

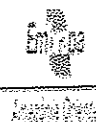


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



JESSIVALDO RODRIGUES GALVÃO

**SISTEMAS DE MANEJO E FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUÇÃO DE
SORGO, FEIJÃO CAUPI E CAPIM MARANDU EM BELÉM-PA**

**BELÉM
2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



JESSIVALDO RODRIGUES GALVÃO

**SISTEMAS DE MANEJO E FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUÇÃO DE SORGO,
FEIJÃO CAUPI E CAPIM MARANDU EM BELÉM-PA**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa – Amazônia Oriental, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes

**BELÉM
2011**

Galvão, Jessivaldo Rodrigues

Sistema de manejo e fertilização potássica na produção de sorgo, feijão caupi e capim marandu em Belém-Pa. / Jessivaldo Rodrigues Galvão – Belém, 2011.

75f.:Il

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2010.

1. Forrageiras 2. Latossolo Amarelo 3. Plantio direto 4. Nutrientes 5. I.Título

CDD 633.2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



Embrapa

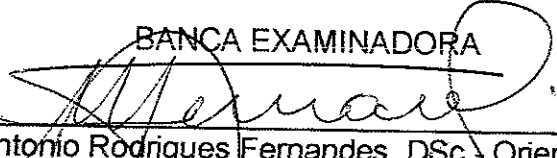
**SISTEMAS DE MANEJO E FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUÇÃO DE SORGO,
FEIJÃO CAUPI E CAPIM MARANDU EM BELÉM-PA**

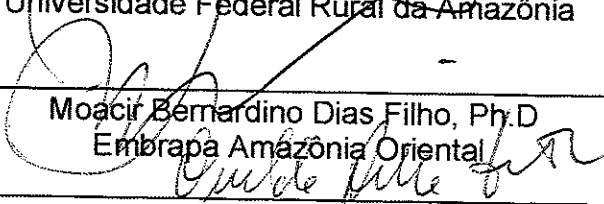
JESSIVALDO RODRIGUES GALVÃO

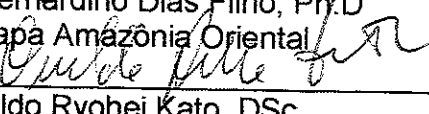
Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

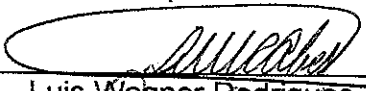
Aprovada em janeiro de 2011.

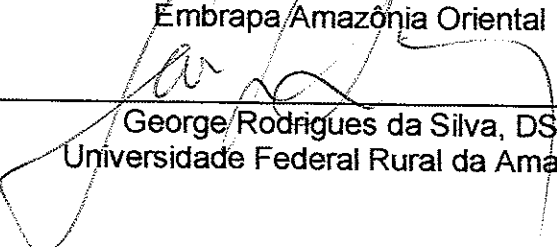
BANCA EXAMINADORA


Antonio Rodrigues Fernandes, DSc - Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia


Moacir Bernardino Dias Filho, Ph.D
Embrapa Amazônia Oriental


Osvaldo Ryohei Kato, DSc
Embrapa Amazônia Oriental


Luis Wagner Rodrigues Alves, DSc
Embrapa Amazônia Oriental


George Rodrigues da Silva, DSc
Universidade Federal Rural da Amazônia

A **Deus**, pela saúde, fé e inteligência para seguir os caminhos corretos.

Aos meus pais **Jessé Melo Galvão e Francisca Rodrigues de Souza Galvão** pelo apoio e incentivo durante toda vida, e por serem os principais responsáveis pela minha vitória;

Aos meus irmãos, **Gilmar, Aninha, Vando, Vana, Jessinho, Josi e Fernanda** pela estrutura familiar, carinho e apoio;

Aos meus filhos **Rafael, Renan e Mariana** frutos para um futuro cheio de esperança e profissionalismo;

A minha querida esposa **Dora**, companheira de todas as horas, que soube compreender com sabedoria os caminhos difíceis que passamos durante todo o nosso tempo de convivência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia pelo total apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

Ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA)/UFRA, pelo apoio irrestrito em todas as atividades desenvolvidas em campo.

Ao Professor Antonio Rodrigues Fernandes, meu reconhecimento pela orientação, amizade e confiança.

Ao Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Engenheiro Agrônomo Moacir Bernardino Dias Filho, pela acolhida e colaboração durante minha jornada de pesquisa.

Aos professores da área de ciência do solo ICA/UFRA, em especial ao Professor George Rodrigues da Silva, pela colaboração durante todo o desenvolvimento do trabalho, por sugestões valiosas, e sua integridade profissional.

Aos colegas de pós-graduação, Dionilson Cardozo da Cunha, Emerson Vinicius, Tatiana Gazel, Ricardo Cordeiro, Luis Freitas, Sandra Andréa Santos, Gizele Odete, Daniel Pinheiro, Alcione Freitas, Augusto Pedroso, Marcos Paulo Albuquerque pelo companheirismo e apoio.

Aos servidores do Instituto de Ciências Agrárias/UFRA, Demóstenes Filho, Luis Rodrigues, João Batista, Zacarias Levy, Benedito Nascimento, Edna Valente, Samuel Oliveira, Júlio Santos, Demócrito Júnior, Amauri da Costa, José Ribamar, João Maria e Luis Almeida que não mediram esforços para manter o bom andamento dos trabalhos de campo e laboratoriais.

Aos estagiários de Fertilidade e Manejo do solo, Nilvan Melo e Vicente Silva, pelo auxílio em várias etapas do desenvolvimento da tese.

RESUMO: A recuperação de áreas degradadas por métodos tradicionais de preparo de solo e semeio de capim é muito onerosa, em especial pela necessidade de correção e de fertilização. Por isso, a estratégia de recuperação ou renovação de pastagem pela integração lavoura-pecuária aparece como uma das mais promissoras para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e, por sua vez, mais sustentáveis no tempo. Não obstante, os solos com baixa capacidade produtiva apresentam limitações nutricionais. Entre os nutrientes mais limitantes encontra-se o K, que normalmente ocorre nos solos em baixos teores. O estudo teve como objetivo avaliar, integrando lavoura-pecuária, a produção do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), do feijão caupi (*Vigna unguiculata*) e da brachiaria (*Brachiaria brizantha* cv Marandu), em função de doses de potássio e sistemas de manejo, em solo de baixa capacidade produtiva, devido a baixa fertilidade. O experimento foi realizado em um Latossolo Amarelo distrófico. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados arranjados em esquema fatorial 4 x 3 x 2, com quatro repetições. Os fatores foram: quatro doses de K (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de KCl), dois sistemas de manejo (plantio direto e convencional) e três híbridos de sorgo (Volumax, Qualimax e AG2005-E). No cultivo seguinte, sobre a palhada do sorgo, foram cultivados três cultivares de caupi (Milenium, Urubuquara e Guariba) e a brachiaria, cultivar marandu. A adubação, inclusive as doses de K, foi aplicada apenas na cultura do sorgo, e avaliada o poder residual nas culturas subseqüentes. Na área útil de cada parcela foram coletadas cinco plantas ao acaso, para determinação da massa seca da parte aérea do sorgo e do caupi e dos teores de nutrientes nas plantas. A produção da brachiaria foi determinada a partir da coleta de amostras de plantas com a utilização de um quadrado de 0,25 m², arremessado ao acaso dentro das parcelas. A produtividade de grãos do feijão caupi foi determinada a partir da colheita de toda a parcela. O plantio direto proporcionou maior produção de massa seca da parte aérea com os híbridos Qualimax e Volumax que foram superiores ao AG2005-E. A dose de K estimada para eficiência econômica na cultura do sorgo foi de 61 kg ha⁻¹ de KCl, no plantio direto. Os maiores teores de N, K, P, Ca e Mg na cultura do sorgo foram observados no plantio direto. Os nutrientes disponibilizados ao solo após a retirada da cultura do sorgo, foi suficiente para a satisfatória produção do feijão caupi, com maior produção no plantio direto. O efeito residual das doses de potássio, aplicadas no sorgo, exerceu influência significativa na produção de massa seca da parte aérea da brachiaria, sendo que a dose de máxima eficiência econômica foi de 163 kg ha⁻¹ de KCl, para uma produção de 2287 kg ha⁻¹. O plantio direto promoveu maior produção de massa seca da parte aérea e maior altura da brachiaria.

