

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TERMOFOSFATO
MAGNESIANO POTÁSSICO PARA O CAPIM-MARANDU

Valdeci Orioli Júnior
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Outubro de 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TERMOFOSFATO
MAGNESIANO POTÁSSICO PARA O CAPIM-MARANDU

Valdeci Orioli Júnior

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Outubro de 2008

O69a Orioli Júnior, Valdeci
Avaliação da eficiência do termofosfato magnesiano potássico
para o capim-marandu / Valdeci Orioli Júnior. – – Jaboticabal, 2008
viii, 36 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008
Orientador: Edson Luiz Mendes Coutinho
Banca examinadora: Mara Cristina Pessoa da Cruz, Takashi
Muraoka
Bibliografia

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Granulometria. 3. Nível crítico. 4.
Potássio. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.8:633.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VALDECI ORIOLI JÚNIOR, nascido em 23 de Janeiro de 1983, em Catanduva - SP, é Engenheiro Agrônomo formado em julho de 2006 pela Faculdade de Engenharia – UNESP (Campus de Ilha Solteira). Trabalhou, neste período, com manejo de tratos culturais na cultura do trigo, sendo bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) de 2004 a 2006. Em agosto de 2006, ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP (Campus de Jaboticabal), sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Obteve o Título de Mestre em outubro de 2008.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gerencia.”

(William Edward Deming)

Aos meus pais Valdeci Orioli e Nilva de Lourdes Alberghini Orioli, pela forma que me educaram, sendo sempre exemplos incontestáveis de amor, honestidade, solidariedade, inteligência, força e superação. Exemplos que levarei por toda a vida e que, sem dúvida, propiciaram mais esta vitória e proporcionarão outros acertados passos e conquistas.

OFEREÇO

À minha namorada Karina Roberto pelo amor e carinho, pelo exemplo de determinação, pela compreensão de minha ausência, pela colaboração nas várias fases deste trabalho, mas, em especial, por compartilhar meus objetivos.

DEDICO

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Aos meus irmãos, Eng. Agr. Fabrício Alberghini Orioli e Dra. Priscila Alberghini Orioli, pelo amor, incentivo, conselhos e confiança. E aos pequeninos e amados sobrinhos Giulia, Laís e Rafael, pelos momentos de alegria e descontração que inconscientemente foram capazes de amenizar momentos de tensão e angústia.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho, pela orientação acadêmica, que a faz com invejável sabedoria, organização e profissionalismo, pelo apoio e confiança, mas, sobretudo, pela distinta amizade.

AGRADECIMENTOS

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos em especial à Claudia Campos Dela Marta e Dejair Lúcio da Silva, pela amizade e valiosa cooperação.

Ao colega, acadêmico em agronomia, André Mendes Coutinho Neto, por abdicar de momentos de descanso e lazer para colaborar na condução desse experimento.

À Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz e ao Dr. José Carlos Barbosa, membros da banca examinadora do exame geral de qualificação, pelas sugestões apresentadas.

Ao Prof. Dr. Takashi Muraoka e, novamente, à Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz, pelas críticas e propostas apresentadas na defesa desta dissertação.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o mestrado: Célia Regina Paes Bueno, Edson Luiz Mendes Coutinho, Itamar Andrioli, José Carlos Barbosa, José Eduardo Corá, Renato de Mello Prado e William Natale.

Aos colegas de pós-graduação Alysson Roberto da Silva, Roberto Savério Souza Costa, Fabiana de Souza Pereira e Daniela Cleide Azevedo de Abreu, pela divertida e fraterna convivência e auxílio mútuo.

Aos acadêmicos do curso de graduação em agronomia Bruna Zaparoli Beretta, Felipe Pontes Stefaroli e Leandro Hernandez da Costa, pela amizade e agradável convivência.

Aos grandes amigos de infância Ricardo José Guirado e Rogério Segantini Barato, pela força e companheirismo incondicionais durante mais esta etapa de minha vida.

Ao amigo Renan Carosio de Oliveira por todas as vezes que se propôs a me ajudar.

Aos cunhados Marlene Aparecida Botelho Orioli e Luis Gustavo Vicchini de Barros, pelo harmonioso convívio.

Ao Senhor Mário Finoto Roberto e sua esposa Senhora Claudete Gonçalves Guerra Roberto, ao Senhor Dionizio Roberto e sua esposa Dona Ana Finoto Roberto e também à jovem Paula Roberto, pela carinhosa acolhida, principalmente nos momentos finais de redação deste trabalho.

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e a CAPES, pela oportunidade e concessão de bolsa de estudos.

Finalmente, a Deus, por todas as oportunidades concedidas e pela saúde para que pudesse aproveitá-las.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Solos.....	15
3.2. Delineamento estatístico e tratamentos.....	15
3.3. Instalação e condução do experimento.....	16
3.4. Análises químicas.....	17
3.5. Análises estatísticas.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÕES.....	28
6. REFERÊNCIAS.....	29

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TERMOFOSFATO MAGNESIANO POTÁSSICO PARA O CAPIM-MARANDU

RESUMO – O alto custo atual do cloreto de potássio e a grande dependência de sua importação para suprir a demanda nacional, sugerem a necessidade de estudos que procurem avaliar a eficiência de outras fontes de potássio, principalmente aquelas baseadas em matéria-prima nacional. Nesse sentido, foi conduzido um experimento em casa de vegetação com amostras de um Latossolo Vermelho distrófico textura média, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3x2 (quatro doses de K, três fontes e duas granulometrias), com três repetições. Os fertilizantes potássicos utilizados foram o cloreto de potássio, o termofosfato magnesiano potássico (TK) e a mistura TK (70%) + cloreto de potássio (30%), todos fornecidos em duas granulometrias (100 e 60 mesh) e aplicados nas doses de 0, 60, 120 e 180 mg kg⁻¹ de K. Verificou-se que a adubação potássica promoveu incrementos significativos na produção de massa seca (parte aérea) nos dois crescimentos do capim-marandu e nas concentrações de K no solo e na planta, não havendo diferenças entre as fontes e suas granulometrias. Os níveis críticos de K no solo e na parte aérea das plantas foram 1,5 mmol_c dm⁻³ e 19 g kg⁻¹, respectivamente.

Palavras-Chave: *Brachiaria brizantha*, granulometria, nível crítico, potássio

EFFECTIVENESS OF THE FUSED MAGNESIUM POTASSIUM PHOSPHATE FOR MARANDU GRASS

SUMMARY – The high acquisition cost of potassium chloride and the fact that Brazil has to import it justify the search for the new sources of potassium, mainly among raw materials which can be found in Brazil. With this in view, an experiment was conducted under greenhouse conditions with samples of a sandy clay loam Typic Haplustox in completely randomized design in factorial scheme 4x3x2 (four rates of K, three sources and two particle sizes), with three replications. The potassium fertilizers employed in the experiment were potassium chloride, fused magnesium potassium phosphate (TK) and a mixture of 70% of TK and 30% of potassium chloride. The particle sizes for each fertilizer were of 100 and of 60 mesh. The rates were of 0, 60, 120, and 180 mg kg⁻¹ of K. The results showed that the potassium fertilization resulted in significant increments in the yield of shoot dry matter in the two cuttings of the Marandu grass and in the levels of K both in the plant and in the soil. Source and particle size had no significant effect on the evaluated parameters. K critical levels in the soil and in the shoot were found to be of 1.5 mmol_c dm⁻³ and 19 g kg⁻¹, respectively.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, potassium, particle size, critical level

1 INTRODUÇÃO

Não obstante o potássio ser um elemento requerido em grandes quantidades pelas plantas forrageiras, a sua importância muitas vezes tem sido negligenciada, talvez, partindo-se do conhecimento de que esse nutriente é reciclado através da urina e das fezes dos animais em pastejo. Em termos de espaço e de tempo, CANTARUTTI et al. (2001) e BRAZ et al. (2002) destacaram, entretanto, que o ato de excretar é diferente do ato de pastejar, de modo que há concentração de excreções e transferência de nutrientes para locais restritos, que não têm influência na produção global da pastagem. Grande proporção das excreções concentra-se próximo de cercas, cochos, bebedouros e áreas sombreadas. Dessa maneira, deficiências deste nutriente, mascaradas ou não, podem estar reduzindo de forma significativa a produção e a perenidade das pastagens.

A adição de potássio tem proporcionado incrementos significativos na produção de massa seca da parte aérea da *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu quando esta é cultivada em meio deficiente em K, como demonstrado pelos experimentos de MATTOS & MONTEIRO (1998) e GAMA-RODRIGUES et al. (2002).

No Brasil, a adubação potássica é realizada empregando exclusivamente sais solúveis em água, principalmente o cloreto de potássio, que em sua maioria é importado de países como Canadá e Rússia (LOPES, 2005). Segundo o autor, a produção nacional é pequena, representando apenas 11% do consumo, com a agravante da mina Taquari/Vassouras, única fonte nacional de K fertilizante, ter condições de ser explorada somente até 2017. Associado a esse fato, no mercado internacional houve um aumento substancial no preço do cloreto de potássio, o que torna a questão dos adubos potássicos no Brasil bastante preocupante.

Há muito tempo estuda-se a possibilidade de uso de outras fontes de potássio, procurando privilegiar a exploração de matérias-primas abundantes no País, como os sienitos nefelínicos da região de Poços de Caldas – MG (VALARELLI & GUARDANI, 1981). Foi verificado, entretanto, que esses materiais apresentam baixa solubilidade, o

que inviabiliza a sua utilização como fonte direta de potássio às plantas (SIQUEIRA et al., 1985). FAQUIN et al. (1987) demonstraram, entretanto, que o tratamento térmico da mistura de sienito nefelínico com calcário dolomítico favorece a liberação do potássio para as plantas.

