 269-284, 2000.

MEURER, E. J.; KÁMPF, N.; ANGHINON¹, I. Fontes potenciais de potássio em alguns solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 41-47, 1996.

MIELNICZUK, J. **O potássio no solo**. 4. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1982. 80 p. (Boletim técnico, 2).

MIELNICZUK, J.; SELBACH, P. A. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 115-120, 1978.

MIRANDA, C. H. B.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M. Uso da cultura do arroz para recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 477-479.

MISTURA, C. et al. Composição bromatológica da cunhã cultivada em diferentes doses de calcário dolomítico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Resumos...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009. 1 CD-ROM.

MOZAFAR, A. Effect of boron on ear formation and yield components of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n. 3, p. 319-332, 1987.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. van. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 93-118.

NACHTIGALL, G. R.; VAHL, L. C. Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 37-42, 1991a.

NACHTIGALL, G. R.; VAHL, L. C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 43-47, 1991b.

NACHTIGALL, G. R.; VAHL, L. C. Formas de potássio em solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 7-12, 1989.

NUNES, S. G. et al. *Brachiaria brizantha* Cv **Marandu**. Campo Grande, EMBRAPA, CNPGC, 1985. 31 p. (Documentos, 21).

NUSSIO, G. L. et al. Volumosos suplementares – estratégias de decisão e utilização. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002, p. 193-232.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S. O.; CORSI, M. **Estudo sobre recuperação de pastagens através de fertilização e mecanização**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2000. 36 p. (Relatório técnico).

OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A. E.; BEATTY, M. T. Potassium removed from some Southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extraction methods. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madson, v. 35, p. 763-767, 1971.

PANTANO, A. C. **Semeadura de braquiária em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura-pecuária em plantio direto**. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

PATELLA, J. F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento de trigo em algumas propriedades químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 31-35, 1980.

PEREIRA, R. G. et al. Avaliação de espécies forrageiras como plantas de cobertura sobre os componentes de produção do milho cultivado no sistema plantio direto. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 1-4, 2009.

PORTELA, C. M. de O. **Efeito de herbicidas e diferentes populações de forrageiras consorciadas com as culturas de soja e milho, no Sistema Santa Fé**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

RAIJ, B. van. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 1996. 285 p.

RAIJ, B. van. et al. Análise do solo para discriminar respostas à adubação para cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 57-75, 1981.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. Disponibilidade de potássio para capim braquiária cultivado em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 531-539, 1984.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAMOS, L. R. M.; PITELLI, R. A. efeito de diferentes períodos de controle de comunidades infestante sobre a produtividade da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 10, p. 1523-1531, 1994.

REICHENBACH, H. G. von. Factors of mica transformation. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 9., 1972, Landshut. **Proceedings...** Bem: International Potash Institute, 1972. p. 33-42.

ROSOLEM, C. A. Adubação potássica em semeadura direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO. 1., 1997, Dourados. **Resumos e Palestras...** Dourados: EMBRAPA, 1997. 12 p.

ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L., (Eds). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 239-256.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R.; RIBEIRO, D. B. O. Formas de potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 121-125, 1988.

ROSOLEM, C. A.; BESSA, A M.; PEREIRA, H. F. M. Dinâmica do potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 9, p. 1045-1054, 1993.

ROSSATO, R. R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo em plantio direto**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SÁ, J. C. de M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 201-222.

SALTON, J. C. et al. Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagens de braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira Ciência do Solo; Universidade Federal de Viçosa, 1995. v. 4, p. 1816-1818.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. M.; HERNANI, L. C. Integração lavoura-pecuária: alternativas de rotação de culturas. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5., 2001, Dourados. **Anais...** Dourados: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul; EMBRAPA Centro Nacional Pesquisa Agropecuária Oeste, 2001. p. 31-32 (Documentos, 31).

SÁNCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols in Tropical América. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 34, p. 279-406, 1981.

SÁNCHEZ, P. A. Tropical soil fertility research: towards a second paradigm. In: INTERNATIONAL SOIL SCIENCE SOCIETY SYMPOSIUM. 15., 1994, Acapulco. **Proceedings...** Acapulco: International Society of Soil Science, Mexican Society of Soil Science, 1994. p. 89-104.

SANTOS, H. P. et al. Atributos químicos e físicos de solo em sistemas de produção com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto. In: EMBRAPA TRIGO. **Soja: resultados de pesquisa 2001/2002 e 2002/2003**. Passo Fundo, 2003. p. 214-234. (Documentos, 39).

SILVA, A. F. et al. Técnicas para viabilização do consórcio milho/*Brachiaria brizantha*. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2003, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. p. 310.

SILVA, A. R. B. **Diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2004. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SILVA, D. N. et al. Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 433-439, 1995.

SILVA, I. R. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 257-264, 1996.

SILVA, J. E.; RITCHEY, K. D. Adubação potássica em solos de cerrado. In: YAMADA, T. et al. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa; Fundação IAPAR, 1982. p. 323-338.

SILVA, R. R. et. al. Formas, relação quantidade/intensidade e biodisponibilidade de potássio em diferentes Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 2065-2073, 2000.

SIMONETE, M. A.; et al. Efeito residual da adubação potássica do azevém sobre o arroz subsequente. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1997. 310 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOUSA, et al. Níveis de irrigação e doses de potássio sobre os teores foliares de nutrientes do maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 41-46, 2008.

SOUZA, D. M. G. de. et al. Potássio em solo de cerrado 2: balanço no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 33-6, 1979.

SOUZA, G. M. de; GRAÇA, D. S. Integração agricultura – pecuária na recuperação de pastagens degradadas. 2006. Disponível em:<www.editora.ufla.br/Boletim/pdfextensao/bol_20.pdf>. Acesso em: 20 out. 2006.

SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC, 2000. p. 38-53.

SPARKS, D. L. Potassium dynamics in soils. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 6, p. 1-63, 1987.

SPARKS, D. L.; HUANG, P. M. Physical chemistry of soil potassium. In: **Potassium in agriculture**. Atlanta: Potash and Phosphate Institute, 1985. 1223 p.

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

ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 159, n. 1, p. 157-163, 1995.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant: plant, animal and environment**. 2.ed. Ithaca : Cornell University, 1994. 476 p.

VELOSO, C. A. C. et al. Relações cálcio, magnésio e potássio sobre a produção de matéria seca de milho. **Acta Amazônica**, Belém, v. 31, n. 2, p. 193-204, 2001.

VILELA, L. et al. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. p. 143-170.

WERLE, R.; GARCIA, A. G.; ROSOLEM C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.

WOLSCHICK, D. **Perdas de nitrogênio por lixiviação durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do Milho em condições de excesso hídrico**. 2000. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Estratégias de manejo para alta produtividade do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 113, p. 1-36, 2006.

YOKOYAMA, L. P. et al. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 8, p. 1335-1345, 1999.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988. p. 1-183.