Palavras Chaves: Forrageira, Latossolo Amarelo, plantio direto, plantio convencional, nutrientes.

ABSTRACT: Degraded areas recovering by traditional methods of soil tillage and grasses sowing are very expensive, mainly due to the need of correction and fertilization. Thus, the strategy of recovering or renewing by the crop and livestock integration seems to be the most feasible alternative to develop production systems with minimal demand for supply as well as more sustainable in the due time. Soils with low productivity capacity present nutritional limitations. Amongst nutrients the limitation is caused mainly by K. This study aimed to assess, integrating crop and livestock, the production of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), caupi bean (*Vigna unguiculata*) and brachiaria (*Brachiaria brizantha* cv Marandu) related with different amount of potassium and management system in soil with low productive capacity due to low fertility. The experiment of conducted in a yellow Latosol. The treatments were distributed in randomized blocks following a factorial arrangement 4x3x2 with four repetitions. The factor were four amount of K (50, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ of KCl), two management systems (minimum tillage and conventional) and three sorghum hybrids (Volumax, Qualimax e AG2005-E). In the next crop, made over the sorghum straw, were cultivated three types of caupi bean Milenium, Urubuquara e Guariba) and the brachiaria (cv. Marandu). The fertilization was made only in the sorghum and then assessed the residual power in the next crops. Five individual were randomly collected in each block to determine the dry mass of the aerial parts of sorghum and caupi bean and the amount of nutrient. The brachiaria production was determined based on the material collected using a square (0,25 m²) to limit the area. The caupi bean production was determined using the entire block. The minimum tillage provided the highest production of dry mass in Qaulimax and Volumx that were superior to AG2005-E. The amount of K estimated to provide the economic efficiency in the sorghum was 61 kg ha⁻¹ of KCl. The highest amount of N, K, P, Ca and Mg were observed in the minimum tillage system. The nutrients left before the sorghum cultivation were sufficient for the caupi bean production; nevertheless the higher production occurred in the minimum tillage system. The residual effect of the amount of K used in the sorghum was significant for the brachiaria dry mass production, however amount with the better economic efficiency was 163 kg ha⁻¹ of KCl, that result in a production of 2287 kg ha⁻¹. The minimum tillage promoted higher dry mass production and better development of brachiaria.

Key Words: Forage grasses, Yellow latosol, Minimum tillage, conventional yield, nutrients.

SUMÁRIO

	RESUMO GERAL	6
	GENERAL ABSTRACT	7
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	10
2	PRODUÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DE SORGO FORRAGEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE K E DE SISTEMAS DE MANEO DO SOLO	13
	RESUMO	13
	ABSTRACT	14
2.1	INTRODUÇÃO	15
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	17
2.2.1	Localização da área e caracterização do local	17
2.2.2	Caracterizações do solo e da área experimental	18
2.2.3	Tratamentos e delineamento experimental	19
2.2.4	Condução e avaliação dos resultados	20
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
2.3.1	Massa seca da parte aérea	23
2.3.2	Teores de nutrientes na massa seca da parte aérea	25
2.4	CONCLUSÃO	31
	REFERENCIAS	32
3	SISTEMAS DE MANEJO E EFEITO RESIDUAL DO POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DO FEIJÃO CAUPI	36
	RESUMO	36
	ABSTRACT	37
3.1	INTRODUÇÃO	38
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	39
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.3.1	Massa seca de parte aérea	43
3.3.2	Produtividade de grãos	45
3.3.3	Teores de macronutrientes nas folhas	48
3.4	CONCLUSÃO	53

	REFERÊNCIAS	54
4	PRODUÇÃO E TEOR DE NUTRIENTES DO CAPIM-MARANDU, CULTIVADO EM SUCESSÃO DE CULTURAS, EM RAZÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO	58
	RESUMO	58
	ABSTRACT	59
4.1	INTRODUÇÃO	60
4.2	MATERIAL E METODOS	61
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.3.1	Massa seca de parte aérea	65
4.3.2	Altura das Plantas	67
4.3.3	Teores de macronutrientes no tecido foliar do capim-marandu em função das doses de potássio	69
4.3.4	Teores de macronutrientes no tecido foliar do capim-marandu em função dos sistemas de manejo	70
4.4	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS	73

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Floresta Amazônica sobrevive em solos de baixa fertilidade graças a complexos mecanismos de reciclagem de nutrientes, em ciclos determinados por estações chuvosas e secas bem definidas, que condicionam o regime dos rios. Sob estas condições, a retirada da cobertura vegetal nativa implica na rápida degradação dos solos.

A agricultura itinerante permanece ainda como um dos sistemas de uso da terra mais importante na Amazônia, tanto sob o ponto de vista econômico como também pela quantidade de pessoas que dela dependem direta ou indiretamente. Seu fundamento é a reciclagem de nutrientes, por meio de queimadas da biomassa, que liberam para o solo praticamente todos os nutrientes sob a forma de cinzas. Associado a ela, tem-se as altas temperaturas e umidade que aceleram os processos de decomposição da biomassa vegetal. Entretanto, com o passar do tempo, há uma diminuição da fertilidade inicial do solo devido à remoção de nutrientes por meio da colheita, lixiviação e processos erosivos do solo. As deficiências de nutrientes e o aumento significativo das plantas invasoras inviabilizam novos cultivos.

A introdução de sistemas intensivos que buscam a sustentabilidade, como a integração lavoura-pecuária, na Amazônia poderá trazer grande contribuição para a incorporação das áreas de pastagens degradadas ao processo produtivo, redução dos desmatamentos na região e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da agropecuária regional, com maior sustentabilidade. Outra alternativa que pode ser importante é a maior intensificação dos sistemas visando a produção de silagens que associem elevados rendimento forrageiro e valor nutritivo, otimizando o uso da terra.

Em função do clima da região é possível incorporar ao sistema de integração lavoura-pecuária mais de uma cultura de grão em um mesmo ano. O feijão caupi (*Vigna unguiculata*) pela importância socioeconômica representa uma importante fonte de proteína na alimentação humana, pela sua rusticidade e elevada produção. Esta cultura poderá contribuir para a redução dos custos de recuperação das

pastagens na região, tendo em vista já ser cultivada por pequenos, médios e grandes produtores e ter boa aceitação e consumo nos mercados das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Nos sistemas de manejo que envolve agricultura e pecuária a exportação de nutrientes é muito grande, principalmente quando uma das culturas é utilizada para silagem, cujas plantas têm a parte aérea retiradas da área. Assim, para a sustentabilidade desses sistemas de manejo é necessário um programa que preconize a reposição de nutrientes ao solo.

Entre os nutrientes removidos pelas plantas destaca-se o potássio que merece atenção especial pelo fato de que, quantitativamente, a sua extração é muito grande e, normalmente se encontra em baixa concentração no solo. Por esses fatos, a reposição do nutriente em quantidades adequadas visando às culturas do sistema, principalmente aquelas exigentes em potássio, e uma maior eficiência de uso, torna-se indispensável.