Recentemente, aproveitando a tecnologia de produção do termofosfato magnésiano, surgiu no mercado nacional o termofosfato magnésiano potássico, o qual é obtido do tratamento térmico a, no mínimo, 1000°C (fundição), do fosfato natural com adição de compostos magnésianos, sílicos (dolomitos, serpentinitos, escórias magnésianas) e potássicos (sienitos, ardósias, filitos) com rápido resfriamento da mistura por jateamento de água (BRASIL, 2008). Esse tratamento hidrotérmico originou um produto insolúvel em água, mas muito solúvel em ácido cítrico.

Tratando-se de um produto recém-introduzido, a sua eficiência necessita ser avaliada, uma vez que esse fertilizante, em tese, pode oferecer vantagens quando comparado com fontes de K solúveis em água, como o cloreto de potássio. NEPTUNE et al. (1980) citam que a utilização do produto do tratamento térmico de rochas potássicas pode reduzir perdas de K por lixiviação e os problemas devidos ao efeito salino que pode prejudicar a germinação e o bom desenvolvimento de algumas culturas. Conseqüentemente, diminuem as preocupações com o fracionamento das aplicações.

Devido à insolubilidade do material em água e por não se conhecer a velocidade de liberação para as plantas do K solúvel em ácido cítrico, pode-se aventar a possibilidade da aplicação de uma mistura com cloreto de potássio, fonte de K bastante solúvel em água, a qual poderia atender as necessidades iniciais da cultura. FAQUIN et al. (1987), trabalhando com mistura de sienito nefelínico e calcário dolomítico, submetida a diferentes temperaturas, observaram no primeiro cultivo do milho uma acumulação de K na parte aérea inferior à obtida com cloreto de potássio.

Ainda, por se tratar de material insolúvel em água, pode-se especular que a eficiência agrônômica deste material, assim como seu efeito residual, podem estar relacionados com a sua granulometria, o que está apoiado no fato de que a subdivisão de um material aumenta sua superfície de exposição por unidade de massa e, como

conseqüência, todos os fenômenos que dependem do contato, como a velocidade de dissolução, são intensificados pela diminuição do tamanho da partícula.

Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar os efeitos da adubação potássica, realizada com cloreto de potássio e/ou termofosfato magnésico potássico em diferentes granulometrias, na produção de massa seca e nas concentrações de K no solo e na parte aérea do capim-marandu e determinar o nível crítico de K no solo e na parte aérea das plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A utilização do K na agricultura brasileira baseia-se, atualmente, única e exclusivamente no aproveitamento de sais solúveis em água, principalmente cloreto e subordinadamente sulfato de potássio, formados em evaporitos. Em virtude da pequena produção interna, comparada à grande demanda pelo produto, o Brasil situa-se no contexto mundial como grande importador de K fertilizante, tendo como principais fornecedores em 2007, o Canadá (29%), a Rússia (19%), a Alemanha (18%), a Bielorrússia (18%) e Israel (12%) (OLIVEIRA, 2008).

A produção interna de cloreto de potássio, iniciada no ano de 1985, está restrita ao Complexo Mina/Usina de Taquari/Vassouras, no Estado de Sergipe, única fonte nacional de produção de K fertilizante. Muito embora tenha apresentado crescimento no ano de 2006, a produção de cloreto de potássio apresentou, em 2007, uma queda em relação ao ano anterior, sendo essa produção bem aquém a demanda interna pelo produto. Em 2007 a produção interna de K ficou em torno de 10% do consumo interno aparente, sendo o restante suprido via importação, que atingiu 4.057.387 t de K_2O , com valor FOB de US\$ 1.500.059 x 10³ (OLIVEIRA, 2008).

De acordo com LOPES (2005) existem estimativas de expansão da produção do complexo Taquari/Vassouras para 850.000 t ano⁻¹ de KCl nos próximos anos, havendo, nestas condições, previsão de vida útil deste complexo somente até 2017.

Estimativas da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2004) prevêem um aumento da área plantada, passando de 60,7 milhões de ha em 2003 (não considerando área de reflorestamento e pastagens naturais e artificiais) para 80,1 milhões de ha em 2010, o que sugere considerável incremento do consumo de K. Essas estimativas levarão ao aumento de consumo total no País de 3,65 milhões de toneladas de K_2O em 2003 para 5,2 milhões de toneladas em 2010. Assim, mesmo com as perspectivas de aumento de produção de fertilizantes potássicos no Brasil em decorrência dos investimentos no complexo Taquari/Vassouras, o aumento esperado

da demanda deverá continuar a ser atendido basicamente por importações (LOPES, 2005).

Essas estimativas indicaram à época um déficit a ser suprido via importação de 27.673 milhões de toneladas de K_2O , o que acarretaria grande ônus para a balança comercial do setor mineral do País. Aliado a isso, deve-se considerar a exorbitante alta dos preços dos fertilizantes na atualidade que, no caso do KCl oriundo do Canadá, foi da ordem de 114% (ROBERTO, 2008), custando hoje cerca de US\$ 800,00/tonelada. Essa situação reforça a afirmação de LOPES (2005) acerca da necessidade de uma ação política governamental objetivando o aproveitamento das potencialidades conhecidas, como os silicatos potássicos, para a produção de fertilizantes potássicos no Brasil.

Embora esses silicatos ricos em K, como o feldspato potássico, a muscovita e a leucita, contenham entre 10 e 20% de K_2O e sejam abundantes na crosta, não constituem fontes importantes de K porque não são solúveis em água e suas estruturas não são rompidas com facilidade por meios artificiais, sendo necessário um tratamento mais energético para a extração e o aproveitamento do elemento. Em função disto, o aproveitamento de rochas ígneas como fonte de K se limitava a áreas de exploração de outras substâncias, nas quais o K é obtido como subproduto (RAHAL, 1990; OLIVEIRA & SOUZA, 2001).

Segundo relatos de NEPTUNE et al. (1980), há muito tempo, mesmo antes das descobertas dos sais de Stassfurt, na Alemanha, houve a preocupação de utilizar rochas potássicas finamente moídas. No Brasil, diversos estudos foram realizados para a utilização das rochas potássicas na agricultura como fonte de K, porém, em sua maioria, mostraram que estes minerais não liberam o K em quantidade suficiente para suprir as necessidades vegetais a curto prazo (BOOCK et al., 1960; NEVES et al., 1960; LOPES et al., 1972; NEPTUNE et al., 1980; EICHLER & LOPES, 1983; SIQUEIRA et al., 1985). No entanto, esses minerais ao sofrerem algum tipo de tratamento, dentre eles o tratamento hidrotérmico, têm se mostrado fontes promissoras de K, como é o caso do termofosfato magnésiano potássico.

Esse produto foi registrado recentemente e, de acordo com a Instrução Normativa nº 21 de 16 de abril de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2008), o termofosfato magnesiano potássico é resultado do tratamento térmico a, no mínimo, 1000°C (fusão), do fosfato natural ou concentrado apatítico combinado com compostos magnesianos (dolomitos, serpentinitos, escórias magnesianas), potássicos (sienitos, ardósias, filitos) e sílicos. Deve conter, no mínimo, 12% de P_2O_5 , 16% de Ca, 7% de Mg e 10% de Si em teores totais e 6% de P_2O_5 e 4% de K_2O solúveis em ácido cítrico a 20 g L⁻¹ na relação 1:100. Pode ser produzido na forma de pó ou farelado fino e apresenta ainda, características de corretivo da acidez do solo.

O produto obtido da fusão dessa mistura deve ser resfriado rapidamente (com jateamento de água, conhecido como “quenching”), impedindo a recristalização da apatita e resultando em um material vítreo (RAHAL, 1990). O produto é insolúvel em água, mas solúvel em solução de ácido cítrico, com 90% ou mais de solubilidade (VALARELLI & GUARDANI, 1981). O processo de produção de termofosfato magnesiano potássico é bastante semelhante ao processo de produção do termofosfato magnesiano. As diferenças estão nos materiais utilizados para mistura e nas temperaturas de fusão mais elevadas (RAHAL, 1990).

Os aditivos (silicatos de magnésio, serpentina e olivina, ou ainda serpentinitos, dunitos, dolomitos, areias silicosas) visam abaixar o ponto de fusão da mistura para um valor por volta de 1200 e 1300°C e favorecer a formação da fase vítrea, pois o ponto de fusão da fluorapatita está por volta de 1600°C (RAHAL, 1990).

De acordo com RAHAL & VALARELLI (1990), a solubilidade em ácido cítrico desses produtos, seu conteúdo em macronutrientes (P, K, Ca e Mg), seu caráter básico no solo e sua insolubilidade em água constituem vantagens intrínsecas dos termofosfatos.

Deve-se ainda considerar o fato de que a produção de termofosfatos é baseada em insumos nacionais de grande disponibilidade, como as rochas potássicas de Poços de Caldas (modificações de rochas alcalinas, devido a processos hidrotermais nos últimos estágios da atividade ígnea, com destruição parcial ou total dos feldspatos,

nefelina e egrina, formando sericita e feldspatóides), cuja reserva é estimada em 350 milhões de toneladas de K_2O , considerando um teor médio de 11% de K_2O (VALARELLI & GUARDANI, 1981). Outra vantagem é a energia utilizada, pois os processos de produção baseiam-se no uso de energia elétrica ou carvão vegetal, ambas as fontes renováveis (GUARDANI et al., 1983).

Uma vez conhecidas as potencialidades das rochas potássicas após tratamento térmico e as vantagens intrínsecas ao seu processo de produção, alguns autores se dedicaram a estudos agrônômicos iniciais com a fonte de K em questão.