As hipóteses deste trabalho foram:

Híbridos de sorgo respondem positivamente à adubação potássica quando cultivados no sistema de plantio direto e convencional;

Cultivares de feijão caupi, implantadas sobre resíduos da adubação potássica e restos da cultura do sorgo são capazes de manter ou aumentar a produtividade da cultura.

Pastagem de capim-marandu implantadas sobre resíduos vegetais e doses de potássio inicialmente aplicadas em cultura antecessora é capaz de apresentar boa produção em uma área que inicialmente apresentava baixa fertilidade.

O trabalho teve como objetivos:

- Avaliar a produção de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), em razão de doses de potássio e do sistema de manejo, cultivados em Latossolo Amarelo com baixa fertilidade;
- Avaliar o efeito residual de doses de potássio, aplicadas na cultura do sorgo, e de sistemas de manejo do solo, sobre a produção e teores de nutrientes de três cultivares de feijão caupi, em um Latossolo Amarelo de baixa fertilidade.

- Avaliar a produção de massa seca da parte aérea e teores de nutrientes no tecido vegetal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em resposta a doses de potássio aplicadas na cultura do sorgo e sistemas de manejo do solo.

O trabalho foi dividido em três capítulos, nos quais se avaliou as doses de K, aplicadas na cultura do sorgo, cultivados em dois sistemas de uso do solo e o efeito residual dessa adubação na produção do feijão caupi e do capim-marandu.

No primeiro capítulo foi avaliado a influência de doses de K e sistemas de manejo na produção de massa seca e teor de nutrientes de três híbridos de sorgo (Volumax, Qualimax e AG2005E). Foi estudado o poder residual para o fornecimento de K às culturas subseqüentes. Realizou-se uma adubação básica para corrigir as deficiências iniciais do solo.

No segundo capítulo, avaliou-se a produção de feijão caupi (massa seca e produção de grãos) implantados sobre os restos culturais do sorgo, na linha de plantio da cultura anterior, mantendo-se a adubação de plantio anteriormente realizada no sorgo.

Para o terceiro capítulo, o mesmo procedimento foi feito com o capim-Marandu, sendo este implantado nos restos da cultura e na linha de plantio do feijão utilizando-se a mesma adubação e doses de K aplicadas no início do experimento, ou seja, na cultura do sorgo e sistemas de manejo.

2 PRODUÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DE SORGO FORRAGEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE K E DE SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

RESUMO

O conhecimento das doses adequadas de nutrientes e corretivos do solo 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. O sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação. A planta tolera mais o déficit de água e o excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo. Com o objetivo de avaliar a produção de três híbridos de sorgo, em razão de doses de potássio e do sistema de manejo, cultivados em Latossolo Amarelo com baixa fertilidade, foi conduzido um experimento, em campo, na área da Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA, campus Belém. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 4 x 3 x 2, com quatro repetições. Os fatores foram: quatro doses de potássio (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) na forma de KCl, três híbridos de sorgo (Qualimax, Volumax e AG 2005-E) e dois sistemas de manejo (plantio direto e convencional). O plantio direto proporcionou maior produção de massa seca da parte aérea do sorgo, sendo que os híbridos Volumax e Qualimax apresentaram rendimentos superiores ao AG2005-E. Os teores dos elementos N, P, K, Ca e Mg encontrados nos tecidos foliares do sorgo, cultivados com plantio direto, foram superiores àqueles encontrados no plantio convencional.

Palavras Chaves: híbridos de sorgo, silagem, plantio direto, nutrientes.

ABSTRACT

The knowledge of the adequate amount of nutrients for soil correction in the different agricultural systems is very important to become economically efficient. Sorghum is, amongst the food crops, one of the most efficient both photosynthetically as in terms of maturation velocity. This plant support better than other cereals the water deficit and soil humidity excess so that can be cultivated in a great variety of soil conditions. This study aimed to assess the production of three sorghum hybrids cultivated using different amounts of potassium and crop systems. These plants were cultivated in yellow latosol of low fertility at the Federal Rural University of Amazon. The experimental design was a factorial 4x3x2 with four repetitions. The factors were four amounts of potassium (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), using KCl as the potassium source, three sorghum hybrids (Qualimax, Volumax e AG 2005-E) and two crop systems (minimum tillage and conventional). The minimum tillage allowed higher production of dry matter in the aerial plant section. In this regard, both hybrids Volumax and Qualimax demonstrated to be superior to the AG2005-E. The level of N, P, K, Ca and Mg founded in the leaves tissues of sorghum cultivated in the minimum tillage system were superior to those founded in the conventional crop system.

Key Words: sorghum hybrids, silage, minimum tillage, nutrients.

2.1 INTRODUÇÃO

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 sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação, além de poder ser utilizada como alimento humano e animal.

O sorgo é cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica. Embora de origem tropical, o sorgo vem sendo cultivado em latitudes de até 45° Norte ou 45° Sul e onde a precipitação anual se situa entre 375 e 625 mm anuais.

A cultura do sorgo apresenta elevado potencial para uso como silagem devido apresentar elevadas produções de matéria seca e excelente qualidade nutricional (RESTLE et al., 1996; MELLO, 2004). Quando comparada a cultura do milho (*Zea mays* L.) para ensilagem, apresenta como vantagens uma maior tolerância à seca e a capacidade de rebrotas após os cortes, obtendo-se até 60% da produção do primeiro corte. Algumas variedades e, ou, híbridos de sorgo apresentam maior produção de matéria seca e matéria verde por unidade de área que o milho (TONANI, 1995), principalmente em solos com fertilidade natural mais baixa (ZAGO, 1997).

O sorgo também pode ser utilizado como cultura de cobertura no estabelecimento do sistema de semeadura direta, por causa da sua resistência às condições de déficit hídrico, com elevada capacidade de aproveitamento da água e conversão em fitomassa seca (MAGALHÃES; DURAES; SCHAFFERT, 2000) e alta produção de massa seca.

As culturas utilizadas para silagem têm a parte aérea retirada do sistema, com isto grande parte dos nutrientes são exportados, sugerindo que a manutenção da produtividade estará na dependência da reposição de nutrientes ao solo (VITTI;

NUSSIO, 1991) consideram que a fertilidade do solo é um dos principais fatores que acarreta baixa produtividade das culturas destinadas à produção de silagem. Esse fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes originalmente no solo, mas também à alta capacidade extrativa dessas culturas.

Entre os nutrientes removidos pelas culturas destinadas a produção de silagem, o potássio merece atenção especial pelo fato de que, quantitativamente, a sua extração e exportação é muito grande e o seu teor no solo geralmente é muito baixo. Em função disso, um plano de reposição do nutriente deve ser estabelecido visando às culturas de sucessão, principalmente aquelas exigentes em potássio (SANTOS et al., 1995).

O cultivo do sorgo pode ser uma alternativa técnica e economicamente viável para fornecimento de matéria-prima para silagem ou como planta de cobertura do solo em sistemas de plantio direto na região Amazônica. Entretanto, as pesquisas na região com esta cultura ainda são incipiente.

Os solos da Amazônia são representados em sua maioria por Latossolos e Argissolos de alta acidez e baixa fertilidade e quando ocorre a substituição da floresta primária por cultivos a capacidade produtiva é reduzida rapidamente. A utilização de técnicas convencionais de exploração agrícola nesses solos, tem resultado invariavelmente, em degradação dos mesmos e conseqüentes abandonos das áreas (MELLO; MELLO PEREIRA; NASCIMENTO, 2009).