Assim, NEPTUNE et al. (1980), empregando arroz como planta indicadora, em experimento de casa de vegetação, testaram, comparativamente ao KCl, três amostras de materiais potássicos e kaliofilita ($KAlSiO_4$) provindos de Poços de Caldas. Deve-se destacar que todas as fontes tinham sido previamente submetidas a tratamento hidrotérmico e continham teores de K_2O (solúvel em ácido cítrico) que variavam de 12,4 a 24,1%. Utilizaram doses (aproximadas) de 41,5 e 83 $mg\ dm^{-3}$ de K. Os autores verificaram que todas as fontes de K proporcionaram resultados semelhantes, tanto na produção de massa seca como na concentração de K nas plantas.

Em condições de campo, VIDAL (1982) avaliou o aproveitamento das mesmas fontes de K supracitadas, pelo sorgo sacarino, em um Nitossolo Vermelho eutroférico com 2,1 $mmol_c\ dm^{-3}$ de K. Constatou que não houve diferenças entre as fontes testadas para a extração de K e produção de colmos, independentemente da dose de K aplicada (100 e 200 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O). Contudo, uma das amostras de rocha potássica, na dose de 200 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , proporcionou produção de grãos superior, inclusive ao KCl.

EICHLER & LOPES (1983) conduziram um experimento em casa de vegetação para verificar os efeitos da mistura, em diferentes proporções, de Verdete de Abaeté + calcário, submetidas a tratamento térmico, na solubilização do K e produção de massa seca da parte aérea do milho, em comparação ao KCl. O experimento foi conduzido por três cultivos sucessivos em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso com baixo teor de K. Constataram que a aplicação da mistura de Verdete do Abaeté e calcário em partes iguais submetida a uma temperatura de calcinação de 1100°C proporcionou elevação dos teores de K no solo, sendo, inclusive, superior ao

tratamento com KCl, mostrando um maior efeito residual, o que promoveu uma produção de massa seca equivalente ao KCl no primeiro cultivo e maior nos cultivos subseqüentes. A acumulação de K pelas plantas, por sua vez, foi muito maior no primeiro cultivo no tratamento com KCl, sem contudo afetar a produção de massa seca, sugerindo um consumo de luxo do nutriente a partir desta fonte.

Avaliando a eficiência da kaliofilita (KAlSiO_4) tratada hidrotermicamente, proveniente do complexo alcalino de Poços de Caldas e de fontes solúveis em água (KCl e K_2SO_4) para a cultura do milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo com $0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, SANZONOWICS & MIELNICZUK (1985) verificaram que apesar das fontes solúveis em água propiciarem maiores quantidades de K absorvido, não houve diferenças entre as fontes quanto a produção de massa seca, para qualquer dose de K aplicada (0, 150 e 350 kg ha^{-1} de K). Segundo os autores, a kaliofilita (23,5% de K) após tratamento à temperatura de 200°C , numa pressão de 14 kg cm^{-2} , por um período de quatro horas, libera o K com maior facilidade, pois com solução 1 mol L^{-1} de HCl, foi extraído 95% do K.

SIQUEIRA & GUEDES (1986) submeteram amostras de sienito nefelínico de Poços de Caldas a aquecimento por uma hora às temperaturas de 110, 400, 500, 600, 700, 800 e 900°C , adicionando posteriormente diferentes proporções de calcário ou fosfato natural e reaquecendo as misturas a 600, 900 e 1150°C . Avaliaram então os efeitos desses tratamentos na produção e nutrição do milho em casa de vegetação, utilizando amostras de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso com $0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K. Observaram que a solubilização do K do sienito nefelínico aumenta de modo significativo pela adição de calcário e que a mistura de 50% de calcário e rocha potássica, com aquecimento por uma hora, apresentou eficiência semelhante à do cloreto de potássio. Isto foi atribuído a ação fundente dos carbonatos da rocha calcária quando aquecidos a temperaturas superiores a 900°C . Provavelmente o aquecimento do sienito nefelínico na presença de carbonatos provoca alterações estruturais nos minerais constituintes da rocha, resultando na formação de outros compostos, com conseqüente liberação de K retido na rede cristalina do sienito nefelínico, dando

formação de K_2O , K_2CO_3 e $K_2O.Al_2O_3$ (KIRSCH, 1972; VALARELLI & GUARDANI, 1981) e, possivelmente, silicato de potássio solúvel (MIWA et al., 1978).

Estudando a liberação de K do sienito nefelínico em mistura ou não com calcário em função de várias temperaturas de calcinação (1000 a 1300°C), inclusive a fusão (por volta de 1450°C), FAQUIN et al. (1986) concluíram que o tratamento térmico, assim como a utilização de aditivos (calcário), favoreciam a solubilização do K em água, sendo a proporção de 1:1 (sienito nefelínico:calcário) nas temperaturas de 1000 ou 1100°C a mais eficiente. No entanto, ressaltaram a necessidade de avaliações agronômicas destes materiais.

Assim, FAQUIN et al. (1987), dispondo dos mesmos materiais, avaliaram a sua eficiência como fertilizantes, comparativamente ao cloreto de potássio, em amostras de solo de cerrado (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico – 1,2 mmol_c dm⁻³ de K), por meio de três cultivos sucessivos de milho. Observaram que o tratamento térmico da mistura de sienito nefelínico com calcário na proporção 1:1 promoveu maior produção de massa seca e maior acumulação de K pela parte aérea do milho. Todavia, no estudo com solo, a temperatura de fusão (por volta de 1450°C) foi a mais promissora, discordando dos resultados de solubilidade apresentados anteriormente.

NEPTUNE et al. (1980) relataram que estas fontes de K oferecem outras vantagens quando comparadas com as fontes solúveis deste nutriente, pois, além de evitar o consumo de luxo pelas plantas, mesmo quando aplicadas em doses elevadas, as perdas por lixiviação poderiam ser significativamente reduzidas e ainda, não haveria problemas de efeito salino que poderia prejudicar a germinação e o bom desenvolvimento de certas culturas e, conseqüentemente, anula-se a preocupação com o fracionamento nas aplicações. Quanto a lixiviação de K, GABOS et al. (2006) observaram que no fornecimento de K por meio de termofosfato magnésiano potássico fundido a lixiviação do nutriente foi significativamente menor quando comparada a obtida com a utilização de KCl, independentemente do tipo de solo ou das doses utilizadas.

A solubilização do K contido em fertilizantes insolúveis em água pode ser dependente da granulometria dos mesmos, influenciando sua eficiência inicial e seu

efeito residual. Neste sentido, VIDAL (1982) avaliou algumas amostras de rochas potássicas de Poços de Caldas submetidas a tratamento térmico com diferentes granulometrias. No entanto, a autora observou que as amostras de menor granulometria não foram aquelas que apresentaram o maior teor de K solúvel, tanto em água quanto em ácido cítrico.

No tocante a adubação potássica, especificamente para gramíneas forrageiras, existe a crença de que, em condições de pastejo, a resposta em produtividade à aplicação de K seja nula ou muito pequena. Essa suposta ausência de efeitos positivos na produção seria explicada pela elevada reciclagem de K proporcionada pelas fezes e urina dos animais em pastejo (WERNER, 1986) e pelo retorno desse mesmo nutriente decorrente dos tecidos mortos da parte aérea e raízes da forragem não consumida pelos animais (MONTEIRO & WERNER, 1997).

Segundo CANTARUTTI et al. (2000) e BRAZ et al. (2001), contudo, as excreções e a conseqüente transferência de nutrientes, se restringem a locais sobre a influência de sombras ou próximos a cochos, bebedouros e cercas, não influenciando a produção global das pastagens. Ainda, de acordo com levantamento realizado por COUTINHO et al. (2004), a adubação potássica tem proporcionado significativos incrementos na produção de gramíneas forrageiras estabelecidas em solos com teores baixos ou muito baixos de K.

Os relatos de baixa resposta de gramíneas forrageiras à adubação potássica estão geralmente relacionados com teores médios ou altos de K no solo. Tal é o caso de experimento realizado por PAULINO et al. (1986) que, utilizando amostras de dois solos de várzea do Estado de São Paulo, com teores de K variando de 1,8 a 2,2 mmol_c dm⁻³, não observaram alterações significativas na produção de massa seca da *Brachiaria humidicola* (dois cortes) em ambos os solos.

De maneira semelhante, ANDRADE et al. (1997), cultivando *Brachiaria decumbens* em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico com teor inicial de K de 2,6 mmol_c dm⁻³, obtiveram respostas positivas ao fornecimento de K na produção de massa seca apenas no quinto e sexto cortes da forrageira. Esse teor inicial de K no solo, de acordo com RAIJ et al. (1996), é considerado médio e, portanto, os efeitos positivos da

adubação potássica só foram evidentes após a concentração de K no solo ser sensivelmente reduzida.

A pecuária é uma das principais atividades econômicas do Brasil e baseia-se, principalmente, no uso de pastagens (ANUALPEC, 2003). Contudo, quase sempre esta atividade é relegada às terras de baixa fertilidade (MATTOS & MONTEIRO, 1998), o que torna imperiosa a prática da adubação, incluso o fornecimento de K, a fim de permitir exploração animal mais intensiva, capaz de competir com outras formas de exploração dentro da atividade agrícola.

Assim, o manejo da adubação potássica para gramíneas forrageiras deve ser realizado considerando a capacidade do solo em suprir este nutriente para as plantas; o total de K removido nos ciclos de pastejo, que é dependente do fim a que se destina a produção; e também a reciclagem deste nutriente, conforme discutido por MONTEIRO & WERNER (1997).