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de potássio e do sistema de manejo na produção e nos teores de nutrientes de três híbridos de sorgo cultivados em Latossolo Amarelo com baixa fertilidade.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido entre novembro de 2007 e abril de 2009, no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, localizada no município de Belém (PA), apresentando como coordenadas geográficas $48^{\circ} 26' 28''$ de longitude Oeste de Greenwich e $01^{\circ} 27' 9''$ de latitude Sul, com altitude de 13 metros (Figura 1). A área possui um histórico de uso de mais de 40 anos, sendo que o último experimento foi com bananeiras, há aproximadamente 15 anos. Não foi manejada durante esse tempo e, por ocasião da implantação do experimento, se apresentava com vegetação espontânea de pequeno porte.

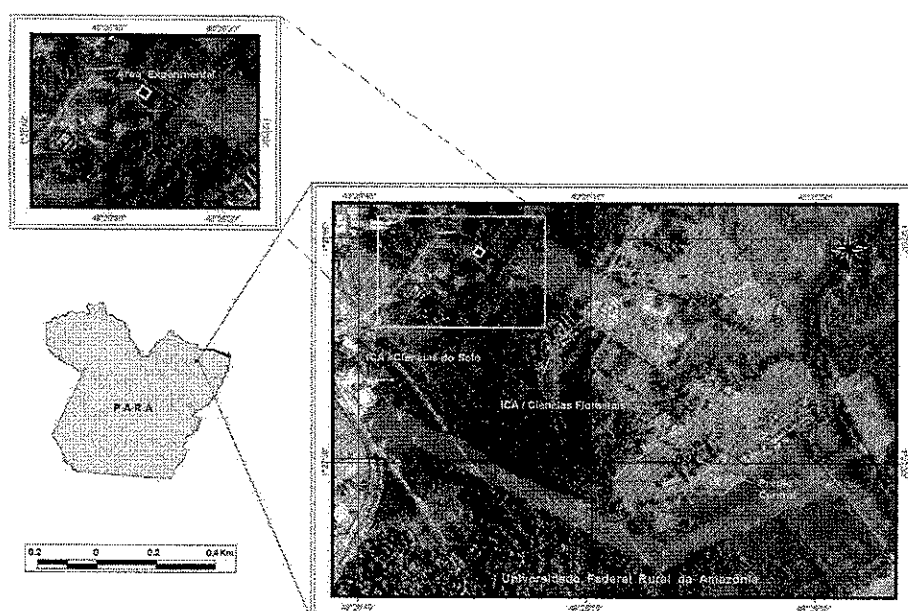


Figura 1 - Imagem de localização do experimento.

De acordo com classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Afi com temperatura média anual de 26 °C, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993). Os dados mensais referentes às temperaturas máximas, mínimas, precipitação pluviométricas e brilho solar durante a condução do experimento, coletados na estação meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental, Belém (PA) (Figura 2).

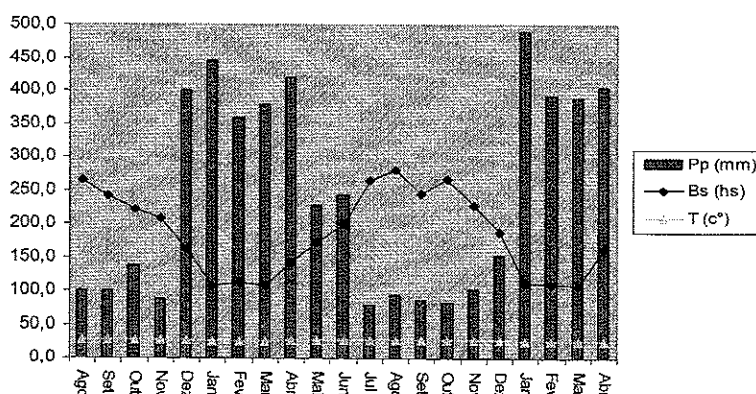


Figura 2 - Distribuição da pluviosidade, temperatura e brilho solar do município de Belém durante o período de realização (agosto/2007 a abril/2009) do experimento (dados da EMBRAPA, Campus Belém).

2.2.2 Caracterização do solo e da área experimental

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). Na área de estudo (900 m²), amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m, e submetidas a análises químicas de acordo com metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os resultados da análises químicas e granulométricas estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica do solo, nas camadas de 0 - 0,1 e 0 - 0,2 m de profundidade, antes da instalação do experimento.

Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	V	MO	Ag	Af	Silte	Argila
(m)	H ₂ O	mg dm ⁻³					%	g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		
0,0 - 0,1	4,8	65,7	0,4	2	2	45	8,9	14	477	336	91	96
0,1 - 0,2	4,8	67,8	0,1	2	2	44	8,5	12,4	472	337	95	96

2.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 4 x 3 x 2, com quatro repetições. Os fatores foram: quatro doses de potássio na forma de KCl (50-tratamento controle, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), três híbridos de sorgo (Qualimax, Volumax e AG 2005-E) e dois sistemas de manejo (plantio direto e convencional) como mostra a Figura 3. A utilização do tratamento controle fazendo uso da dose de 50 kg ha⁻¹ de KCl se deveu a baixa concentração de K no solo (Tabela 1), muito abaixo do nível crítico para as culturas. O Híbrido Volumax é um híbrido forrageiro de ciclo médio ($n > 120$ dias), grãos avermelhados sem tanino com produção de 10-16 toneladas de massa seca por hectare, com grande quantidade de proteína nas folhas e panículas, sendo um excelente produtor de pólen; o AG 2005E é um híbrido de duplo propósito (forrageiro e granífero), ciclo normal ($110 \text{ dias} \leq n \leq 120 \text{ dias}$) com grãos sem tanino. O híbrido Qualimax é granífero com grãos sem tanino, apresenta ciclo médio ($n > 120$ dias).



Figura 3 - Área experimental com os sistemas de plantio direto (a) e convencional (b)

2.2.4 Condução do experimento e avaliação dos resultados

As parcelas constaram de 1,5 m de largura por 4 m de comprimento com quatro linhas espaçadas em 0,5 m uma das outras. No sistema de plantio convencional (PC), a gradagem foi feita 15 dias antes do plantio, assim como a dessecação da palhada no plantio direto (PD). A dessecação da palhada foi realizada com Glifosate (Roundup), utilizando volume de aplicação de 3 L ha⁻¹. Na área experimental de plantio convencional o solo foi mobilizado utilizando-se grade aradora.

A calagem foi realizada, considerando-se a análise química do solo, em cobertura na área de plantio direto, sobre o resíduo vegetal remanescente, e por incorporação na área manejada convencionalmente. A quantidade aplicada foi 2,7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 90%, objetivando-se elevar a saturação por bases a 60%, seguindo a recomendação de Raij et al. (1996).

Foi realizada uma adubação básica com a utilização de 200 kg ha⁻¹ de N (divididas em sulfato de amônia e uréia), 50 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 30 kg ha⁻¹ de FTE na linha de plantio, de acordo com a análise do solo.

Há de se observar que as concentrações de P no solo encontram-se elevadas. A adubação fosfatada deveu-se ao fato de o solo apresentar altos teores de areia, aliado a aplicação de fosfato natural, que possui baixa solubilidade, em cultivos anteriores ao experimento, o que poderia não ser suficiente para obter-se

boa produtividade da forrageira ao final do experimento considerando-se também que o extrator Melich superestima os valores das análises.

A adubação potássica, de acordo com os tratamentos, e a nitrogenada foram realizadas em duas etapas: a primeira (50%), por ocasião do plantio feito na linha, e a segunda (50% restante) trinta dias após a primeira, e realizada entre plantas, na linha de plantio, a uma profundidade aproximada de 3 cm. Na adubação nitrogenada, o sulfato de amônio foi o adubo primeiro a ser aplicado.