A fim de fornecer subsídios que possibilitem a avaliação da necessidade de K por gramíneas forrageiras, diversas modalidades de estudo têm sido utilizadas. Dentre elas, os experimentos com solução nutritiva. Os resultados destes estudos têm enfatizado a importância do K para essas culturas, evidenciando, principalmente, sua influência na produção de massa seca, dinâmica do perfilhamento, exigências nutricionais e sintomas de deficiência.

Utilizando esta modalidade de estudo, MATTOS & MONTEIRO (1998) avaliaram o efeito de doses de K (0; 9,75; 39; 78; 156; 234; 312 e 468 mg L⁻¹) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (dois crescimentos) e puderam constatar que o aumento de K na solução propiciou incrementos na massa seca da parte aérea e raízes, no perfilhamento e também na concentração do nutriente nos tecidos dessa forrageira. As máximas produções de massa seca foram obtidas com as doses de 365 e 399 mg L⁻¹ de K e os níveis críticos de K nas folhas recém-expandidas, associados uma produção relativa de 90%, foram de 29 e 30 g kg⁻¹, no primeiro e segundo crescimento respectivamente. Os autores ainda detectaram que os primeiros sintomas de deficiência de K, nos tratamentos sem adição de K, iniciaram aos 10 dias após transplante, caracterizado por uma clorose na borda das folhas, que se acentuava em direção à nervura principal.

FERRAGINE & MONTEIRO (1999), trabalhando com *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, estudaram cinco doses de N (42, 140, 238, 336 e 434 mg L⁻¹ de N) em combinação com três doses de K (78, 234, e 390 mg L⁻¹ de K) e observaram que a produção de massa seca no primeiro crescimento foi influenciada conjuntamente por N e K, sendo a maior produção obtida com o fornecimento de 434 mg L⁻¹ de N e de 234 mg L⁻¹ de K. Os autores salientam que a adubação nitrogenada deve ser sempre acompanhada de uma adubação potássica equilibrada quando se objetivam altas produtividades, conforme sugerido também por MONTEIRO et al. (1980) e ROBINSON (1985).

Outros trabalhos, tendo como substrato amostras de solo ou realizados em condições de campo têm também mostrado a importância da adubação potássica para as gramíneas forrageiras.

Utilizando a diagnose por subtração, com amostras de um Argissolo Vermelho-Amarelo com 1,7 mmol_c dm⁻³ de K, CARRIEL et al. (1989) observaram que a omissão de K limitou significativamente a produção de massa seca da parte aérea da *Brachiaria decumbens* apenas no segundo crescimento. Porém, acarretou drástica redução nos teores do nutriente na parte aérea. Nos tratamentos com adição de K os teores deste nutriente na parte aérea estiveram em torno de 10,5 g kg⁻¹ no primeiro e 8,0 g kg⁻¹ no segundo crescimento.

FERRARI NETO (1991) conduziu um experimento em Latossolo Vermelho para verificar as limitações nutricionais da *Brachiaria decumbens*, também por meio da técnica da diagnose por subtração. O autor observou que as omissões de N, P, K e S na adubação reduziram significativamente o crescimento da parte aérea das plantas, sendo, na soma de dois cortes, o K responsável por redução de 38,2% em relação ao tratamento completo, enquanto que o N, P e S acarretaram perdas de 23, 26 e 42%, respectivamente. Verificou ainda que a omissão de K reduziu significativamente o perfilhamento das plantas.

Avaliando, por dois anos (três crescimentos), as respostas da *Brachiaria decumbens* à adubação nitrogenada e potássica em um Latossolo Vermelho-Amarelo com 1,1 mmol_c dm⁻³ de K, CARVALHO et al. (1991) verificaram que, nos tratamentos

que não receberam K, as plantas desenvolveram sintomas visuais de deficiência do nutriente nas folhas. Esses sintomas desapareceram quando as concentrações médias de K na forragem situaram-se entre 10 a 15 g kg⁻¹, as quais foram obtidas com a aplicação das maiores doses de K (150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O no primeiro e segundo ano, respectivamente). A aplicação dessas doses elevou os teores do nutriente no solo a valores próximos de 1,5 mmol_c dm⁻³. Os autores também constataram que a produção de massa seca da parte aérea também foi incrementada pelo suprimento de K, e foi significativamente dependente do fornecimento de N.

Do mesmo modo, GAMA-RODRIGUES et al. (2002) verificaram que em Latossolos Amarelos coesos da região sudeste da Bahia, o teor de K trocável em torno de 1,5 mmol_c dm⁻³ não foi limitante para o estabelecimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu até aproximadamente 75 dias de crescimento. Após esse período, o aumento dos níveis de K no solo, em condições de disponibilidade adequada de outros nutrientes, produziu efeito benéfico na produção de massa seca, aumentando a oferta de forragem disponível. Observaram ainda que o aumento das doses de K propiciou maior longevidade das folhas verdes expandidas e em expansão.

TOWNSEND et al. (2003) avaliaram os efeitos da aplicação de 30 ou 60 kg ha⁻¹ de K₂O, anualmente, a cada dois ou três anos, nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico argiloso de Porto Velho (RO) com 1,2 mmol_c dm⁻³ de K, cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Os autores verificaram que mesmo com aplicação anual de 60 kg ha⁻¹ de K₂O os teores de K no solo não sofreram alteração, situando-se por volta de 0,8 mmol_c dm⁻³ de K.

Em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico de textura média do Noroeste do Paraná (0,6 mmol_c dm⁻³ de K), FAQUIN et al. (1995) avaliaram o desenvolvimento de *Brachiaria decumbens* adubada com K (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹ de K) e observaram, nos dois crescimentos avaliados, que a massa seca da parte aérea dessa gramínea é significativamente incrementada ao se elevar o suprimento de K. Na soma dos cortes, o aumento de produção de massa seca foi quase quatro vezes maior do que o tratamento sem K. Verificaram que para atingir a máxima produção foram necessárias doses de 65 mg kg⁻¹ de K no primeiro e 100 mg kg⁻¹ de K no segundo corte

e que os níveis críticos do elemento na parte aérea das plantas, associados a uma produção relativa de 90%, foram 13,5 e 6,4 g kg⁻¹, respectivamente, no primeiro e segundo corte. Observaram ainda que o fornecimento de K também proporcionou melhor perfilhamento das plantas.

COSTA et al. (2008), estudando os efeitos da combinação de doses de N (0, 25, 50 e 100 mg dm⁻³ de N) e K (0, 25, 50 e 100 mg dm⁻³ de K) na concentração de nutrientes em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, utilizando amostras de um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico com 3,6 mmol_c dm⁻³ de K, verificaram que a adubação potássica aumentou a concentração de K nas plantas, mesmo com altos teores de K no solo. A concentração de K na forrageira variou, dentro da amplitude das doses utilizadas, de 16 a 18,9 g kg⁻¹, correspondendo a um aumento de 18,12% em relação à testemunha, o que evidencia a exigência dessa gramínea a esse nutriente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Solo

Utilizou-se amostra de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), A moderado textura média, classificado segundo EMBRAPA (2006). A amostra foi coletada na camada arável do terreno (0-20 cm de profundidade), no município de Jaboticabal/SP. Após secagem ao ar, foi passada em peneira com 6 mm de abertura de malha e armazenada. Antecedendo a implantação do experimento realizou-se análise para fins de fertilidade de acordo com métodos descritos por RAIJ et al. (1987), e os resultados foram: pH (CaCl₂) 5,2; MO = 17 g dm⁻³; P (resina) = 5 mg dm⁻³; K = 0,6 mmol_c dm⁻³; Ca = 32 mmol_c dm⁻³; Mg = 9 mmol_c dm⁻³; H+Al = 25 mmol_c dm⁻³; CTC = 67 mmol_c dm⁻³; V = 62%.

3.2 Delineamento estatístico e tratamentos

A disposição das unidades experimentais foi realizada de modo a caracterizar um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 4x3x2 (quatro doses de potássio, três fontes de potássio e duas granulometrias), totalizando 72 unidades experimentais, que eram constituídas de um vaso de cerâmica revestido internamente com saco de plástico contendo 4,3 kg de amostra de solo seca ao ar.

As doses de potássio empregadas foram 0, 60, 120 e 180 mg kg⁻¹, tendo como base de cálculo o teor total do nutriente em cada fonte. Utilizou-se como fonte de potássio o cloreto de potássio (fonte padrão), o termofosfato magnesiano potássico (TK) e uma mistura de 70% de termofosfato magnesiano potássico (TK) e 30% de cloreto de potássio. O TK apresentava as seguintes características: P₂O₅ total = 8,52%; P₂O₅ solúvel em ácido cítrico 20 g L⁻¹, na relação 1:100 = 5,17%; K₂O total = 6,10%; K₂O solúvel em ácido cítrico 20 g L⁻¹, na relação 1:100 = 5,60%; Ca = 17,35%;

Mg = 8,77% e SiO₂ = 36,70%. As fontes foram avaliadas em duas granulometrias: a-) 100 mesh: produto 100% passante em peneira ABNT nº 100 (abertura de malha = 0,149 mm); b-) 60 mesh: produto 100% passante na peneira ABNT nº 20 (abertura de malha = 0,84 mm) e 60% retido na peneira ABNT nº 100.

3.3 Instalação e condução do experimento

Inicialmente todas as unidades experimentais receberam uma adubação básica de sementeira, composta de: N = 10 mg kg⁻¹ e S = 12 mg kg⁻¹ (sulfato de amônio p.a.); B = 0,5 mg kg⁻¹ (ácido bórico p.a.); Zn = 3,0 mg kg⁻¹ (sulfato de zinco p.a.) e P = 200 mg kg⁻¹. A aplicação dos tratamentos foi realizada na mesma ocasião. Como o termofosfato magnésiano potássico atuou também como fonte de P, o que faltou para atingir a dose de P na sementeira, foi completado com termofosfato magnésiano sem potássio, em conformidade com a granulometria constante nos tratamentos. A aplicação dos adubos foi realizada no volume total de solo de cada vaso. Os fertilizantes utilizados para a adubação básica de sementeira, com exceção do termofosfato sem K, foram aplicados por meio de solução aquosa, de modo a permitir distribuição o mais uniforme possível. Então, adicionou-se água destilada e as amostras foram deixadas incubando por 18 dias. No término desse período efetuou-se a primeira amostragem de solo, coletando-se 70 g de solo por vaso.

Procedeu-se então a sementeira do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), utilizando-se 40 sementes por vaso e, seis dias após a emergência das plantas, realizou-se um desbaste deixando cinco plantas por vaso. Após o desbaste foi realizada uma adubação de cobertura constituída da aplicação de 100 mg kg⁻¹ de N e 120 mg kg⁻¹ de S (sulfato de amônio p. a.).

Vinte e sete dias após a emergência das plantas foi realizado o primeiro corte da parte aérea, a 10 cm da superfície do solo. Em seguida foi realizada a segunda amostragem de solo (70 g de solo por vaso), utilizando-se um amostrador tipo sonda, com, aproximadamente, 25 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro. Após essa amostragem, realizou-se a aplicação em cobertura de 100 mg kg⁻¹ de N e 120 mg kg⁻¹

de S (sulfato de amônio p.a.). Os demais nutrientes não foram reaplicados. O segundo corte das plantas foi efetuado aos 27 dias após o primeiro corte, também a 10 cm da superfície do solo.

Durante todo o período experimental procurou-se manter o solo a aproximadamente 80% da capacidade máxima de retenção de água do solo, por regas diárias com água destilada, cuja quantidade foi determinada com base na pesagem diária dos vasos.

3.4 Análises químicas

Após cada colheita, o material vegetal foi lavado em solução diluída de água + detergente biodegradável neutro e enxaguado na seguinte seqüência: água corrente; água + HCl 0,1 mol L⁻¹; água destilada. Posteriormente foi acondicionado em sacos de papel previamente furados para promover a circulação do ar e seco em estufa a 65°C. Após a secagem determinou-se a massa seca da parte aérea, e então as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e armazenadas para futuras análises químicas.

Cada amostra referente ao material vegetal da parte aérea das plantas foi analisada para K, segundo metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983).

O teor de K trocável no solo foi determinado empregando-se a metodologia descrita por RAIJ et al. (1987).

3.5 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância segundo BANZATTO & KRONKA (2006), sendo as relações entre as doses, granulometrias e fontes de K, ajustadas por meio de análise de regressão. Através da relação entre a produção relativa de massa seca da parte aérea e as concentrações de K na planta ou no solo calcularam-se os níveis críticos desse nutriente. O nível crítico de K na parte aérea foi associado a uma produção relativa de 90%. Para a determinação do nível crítico de K no solo foi utilizado o modelo linear descontínuo descrito por ALVAREZ V. (1994),

sendo esse valor definido pela intersecção das duas retas. Nesse modelo o primeiro segmento é determinado por regressão linear e o segundo por cálculo da média. Para definir os pontos do segundo segmento adotou-se como critério o maior coeficiente de determinação (R^2) para o dois segmentos em conjunto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estatísticos e as médias referentes às concentrações de K no solo e na planta e à produção de massa seca da parte aérea do capim-marandu para todos os tratamentos em ambas as amostragens ou crescimentos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Concentrações de K no solo e na planta e produção de massa seca do capim-marandu em função de doses de K, fontes e granulometria.

Causas de variação	K no solo		K na planta		Massa seca	
	1º Amostr.	2º Amostr.	1º Crescim.	2º Crescim.	1º Crescim.	2º Crescim.
Doses de K (D) (mg kg^{-1})	mmol _c dm ⁻³		g kg ⁻¹		g/vaso	
0	0,5	0,4	8,7	7,7	4,99	3,78
60	1,3	1,0	12,9	11,8	7,29	7,89
120	2,4	1,7	24,7	18,2	8,07	12,58
180	3,4	2,4	26,6	23,5	8,68	13,10
Teste F	190,68**	60,25**	6,02**	115,89**	37,99**	90,42**
Regressão	L**	L**	L**	L**	L** Q**	L** Q**
Fontes de K (F)						
TK	1,9	1,4	18,0	15,0	7,26	8,97
KCl	2,0	1,4	18,4	15,2	7,28	9,54
TK + KCl	1,9	1,3	18,6	15,6	7,24	9,51
Teste F	0,34 ^{NS}	0,59 ^{NS}	1,12 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,009 ^{NS}	0,65 ^{NS}
Granulometrias (G)						
100 mesh	2,0	1,4	18,2	15,5	7,35	9,33
60 mesh	1,8	1,4	19,5	15,0	7,16	9,35
Teste F	0,92 ^{NS}	0,05 ^{NS}	1,13 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,02 ^{NS}
Interações						
D x F	0,20 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,40 ^{NS}
D x G	1,03 ^{NS}	0,23 ^{NS}	1,27 ^{NS}	0,35 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,29 ^{NS}
F x G	0,11 ^{NS}	0,17 ^{NS}	1,34 ^{NS}	1,49 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,21 ^{NS}
C.V. (%)	13,8	19,5	11,35	18,0	15,3	20,9

** - significativo a 1%; ^{NS} - não significativo; L, Q - regressão linear e quadrática, respectivamente

Verifica-se que o aumento das doses de K proporcionou incrementos significativos ($P < 0,01$) nos teores do nutriente no solo nas duas amostragens. Contudo, para as fontes de K, não foram constatadas diferenças significativas (Tabela 1). SIQUEIRA et al. (1985) demonstraram que a rocha potássica “in natura”, apenas moída, não se presta como fonte de K para as plantas devido à dificuldade de liberação do K. Assim, esse incremento linear nos teores de K no solo (Figura 1), independentemente das fontes de K, é um resultado indicativo de que o tratamento hidrotérmico aliado a adição de fundentes magnesianos melhora a liberação do K contido na rocha potássica (EICHLER & LOPES, 1983; SIQUEIRA & GUEDES, 1986; FAQUIN et al., 1987). Provavelmente, o tratamento térmico faz com que a energia reticular de retenção do átomo de K seja reduzida, facilitando sua liberação para as plantas.

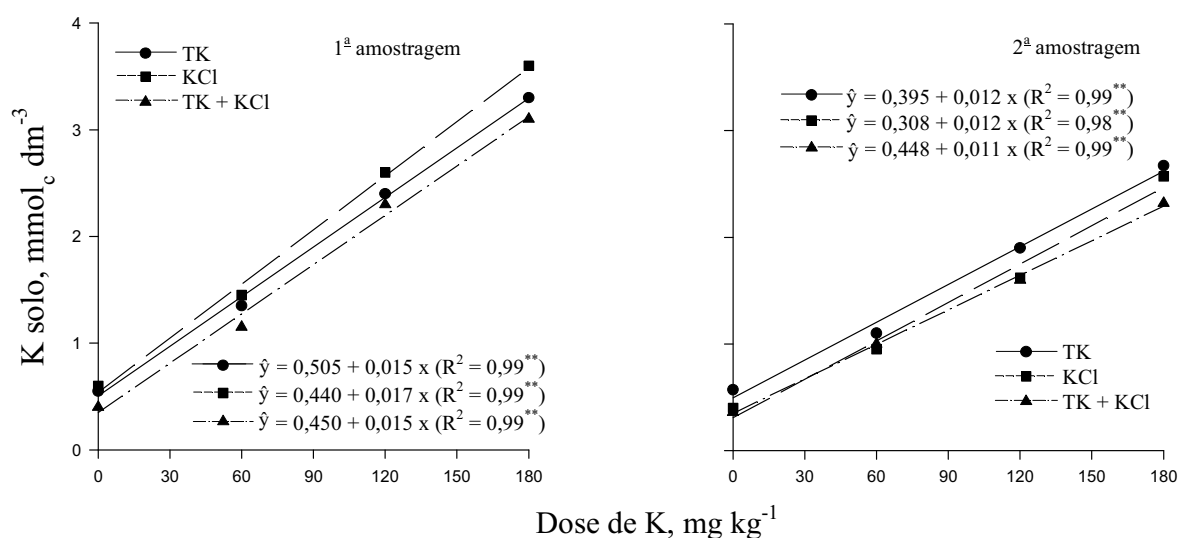


Figura 1. Efeitos da adubação potássica no teor de K no solo em função das fontes de K e das amostragens de solo realizadas.

Chama atenção, entretanto, não haver diferença significativa do TK em relação ao cloreto de potássio na primeira amostragem (Tabela 1), contrariando resultados de

EICHLER & LOPES (1983) que, utilizando produto experimental oriundo do tratamento térmico da mistura de rocha potássica e calcário dolomítico, observaram, inicialmente, uma menor liberação de K deste em relação ao KCl. Essa diferença pode estar relacionada, além da temperatura e do tempo de aquecimento, com os componentes da mistura e suas proporções. Para a obtenção de TK utiliza-se o serpentinito, enquanto que no trabalho citado foi usado calcário. Tais aditivos têm a função de reduzir a temperatura de fusão da mistura, o que, segundo KIRSCH (1972), favorece a maior alteração estrutural nos minerais originais e a formação subsequente de outros compostos, com liberação de K.