O semeio foi realizado manualmente distribuindo-se as sementes em sulcos abertos igualmente para os dois tipos de manejo do solo, utilizando-se a densidade de semeadura de 15 sementes por metro linear.

A colheita do experimento ocorreu aos 85 dias, quando os grãos das panículas encontravam-se de estado pastoso a farináceo (Figura 4). Para as avaliações foram consideradas as duas linhas centrais (área útil), sendo que as linhas externas, inclusive das extremidades de cada linha de plantas, formaram as bordaduras. Foram coletadas cinco plantas em cada área útil e o material vegetal pesado imediatamente para obtenção de massa verde. Em seguida amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C, até peso constante para a obtenção da massa seca. Posteriormente processou-se a moagem do material em moinho tipo Willey, e retiradas sub-amostras nas quais foram determinados os teores de macro e micronutrientes.



Figura 4 - Retirada das amostras do experimento após a colheita nas parcelas

O material vegetal foi submetido à digestão nítrico-perclórica, sendo determinados no extrato resultante os teores de N, P, K, Ca e Mg. O Ca e o Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, K por fotometria de chama, P por colorimetria e o N pelo método semi-micro Kjeldahl, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

As variáveis analisadas foram massa seca e teores de nutrientes da parte aérea das plantas.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparadas pelo teste de Duncan, quando pertinente, e estudos de regressão, através do ajuste das equações de acordo com as doses de KCl utilizadas. Para a obtenção dos resultados utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca da parte aérea (MSPA) foi influenciada pelas doses de K, sistema de manejo (SM) e híbridos (H), e pela interação dos fatores doses K x SM. Os resultados da análise de variância no tecido vegetal do sorgo mostraram efeito isolado das doses de KCl para o K, Ca e Mg e dos sistemas de manejo para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg e de híbridos para o Mg. Foram observadas ainda interações significativas entre as doses de K x SM para os nutrientes Ca e Mg e doses de K x H e SM x H para o Mg (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância da matéria seca de parte aérea (MSPA) e teores de N, P, K, Ca e Mg, para doses de potássio, sistemas de manejo e híbridos de sorgo.

Fonte de Variação	G.L.	MSPA	N	P	K	Ca	Mg
Doses de KCl (D)	3	**	ns	ns	**	**	*
Sistema de Manejo (SM)	1	**	**	**	**	**	**
Híbridos(H)	2	**	ns	ns	ns	ns	**
D x SM	3	**	ns	ns	ns	**	**
D x H	6	ns	ns	ns	ns	ns	**
SM X H	2	ns	ns	ns	ns	ns	**
C.V (%)	-	14,2	18,3	27,7	22,7	16,0	28,2

2.3.1 Massa seca da parte aérea

Os híbridos Volumax (10,7 t ha⁻¹) e Qualimax (10,1 t ha⁻¹) apresentaram uma produção de MSPA superior ao AG 2005-E (9,3 t ha⁻¹), independente dos tratamentos (Figura 5). A produção do híbrido AG 2005-E correspondeu a 87% da produção do Volumax e a 93% da produção Qualimax. Von Pinho et al. (2006), estudando híbridos forrageiros, duplo propósito e graníferos, observaram maior produção por área cultivada para o sorgo Volumax quando comparado a outros híbridos, tendo atribuído essa superioridade ao maior porte do mesmo frente aos demais híbridos testados. Oliveira et al. (2009), estudando a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo, em períodos e localidades diferentes, encontraram para a cultivar Volumax uma produção variando de 11,7 a 28,4 t ha⁻¹ de massa seca, que se aproximam dos resultados encontrados neste estudo.

As produções de massa seca obtidas neste estudo, foram superiores às observadas em alguns trabalhos anteriores, 9.616 e 8.153 kg ha⁻¹ obtidos por Neumann et al. (2002) e 9.464 e 8.408 kg ha⁻¹ obtidos por Gomes et al. (2006), para Volumax e AG 2005, respectivamente, em Latossolo Vermelho.

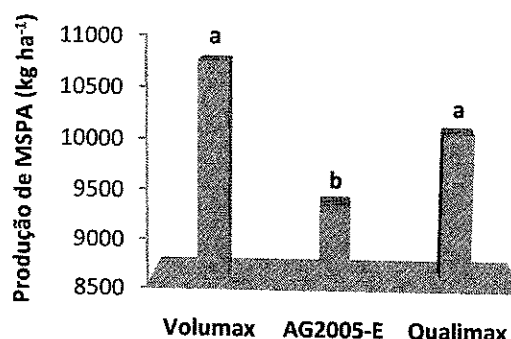


Figura 5 - Produção de massa seca (MSPA) da parte aérea nos diferentes híbridos estudados

As doses de K influenciaram a produção de MSPA no sistema plantio direto (PD), ajustando-se ao modelo quadrático de regressão, cujo aumento na produção foi até a dose de 200 kg ha⁻¹ (Figura 6). Por outro lado, o rendimento máximo estimado de MSPA foi de 11567 kg ha⁻¹, obtido com a dose de 170 kg ha⁻¹, enquanto que a dose de máxima eficiência econômica, considerando-se esta 90% da produção máxima, foi 153 kg ha⁻¹ de KCl para uma produção de 10410 kg ha⁻¹. No sistema de plantio convencional (PC) as doses de K aumentaram de forma linear a produção de MSPA (Figura 6).

As maiores produções obtidas no PD, com menores doses de K, quando comparado ao PC, podem estar relacionados com a maior capacidade do solo não revolvido perder menos nutrientes, principalmente potássio, na camada superficial. A menor perda de nutrientes, também, pode ser resultado da maior proteção do solo pelo não revolvimento. Segundo De Maria et al. (1999), em solos não revolvidos há redução da erosão, com menor perda de nutrientes nas enxurradas e nos sedimentos, além da redução na lixiviação, principalmente em solos com baixo teor de argila (Tabela 1).

Resposta positiva do sorgo á adubação tem sido observada em alguns estudos, principalmente ao N (SIMILI et al., 2010). No entanto, estudos com a adubação potássica, isoladamente, são escassos. Simili et al. (2008) observaram que a adubação potássica não influenciou a massa seca, a porcentagem de colmos

e folhas do sorgo-Sudão, cultivado em Latossolo Vermelho distrófico, textura média de Jaboticabal/SP. Diferentemente do solo deste estudo que apresentava $0,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, na camada de 0-0,2 m (Tabela 1), o solo em que foi cultivado o sorgo-Sudão continha $4,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, fato que pode ter sido determinante para a falta de resposta a adubação potássica. De acordo com Andreotti et al. (2000) o K proporcionou aumento na produção de matéria seca no híbrido simples de milho Zêneca 8392, até teores de $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K no solo.

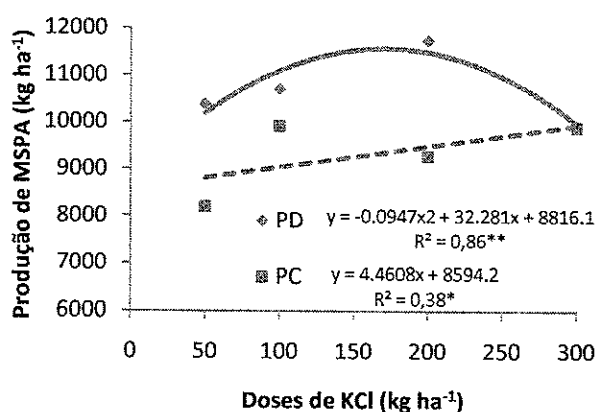


Figura 6 - Massa seca da parte aérea do sorgo, em função de sistemas de plantio (convencional e direto) e doses de KCl, cultivado em Latossolo Amarelo.