Observando-se ainda os resultados de FAQUIN et al. (1987), em que, em um primeiro momento, a eficiência das fontes alternativas de K foi bem inferior a do KCl, pode-se aventar uma outra explicação, que seria o processo de resfriamento. O TK é resfriado bruscamente com jateamento d'água ao passo que o produto utilizado por FAQUIN et al. (1987) teve resfriamento lento, o que pode influenciar a solubilidade, pois o resfriamento brusco tem por finalidade impedir a recristalização dos minerais, a qual reduz a solubilidade do produto (RAHAL, 1990).

No tocante ao fornecimento de outros nutrientes, existe uma preocupação na literatura quanto à granulometria. Em tese, a velocidade de dissolução do fertilizante é mais elevada quanto maior a superfície específica das partículas, ou seja, quanto maior o grau de finura do material. Entretanto, no presente trabalho tal fato não foi observado, uma vez que não houve diferenças significativas entre as granulometrias (Tabela 1). Na Figura 3 pode-se visualizar as variações do teor de K no solo para as duas granulometrias avaliadas.

Os incrementos do nutriente no solo refletiram-se significativamente ($P < 0,01$) nas concentrações de K na parte aérea das plantas (Tabela 1). Pode-se verificar na Figura 2, que o aumento das doses de K no solo elevaram linearmente as concentrações de K na forrageira, independentemente da fonte de K. Considerando o tratamento testemunha (sem K) e a dose de 180 mg kg^{-1} de K, verificou-se que as concentrações de K na forrageira variaram de 8,0 a $29,2 \text{ g kg}^{-1}$ na primeira amostragem e de 7,0 a $23,8 \text{ g kg}^{-1}$ na segunda. MATTOS & MONTEIRO (1998) também constataram

que a adubação potássica aumentou a concentração desse macronutriente na parte aérea do capim-marandu.

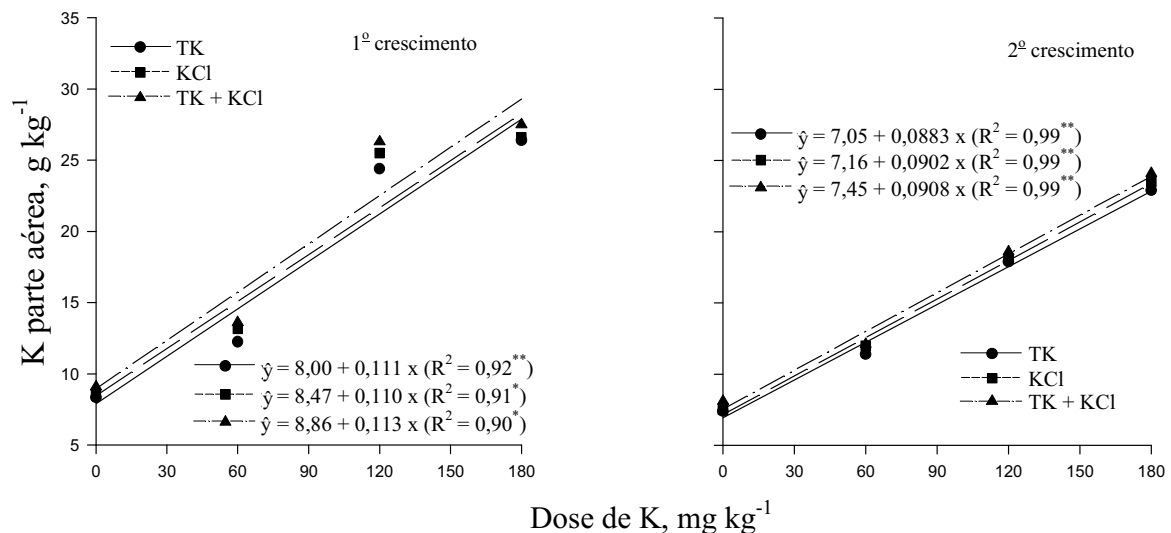


Figura 2. Efeitos da adubação potássica nas concentrações de K na parte aérea do capim-marandu (dois crescimentos) em função das fontes de K.

As plantas dos tratamentos que não receberam adubação potássica apresentaram sintomas típicos de deficiência desse nutriente nos dois crescimentos, caracterizados como clorose na margem das folhas mais velhas, avançando em direção à nervura principal. Sintomas semelhantes foram descritos por MATTOS & MONTEIRO (1998). O aparecimento desses sintomas esteve associado a concentrações menores que 0,5 mmol_c dm⁻³ de K no solo e 8,8 g kg⁻¹ de K na parte aérea. Esses sintomas visuais não foram observados nos tratamentos em que se aplicou 60 mg kg⁻¹ de K, que propiciou concentrações maiores que 1,3 e 1,1 mmol_c dm⁻³ de K no solo e 14,6 e 12,3 g kg⁻¹ de K na parte aérea da forrageira, na primeira e segunda amostragem, respectivamente. CARVALHO et al. (1991) também constataram que os sintomas de deficiência de K na *Brachiaria decumbens* desapareciam quando as concentrações na parte aérea encontravam-se entre 10 e 15 g kg⁻¹ de K.

Não houve diferenças significativas no teor de K na parte aérea da forrageira em função da fonte utilizada nas duas amostragens (Tabela 1). Trabalhos que compararam fontes de potássio insolúveis em água (submetidas a tratamento hidrotérmico) com o KCl corroboram os resultados aqui apresentados, mostrando também que estas fontes são tão eficientes quanto o KCl, proporcionando concentrações e/ou acúmulo do nutriente nas plantas semelhantes aos obtidos com o uso da fonte solúvel em água (NEPTUNE et al., 1980; SIQUEIRA & GUEDES, 1986). Deve-se destacar, entretanto, que FAQUIN et al. (1987) verificaram um efeito semelhante ao cloreto de potássio quando considerado o efeito residual.

Assim como para os teores de K no solo, a granulometria das fontes não foi fator influente nas concentrações de K na parte aérea do capim-marandu, tanto no primeiro quanto no segundo crescimentos (Tabela 1). A variação no teor de K na parte aérea em função das doses de K aplicadas para as duas granulometrias pode ser visualizada na Figura 3.

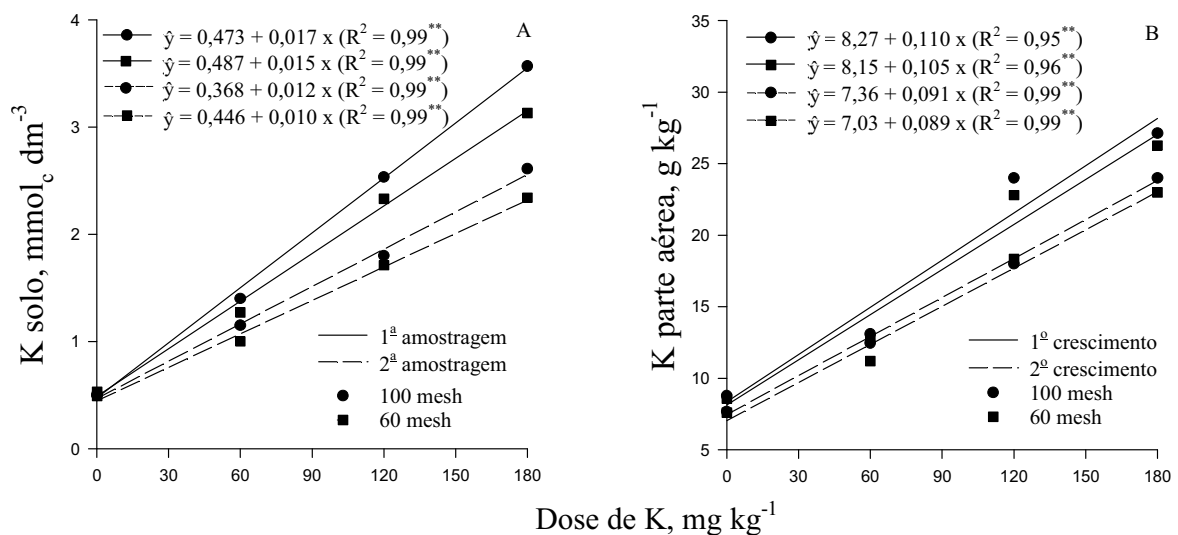


Figura 3. Efeitos da adubação potássica no teor de K no solo (A) - duas amostragens - e na parte aérea do capim-marandu (B) - dois crescimentos - em função da granulometria das fontes de K.

A produção de massa seca nos dois crescimentos, à semelhança dos resultados anteriores, também foi incrementada significativamente ($P < 0,01$) com o fornecimento de K (Tabela 1). No primeiro crescimento houve um acréscimo de aproximadamente 74% e no segundo crescimento esse aumento foi da ordem de 246% quando comparados os tratamentos com a maior dose e aqueles sem aplicação de K (Figura 4). Observou-se, visualmente, nos tratamentos com adição de K, maior perfilhamento e a ocorrência de folhas mais largas nos dois crescimentos, o que poderia explicar o aumento de produção de massa seca constatado. De fato, tem sido relatado que o fornecimento de K aumenta o perfilhamento (MATTOS & MONTEIRO, 1998) e a área foliar (RODRIGUES et al., 2006) das gramíneas forrageiras, com reflexos na produção de massa seca da parte aérea.

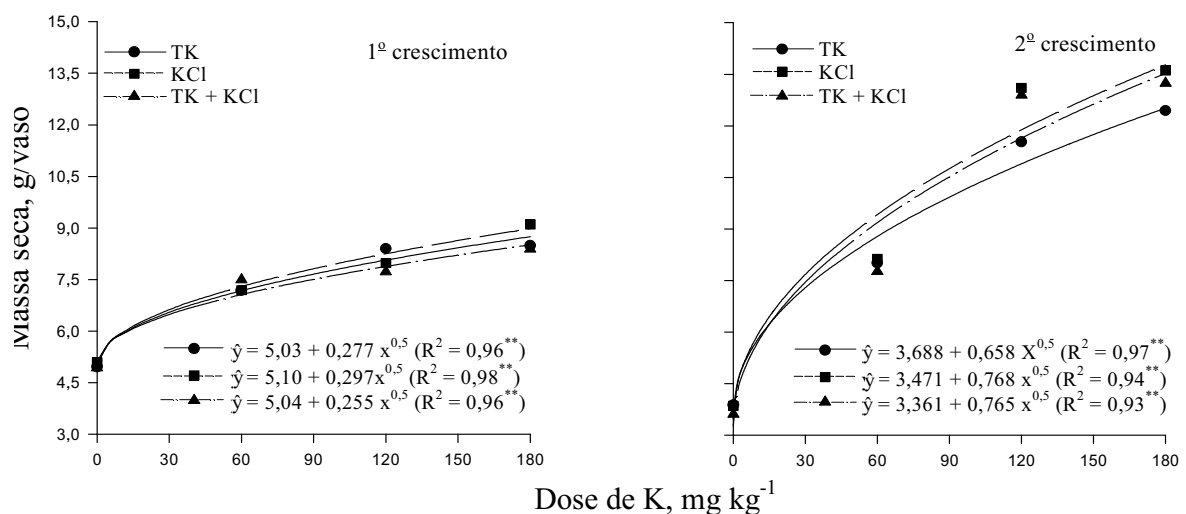


Figura 4. Efeito da adubação potássica na produção de massa seca do capim-marandu (dois crescimentos) em função das fontes de K.

Ainda, pode-se visualizar nas Figuras 4 e 5, que no segundo crescimento as produções de massa seca foram superiores ao primeiro, com exceção do tratamento testemunha, no qual ocorreu redução de aproximadamente 24% entre os crescimentos. O aumento na produção do primeiro para o segundo corte também foi observado por MATTOS & MONTEIRO (1998) com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Isso pode ser

atribuído ao fato da planta destinar, no primeiro crescimento, mais energia para a formação e estabelecimento do seu sistema radicular, enquanto que na ocasião do segundo crescimento a planta já estabelecida utiliza suas reservas para a formação e manutenção da parte aérea (LAVRES JÚNIOR & MONTEIRO, 2002). Uma vez estabelecidas, as raízes são os órgãos preferenciais de armazenamento de carboidratos não-estruturais (RODRIGUES et al., 2007). Esses compostos, juntamente com as reservas nitrogenadas, são as principais fontes de energia da planta em processo de rebrota e, segundo MARSCHNER (1995), a deficiência de potássio pode comprometer a magnitude dessas reservas pelo fato desse nutriente estar ligado ao metabolismo nitrogenado e ao transporte de açúcares no vegetal.

Para a produção de massa seca da parte aérea, em ambos os crescimentos, não houve diferenças significativas entre as fontes (Tabela 1). Analogamente aos apresentados anteriormente, esse resultado confirma a hipótese inicial de trabalho demonstrando que o termofosfato magnésiano potássico tem elevado potencial como fonte de K. Outros autores também observaram incrementos na produção das culturas em função da adubação potássica com o produto do tratamento hidrotérmico de rochas potássicas (NEPTUNE et al., 1980; SIQUEIRA & GUEDES, 1986; FAQUIN et al., 1987). Esses resultados ainda sugerem que a solubilidade do K em ácido cítrico pode ser um bom critério para prever a disponibilidade de K de fontes insolúveis em água.

A granulometria dos fertilizantes não influenciou significativamente a massa seca da parte aérea em ambos os crescimentos (Tabela 1). As diferentes produções de massa seca da parte aérea em função da aplicação de K dentro de cada granulometria estão ilustradas na Figura 5. Nota-se que o comportamento da granulometria foi semelhante independentemente da dose de K considerada. Esse resultado abre a possibilidade da utilização do produto com partículas mais grosseiras, sem perda da eficiência. Isso é importante em condições de campo, pois permite, durante a aplicação, um melhor escoamento do produto e uma diminuição nos problemas de compactação, ou seja, o produto sofrerá uma menor compactação quando submetido a cargas de compressão no compartimento de adubo durante o transporte no campo.

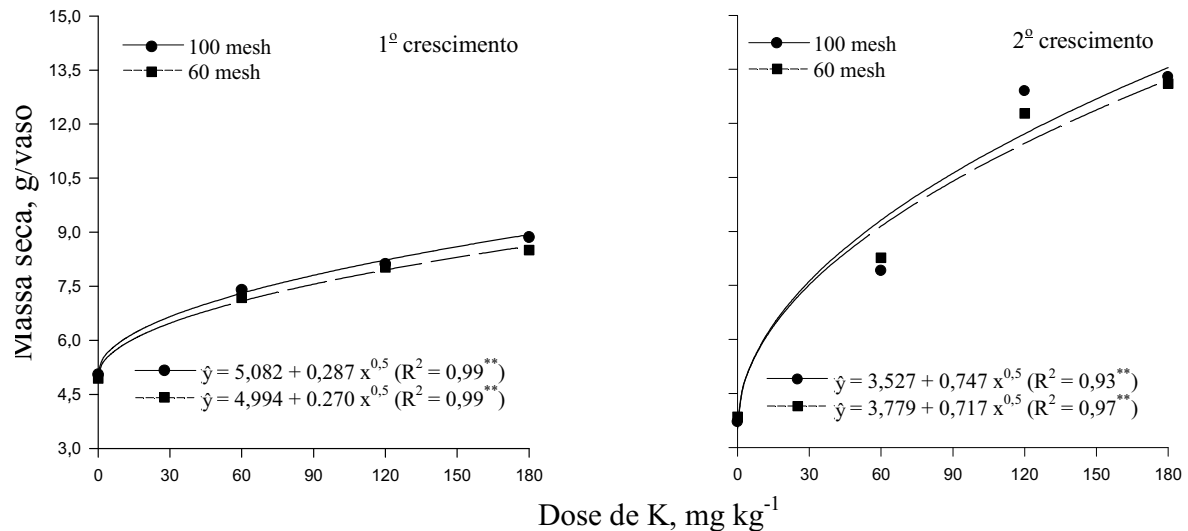


Figura 5. Efeitos da adubação potássica na produção de massa seca do capim-marandu (dois crescimentos) em função da granulometria das fontes de K.

Por outro lado, é bastante sugestivo procurar-se fornecer subsídios para a calibração da análise química do solo, uma vez que as classes de fertilidade, empregadas atualmente para as forrageiras, foram estabelecidas para as culturas anuais (RAIJ, 1991). Em função disto, procurou-se determinar o nível crítico, estabelecendo-se assim, duas classes. A relação entre a produção relativa de massa seca e os teores de K no solo é apresentada na Figura 6. O nível crítico determinado ($K = 1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) é bastante próximo daquele obtido por COUTINHO et al. (2004), empregando dados oriundos de três experimentos com forrageiras do gênero *Cynodon*. Deve-se destacar ainda, que apesar dos valores de nível crítico terem sido estabelecidos para culturas anuais, o nível crítico determinado é também bastante próximo daqueles utilizados em grande parte dos estados brasileiros (RAIJ et al., 1996; ALVAREZ V. et al., 1999) e serviu nas condições desse experimento, para separar situações de probabilidade de resposta positiva à adubação de outras, onde a probabilidade era nula ou muito baixa.

O nível crítico de K na parte aérea das plantas foi 19 g kg⁻¹ (Figura 6). Essa concentração está dentro da faixa sugerida por WERNER et al. (1996) para *Brachiaria brizantha* (12 a 30 g kg⁻¹ de K).

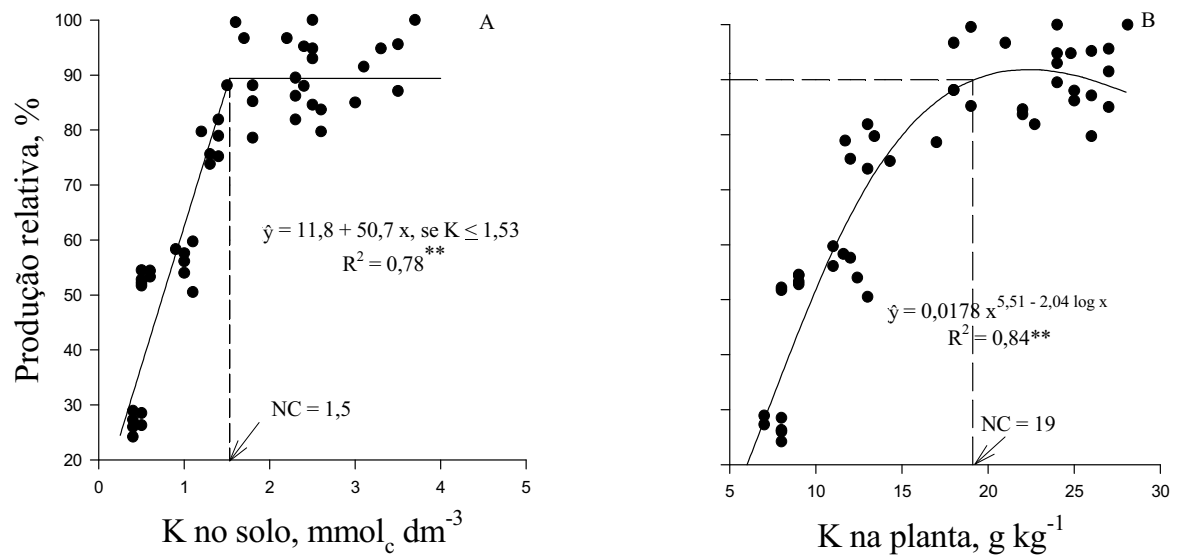


Figura 6. Nível crítico de K no solo (A) e na parte aérea (B) do capim-marandu.