2.3.2 Teores de nutrientes na massa seca da parte aérea

Os teores de N e de P, independente do híbrido estudado, foram maiores quando cultivados no PD (Figura 7). A manutenção de resíduos vegetais em superfície e ausência de revolvimento do solo promove inúmeras modificações em sua fertilidade, pois o material orgânico adicionado propicia uma maior retenção de nutrientes, como o potássio, cálcio e magnésio, e pode atuar como reservatório de N, P e S, que fazem parte de sua constituição química, sendo capaz de suprir parte das necessidades da cultura durante seu ciclo (CALEGARI, 2004). Segundo Rheinheimer (2000), a presença constante de cobertura no solo altera a dinâmica do fósforo, provocando aumento do teor desse nutriente na camada mais superficial do solo, inclusive na forma orgânica, havendo diminuição no processo de adsorção,

pois não há mobilização do solo e ficando mais facilmente disponível para as plantas. Os valores de N, $7,61 \text{ g kg}^{-1}$ e $4,04 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente para o PD e o PC, estão abaixo dos valores de referência para a cultura do sorgo ($23,1$ a $29,0 \text{ g kg}^{-1}$), demonstrados por Martinez; Carvalho e Souza (1999).

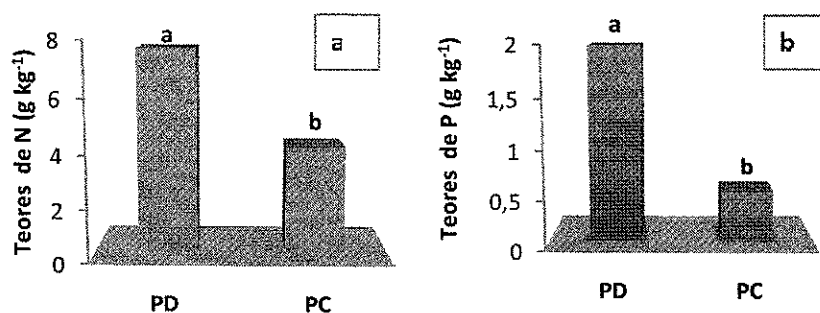


Figura 7 - Teores de N e P na massa seca da parte aérea do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) nos diferentes sistemas de uso do solo.

Os maiores teores de K, na MSPA, em função dos sistemas de manejo do solo, foram encontrados no PD quando comparado ao PC (Figura 8a). Esse fato pode estar relacionado a menor perda de nutrientes em áreas sob PD, que pode contribuir para uma maior disponibilidade do nutriente no solo e, conseqüentemente, maior teor absorvido pelas plantas. Segundo Kayser e Isselstein (2005), as quantidades de K acumuladas pela parte aérea das plantas variam grandemente, provavelmente em função das diferentes espécies ou cultivares, épocas de avaliação, tipos de solo, adubação, condições climáticas e sistemas de manejo adotados em cada situação.

A influência do sistema de preparo nas propriedades químicas do solo foi estudada por Bayer e Mielniczuk (1997), que constataram, nas áreas manejadas no PD, maiores concentrações de K trocável e de matéria orgânica nas camadas mais superficiais do perfil.

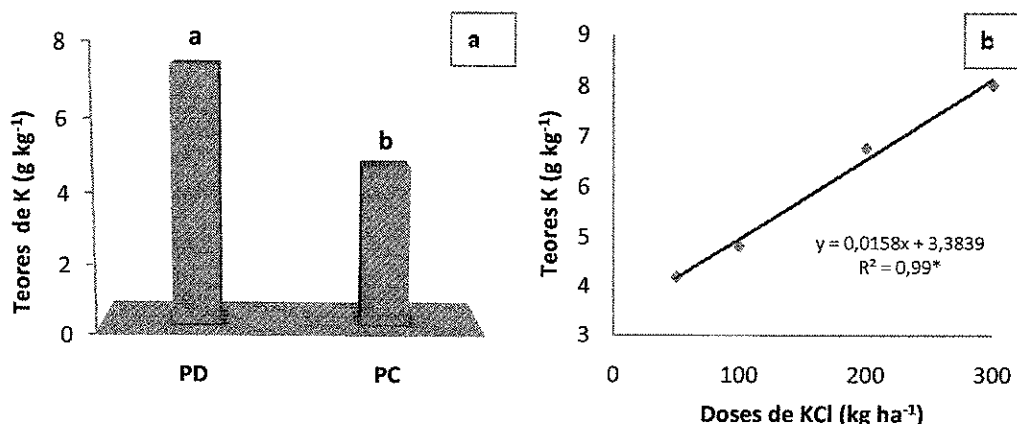


Figura 8 - Teores de K da massa seca da parte aérea do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) em função dos sistemas de uso e doses de KCl.

A aplicação de doses crescentes de K no solo proporcionou um aumento linear significativo nos teores de K na massa seca da parte aérea do sorgo (Figura 8b). Aparentemente, as doses de KCl aplicadas, corrigiram o baixo teor deste elemento no solo, o que, juntamente com a grande capacidade do sorgo em absorver potássio do solo, mesmo em baixas disponibilidades, pode ter contribuído para aumentar seu teor na matéria seca.

As interações entre as doses de K e os sistemas de manejo, afetaram significativamente o teor de Ca no PD, com as médias ajustando-se ao modelo linear decrescente de regressão, observando-se redução nos teores de Ca à medida que se aumentaram as doses de K (Figura 9). Embora os teores de Ca tenham reduzidos com as doses de K, eles se encontram dentro dos valores considerados de referência para a cultura, de acordo com Martinez, Carvalho e Souza (1999). A redução observada na absorção de Ca, pelo sorgo, pode estar relacionada ao antagonismo existente entre esses cátions (Ca e K). Segundo Mengel e Kirkby (2001), os resultados encontrados em literatura permitem afirmar que a soma total de cátions em uma planta é pouco variável, portanto com o incremento na absorção de um cátion, geralmente, ocorre redução de outros cátions na planta.

No PC não houve influência da aplicação de doses crescentes de K sobre o teor de Ca nas plantas (Figura 9).

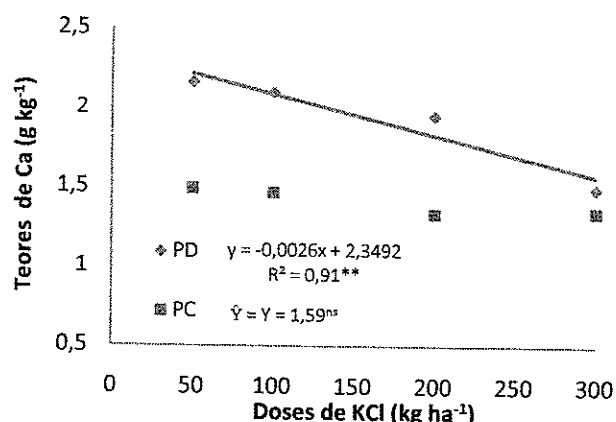


Figura 9 – Teores de Ca na massa seca da parte aérea do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) em função da interação doses de K e sistemas de uso.