5 CONCLUSÕES

A adubação potássica promoveu incrementos significativos na produção de massa seca (parte aérea) nos dois crescimentos do capim-marandu e nas concentrações de K no solo e na planta, não havendo diferença significativa entre o termofosfato magnesiano potássico, cloreto de potássio e a mistura de ambos, e nem quanto a granulometria dessas fontes;

Os níveis críticos de K no solo e na parte aérea do capim-marandu foram, respectivamente, $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 19 g kg^{-1} .

6 REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3 ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35p. (Boletim Técnico, 6)

ALVAREZ V., V.H. **Avaliação da fertilidade do solo (superfície de resposta – modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta)**. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1994. 75p.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds.) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2003**. São Paulo, 2004. 158p.

ANDRADE, J.B. de; COUTINHO FILHO, J.L.V.; JUSTO, C.L.; PEREZ, R.M.; FERRARI JÚNIOR, E.; PAULINO, V.T.; HENRIQUE, W.; WERNER, J.C.; MATTOS, H.B. de. Nitrogênio e potássio na produção e composição da forragem de *Brachiaria decumbens* Stapf. **ARS Veterinaria**, v.13, p.268-274, 1997.

ANUALPEC. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PECUÁRIA DE CORTE. São Paulo: FNP, v.11, 2003.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 236 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n.21, de 16 de Abril de 2008. Altera a Instrução Normativa nº5 de 23/02/2007.** Brasília; 2008. (Instrução Normativa n.21,1998).

BRAZ, S.P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CANTARUTTI, R.B.; REGAZZI, A.J.; MARTINS, C.E.; FONSECA, D.M. Disponibilização dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.16-14, 2002.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)

BOOK, O.J.; CATANI, R.A.; FREIRE, E.S. Adubação de batatinha: experiências com leucita, sulfato e cloreto de potássio. **Bragantia**, v.19, p.811-828, 1960.

CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; COSTA, O.V. Impacto do animal sobre o solo: compactação e reciclagem de nutrientes. In: MATTOS, W.R.S. et al. (eds). **Produção animal na visão dos brasileiros.** Piracicaba: FEALQ, 200. p.826-837.

CARRIEL, J.M.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G.; MONTEIRO, F.A.; MEIRELLES, N.M.F. Limitações nutricionais de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo para o cultivo de três gramíneas forrageiras. **Boletim de Indústria Animal**, v.46, p. 61-73, 1989.

CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.195-200, 1991.

COSTA, K.A. de P.; OLIVEIRA, I.P.de; FAQUIN, V.; FIGUEIREDO, F.C.; RODRIGUES, C.R.; NASCIMENTO, P.P. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, p.86-92, 2008.

COUTINHO, E.L.M.; SILVA, A.R. da; MONTEIRO, F.A.; RODRIGUES, L.R.A. Adubação potássica em forrageiras. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (eds.) **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. p.219-277.

EICHLER, V.; LOPES, A.S. Disponibilidade do potássio do verdete de Abaeté, calcinado com e sem calcário magnesiano, para a cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo de textura argilosa. **Ciência e Prática**, v.7, p.136-156, 1983.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306p.

FAQUIN, V.; HOFFMANN, C.R.; EVANGELISTA, A.R.; GUEDES, G.A.A. O potássio e o enxofre no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um Latossolo da região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.87-94, 1995.

FAQUIN, V.; KINJO, T.; MALAVOLTA, E. Efeito do tratamento térmico e da adição de calcário dolomítico na cinética de liberação de potássio do sienito nefelítico de Poços de Caldas. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.43, p.497-515, 1986.

FAQUIN, V.; KINJO, T.; MALAVOLTA, E. Efeito do tratamento térmico da mistura de sienito nefelítico com calcário dolomítico na disponibilidade de potássio ao milho, em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, p.221-228, 1987.

FERRAGINE, M. del C.; MONTEIRO, F.A. Combinação de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-braquiária. **Boletim de Indústria Animal**, v.56, p.25-33, 1999.

FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em Latossolo da Região Noroeste do Estado do Paraná.** 1991. 126p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

GABOS, M.B.; YASUDA, M.; MELLIS, E.V.; ABREU, C.A. de. Lixiviação de potássio aplicado ao solo na forma de cloreto de potássio e de termofosfato potássico fundido. In: FERTBIO, 2006. **Anais...** Bonito: Embrapa, 2006. CD-ROM.

GAMA-RODRIGUES, A.C. da; ROSSIELLO, R.O.P.; CARVALHO, C.A.B. de; ADESI, B. Produção e partição de matéria seca em *Brachiaria brizantha* em resposta à fertilização potássica e às datas de corte. **Agronomia**, v.36 p.23-28, 2002.

GUARDANI, R.; RODRIGUES, J.C.; CASTILHOS, B. Produção de termofosfatos – estudo de economicidade. **Fertilizantes**, v.5, p.5-9, 1983.

KIRSCH, H. **Mineralogia aplicada.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1972. 291p.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, v.59, p.101-114, 2002.

LOPES, A.S.; FREIRE, J.C.; AQUINO, L.H.; FELIPE, M.P. Contribuição ao estudo da rocha potássica – Verdete do Abaeté (Glaucônita) para fins agrícola. **Agros**, v.2, p.32-42, 1972.

LOPES, A.S. Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p.21-32.

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

MATTOS, W.T. de; MONTEIRO, F.A. Respostas de braquiária brizantha a doses de potássio. **Scientia Agricola**, v.55, p.428-437, 1998.

MIWA, E.; ALLEN, S.E.; HUNT, C.M.; CLEMENTS, L.B. Studies on controlled potassium fertilizers. II. Evaluation of potassium silicates as slow-release sources of potassium. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.24, p.103-111, 1978.

MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D.; ABREU, J.B.R. de; DAIUB, J.A.S.; SILVA, J.E.P. da; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, v.52, p.135-141, 1995.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (eds.) **Fundamentos do pastejo rotacionado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.55-84.

NEPTUNE, A.M.L.; MURAOKA, T.; FUJIMORI, K.; VIDAL, A.A. Disponibilidade do potássio a partir de vários materiais potássicos, utilizando o arroz como planta indicadora. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.27, p.979-989, 1980.

NEVES, O.S.; CAVALERI, P.A.; ABRAMIDES, E.; FREIRE, E.S. Adubação do algodoeiro. X. Ensaios com diversos adubos potássicos. **Bragantia**, v.19, p.183-200, 1960.

OLIVEIRA, L.A.M. de. Potássio. **Informe Mineral**, v.6, p.15, 2008.

OLIVEIRA, L.A.M. de; SOUZA, A.E. de. Potássio. In: **Balanço mineral brasileiro 2001**. Brasília, DNPM/MME, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em: 16 jan. 2008.

PAULINO, V.T.; WERNER, J.C.; CARRIEL, J.M.; COLOZZA, M.T. Estudos de adubação com *Brachiaria humidicola* e *Setaria anceps* cv. Kazungula em dois solos de várzea do Estado de São Paulo. **Zootecnia**, v.24, p.181-206, 1986.

RAHAL, F.G. **Produção de termofosfato potássico fundido com fosfato de Irecê, BA**. 1990. 84p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

RAHAL, F.G.; VALARELLI, J.V. Termofosfato potássico fundido obtido com matérias primas do NE. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal/RN, **Boletim de resumos**, 1990. p.143-144.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100)

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

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

ROBERTO, C. Mitos e verdades sobre a alta dos preços dos alimentos. **Idea News**, n.91, p.6-21, 2008.

ROBINSON, D.L. Potassium nutrition of forage grasses. In: MUNSON, R.D. (Ed.) **Potassium in agriculture**. Madison: Wisconsin, 1985. p.895-914.

RODRIGUES, R.C.; ALVES, A.C.; BRENNECKE, K.; PLESE, L.P. de M.; LUZ, P.H. de C. Densidade populacional de perfilhos, produção de massa seca e área foliar do capim-xaraés cultivado sob doses de nitrogênio e potássio. **Boletim de Indústria Animal**, v.63, p.27-33, 2006.

RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; VALINOTE, A.C. & HERLING, V.R. Reservas orgânicas, relação parte aérea-raiz e C-N e eliminação do meristema apical no capim-xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.505-514, 2007.

SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Fontes, doses e métodos de aplicação de potássio no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.189-195, 1985.

SIQUEIRA, J.O.; GUEDES, G.A.A. Efeito do tratamento térmico na eficiência agrônômica do Sienito Nefelítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.481-488, 1986.

SIQUEIRA, J.O.; GUEDES, G.A.A.; RIBEIRO, M.A.V. Disponibilidade do potássio do sienito nefelítico de poços de caldas, avaliada em cultivos sucessivos com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.299-307, 1985.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. A.; MENDES, A. M.; RESENDE, L. A. D. Características químicas do solo sob pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetido à diferentes níveis e frequência de correção e fertilização. **Pasturas Tropicales**, v.25, p.19-23, 2003.

VALARELLI, J.V.; GUARDANI, R. Estudos experimentais para utilização das rochas potássicas de Poços de Caldas como fertilizantes. **Fertilizantes**, v.3, p.4-7, 1981.

VIDAL, A.A. **Aproveitamento de algumas fontes de potássio pelo sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 1982. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. 2. Impr. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Boletim Técnico, 18)

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; ANDRADE, N. de O. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.263-273. (Boletim Técnico, 100)