A interação entre doses de K e sistemas de manejo provocou redução no teor de Mg no PD, com o ajuste da equação de regressão ao modelo linear decrescente (Figura 10a). Avaliando a adubação potássica na produção de massa seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e de *Stylosanthes guianensis* em vários estádios de crescimento e na absorção de potássio, cálcio e magnésio, Rodrigues e Rossiello (1995) detectaram que o incremento nas doses de potássio fez reduzir o acúmulo total de magnésio das plantas. De modo similar, Andrade, Fonseca e Gomide (2000) verificaram que a concentração de magnésio nas lâminas foliares do capim-elefante decresceu de 1,9 a 1,0 g kg⁻¹ para as aplicações de potássio de 16 e 304 kg ha⁻¹, respectivamente. A concentração de magnésio nas partes da *Brachiaria decumbens* submetida a doses de potássio foi estudada por Mattos e Monteiro (1998). Revelaram que há de se atentar para a nutrição dessa planta com relação ao magnésio quando o potássio for colocado em alta disponibilidade.

A não significância das doses de K sobre os teores de Mg no PC pode estar relacionada à maior lixiviação do K, ocasionada por esse sistema de manejo. No plantio direto essa lixiviação é reduzida, sendo o elemento encontrado em maior quantidade nas camadas mais superficiais do solo (LANA et al. 2003).

A interação entre as doses de K aplicadas e os híbridos, mostraram os teores de Mg ajustados ao modelo linear decrescente (Figura 10b). Os teores de Mg da massa seca da parte aérea nos híbridos, não apresentaram diferenças significativas

no PC, diferentemente do PD no qual foi observado efeito significativo para esse fator, sendo que o híbrido AG2005-E apresentou maiores teores de Mg (Figura 10c).

Observa-se que, com o aumento das doses de K há um decréscimo no teor de Mg, o que se atribui, assim como ao Ca, ao efeito antagônico entre os cátions. Analisando os teores de Mg nas partes(raiz e parte aérea) da *Brachiaria decumbens* submetida a doses de potássio, Mattos e Monteiro (1998) relataram que nas doses mais altas de potássio ocorreu redução no teor de Mg, devendo-se atentar aos efeitos antagônicos entre estes cátions, principalmente quando o suprimento de potássio for elevado. Do mesmo modo, Fonseca e Meurer (1995) conduzindo experimento com milho (*Zea mays*) em solução nutritiva, para verificar a relação antagônica entre o K e Mg, observaram que o acúmulo de Mg foi reduzido, tanto nas raízes como na parte aérea das plantas, com o aumento do suprimento de K. O maior teor de Mg encontrado no híbrido AG2005-E, quando comparados aos demais híbridos, pode estar ligado ao fator genético que predispõe a planta a apresentar bom desenvolvimento em concentrações menores de K durante seu ciclo. Tomich, Rodrigues e Tomich (2004) estudando o comportamento de híbridos de sorgo, verificaram que fatores ambientais e genéticos influenciam diretamente na produção e capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas.

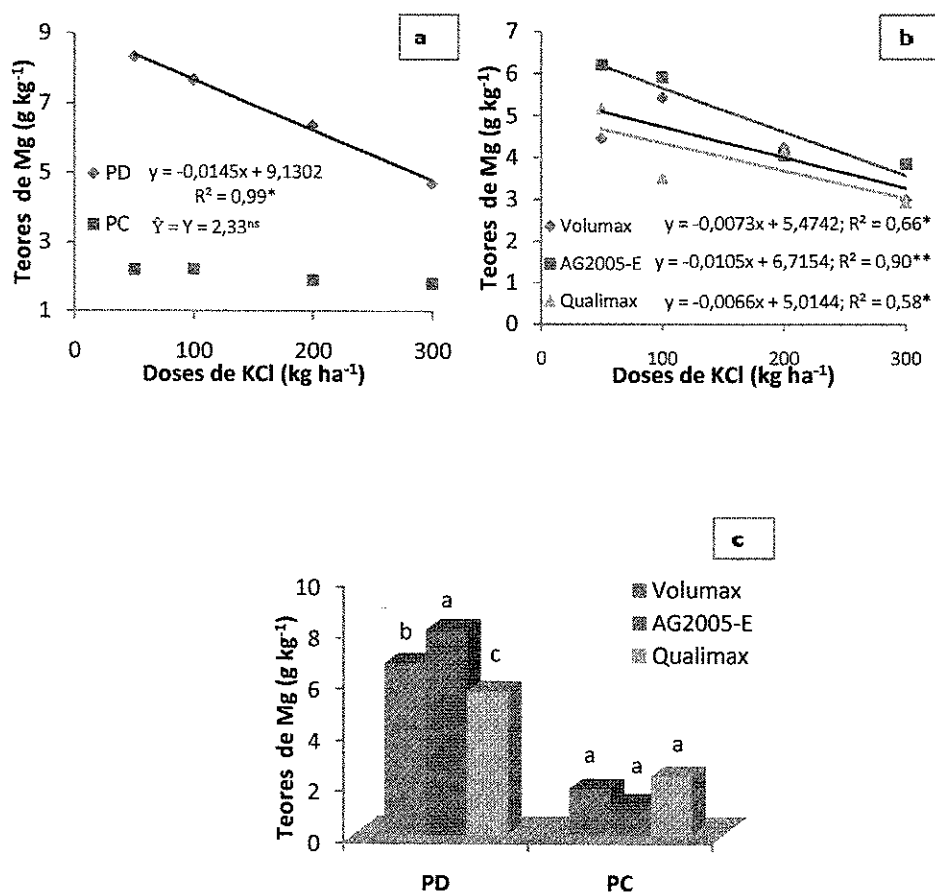


Figura 10 - Teores de Mg na massa seca da parte aérea do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) em função das interações entre doses de K, sistemas de uso do solo e híbridos.

2.4 CONCLUSÃO

O plantio direto proporcionou maior produção de massa seca da parte aérea do sorgo, sendo que os híbridos volumax e qualimax apresentaram maiores rendimentos do que o AG2005-E.

A produção máxima de massa seca da parte aérea (11567 kg ha^{-1}) e de máxima eficiência econômica (10140 kg ha^{-1}) foram atingidas com as doses de 170 e 153 kg ha^{-1} KCl, respectivamente.

Os teores dos elementos N, P, K, Ca e Mg encontrados nos tecidos foliares do sorgo, cultivados com plantio direto, foram superiores àqueles encontrados no plantio convencional.

Os teores de K nas folhas aumentaram, enquanto os de Ca e Mg foram reduzidos nas plantas, no sistema plantio direto, com o aumento das doses de KCl.

REFERENCIAS

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A. Produtividade e valor nutritivo do capim- Elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.1589-1595, 2000.

ANDREOTTI, M.; SOUZA E.C.A.; CRUSCIOL, C.A.C; RODRIGUES, J.D.; BÜLL, L.T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.35, n.12, p.2437-2446, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.105-112, 1997.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.80, p.62-70, 2004.

DE MARIA, I.C.; NNABUDE, P.C.; CASTRO, O.M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.51, n.1-2, p.69-77, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, D.F. **SISVAR**: sistema de análise de variância. Versão 5.0. Lavras: UFLA/DEX, 2007.

FONSECA, J.A.; MEURER, E.J. Antagonismo entre potássio e magnésio em plantas de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileiro de Ciência do Solo, 1995. p.1034-1035.

GOMES, S.O.; PITOMBEIRA, J.B.; NEIVA, J.N.M.; CÂNDIDO, M.J.D. Comportamento agrônomo e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.221-227, 2006.

KAYSER, M.; ISSELSTEIN, J. Potassium cycling and losses in grassland systems: A Review. **Grass and Forage Science**, New York, v.60, n.3, p.213- 224, 2005.

LANA, R.M.Q.; FILHO, C.E.V.; JUNIOR, L.A.Z.; PEREIRA, H.S.; LANA, A.M.Q. Adubação superficial com fósforo e potássio para a soja em diferentes pré-semeaduras na instalação do sistema plantio direto. **Revista Scentia Agrária**, Curitiba, v.4, n.1-2, p.53-60, 2003.

MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

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

MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Respostas de braquiária brizantha a doses de potássio. **Scientia Agricola**, v.55, n.3, p.428-437, 1998.

MELLO, A.H.; MELLO PEREIRA, F.D.; NASCIMENTO, S.F. Caracterização Química do Solo em Áreas de Floresta, Plantações de Arroz, Milho e Mandioca no Projeto de Assentamento Nova Vida – Marabá-PA. **Revista Brasileira de Agro ecologia**, v.4, n.2, nov. 2009.

MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.48-58, jul/ago. 2004.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrechth: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

NECHET, D. Análise da precipitação em Belém-PA, de 1986 a 1991. **Boletim de Geografia teor.** n. 23, p.150-156, 1993.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.A.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITE, M.Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L.A.O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.302- 312, 2002. (Suplemento).

OLIVEIRA, R.P.; FRANÇA, A.F.S.; DA SILVA, A.G.; MIYAGE, E.S.; DE OLIVEIRA, E.R.; PERÓN, H.J.M.C. Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**. v.10, n.04, p.1003-1012, 2009.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.39. (Boletim Técnico, 100).

_____; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p

RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; ESCOBAR, R.B.; VAZ, F.N. Efeito de dietas contendo farelo de arroz integral ou desengordurado, combinado com silagem de milho ou de sorgo forrageiro no desempenho de novilhos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33. 1996, Fortaleza, CE. **Anais...** FORTALEZA: SBZ, 1996, P. 108-110.

RHEINHEIMER, D.S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, 2000. 210f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RODRIGUES, A.C.G.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento, absorção de K, Ca e Mg de forrageiras tropicais em função da adubação potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 1252-1254.

SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G.; CORSI, M.; SILVA, S.C.; FARIA, V.P. **Volumosos para bovinos**. 2 ed. Piracicaba, SP: FEALQ. 1995. p.59-74.

SIMILI, F.F.; GOMIDE, C.A.M.; MOREIRA, A.L.; REIS, R.A.; LIMA, M.L.P.; PAZ, C.C.P. Respostas do híbrido de sorgo-sudão às adubações nitrogenada e potássica: características estruturais e produtivas. **Ciência e agrotecnologia**, v.34, n.1, p.87-94, 2010.

SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N.; PAZ, C.C.P.; LIMA, M.L.P.; BELLINGIERI, P.A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica:

composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.474-480, mar./abr., 2008.

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; TOMICH, R.G.P.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 2, p.258-263, 2004.

TONANI, F.L. **Valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação dos grãos**. 1995. 56f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

VITTI, G.C.; NUSSIO, L.G. Correção do solo e adubação da cultura do milho e sorgo de alta produtividade para ensilagem. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. 4., 1991, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba. FEALQ, 1991. p.1-58.

VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.266-279, 2006.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: **MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1997. p.9-26 (Circular Técnica/EMBRAPA-CNPMS, 17).

3 SISTEMAS DE MANEJO E EFEITO RESIDUAL DO POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DO FEIJÃO CAUPI

RESUMO

O feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp] tem grande importância econômica e social no Estado do Pará. Devido desenvolver-se bem em áreas com baixa precipitação pluviométrica, pode ser utilizada como cultura de segundo ciclo anual. Objetivando avaliar o efeito residual da adubação potássica, realizada na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*), e de sistemas de manejo na produtividade e teores de macronutrientes em cultivares de caupi (Milênio, Urubuquara e Gariba), realizou-se um experimento em campo na Universidade Federal Rural da Amazônia, em Latossolo Amarelo distrófico. Os tratamentos corresponderam aos sistemas de manejo, plantio direto e convencional, doses de 50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de KCl, aplicados no cultivo anterior (sorgo) e três cultivares de feijão caupi conduzidos em delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2 x 3. Na área de cada parcela foram escolhidas cinco plantas ao acaso para determinação da massa seca de parte aérea e do teor de nutrientes nas folhas. A produtividade de grãos foi determinada através da coleta das vagens das plantas de toda a área útil. O efeito residual das doses de KCl alterou os teores dos nutrientes, mas não refletiu em prejuízos para o crescimento vegetativo e produtividade. A maior produtividade foi observada no sistema plantio direto, sendo o cultivar guariba o mais produtivo, atingindo uma produção de 1402 kg ha⁻¹, com a dose de 100 kg ha⁻¹ de KCl, aplicados na cultura anterior. Os maiores teores de N e K foram encontrados nas plantas cultivadas no sistema plantio direto. Os teores de P e Mg foram maiores no sistema de plantio convencional. Os teores de Ca não sofreram influências dos sistemas de manejo.

Palavras chaves: *Vigna unguiculata*, sucessão de culturas, teor de nutrientes, plantio sobre a palhada

ABSTRACT

The caupi bean [*Vigna unguiculata* (L) Walp] has great social and economic importance for the Para State. Due to present good development in areas with low water income, it can be used as a plant that present two cycles annually. This study aimed to assess the residual effect of sorghum fertilization and different crop systems in the productivity and level of macronutrients within caupi bean (Milênio, Urubuquara e Gariba). This study was conducted at UFRA in a yellow latosol. The treatments used were two crop systems (minimum tillage and conventional), four amount of potassium (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de KCl) used in the sorghum yield and three types of caupi bean that means a factorial system 4x2x3. In each experimental parcel were selected five plants to determine the dry matter of aerial part and the amount of nutrients in the leaves. The productivity in terms of grains was established after collect all grains in the experimental area. The residual effect of the KCl changed the amount of nutrients, but did not affect the vegetative development and productivity. The higher productivity was observed in the minimum tillage system, related to the "gariba" type that reached 1402 kg ha⁻¹ when was used 100 kg ha⁻¹ of KCl. The highest amount of N and K were founded in plants that were crop using the minimum tillage system. The amount of P and Mg were higher in the conventional system whereas the amount of Ca did not change.

Key Words: *Vigna unguiculata*, crop succession, amount of nutrients, to plant over straw

3.1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp] se destaca como importante cultura econômica para os Estados da região Norte e Nordeste. O Estado do Pará é o maior produtor de caupi da região Norte, sendo que a zona de maior cultivo se concentra na mesorregião do Nordeste paraense. A grande produção na região atende toda a demanda do Estado do Pará e o excedente é exportado para Estados do Nordeste (SANTANA; SANTOS, 2000). O caupi por apresentar propriedades nutricionais superiores à dos feijões comuns (*Phaseolus vulgaris*) é responsável, em grande parte, pelo suprimento das necessidades alimentares da população daqueles Estados (ARAÚJO; WATT, 1988).

Embora seja uma cultura tropical com boa adaptação a solos de baixa fertilidade, o emprego de cultivares tradicionais com baixa capacidade produtiva e o baixo nível tecnológico empregado é também responsável por reduzidas produtividades (VESTERAGE; NIELSEN; JENSEN, 2008; OLIVEIRA et al., 2002; MATOS FILHO et al., 2009). Por outro lado, em condições adequadas de fertilidade do solo e utilizando cultivares melhorada, o caupi pode alcançar produtividade de 3000 kg ha⁻¹ de grãos (OLIVEIRA et al., 2001).

Com o advento do plantio direto, inúmeros benefícios nas propriedades físico-químicas do solo têm sido conseguidos, como o aumento na matéria orgânica do solo e da atividade da micro e mesofauna, diminuição das perdas de solo, melhorias na aeração e densidade do solo, promovendo maior crescimento das raízes, conferindo maior capacidade de absorção de água e nutrientes para as plantas (PRIMAVESI, 2002).

Dauda e Samari (2002) e Olaoye (2002) observaram que o intenso tráfego de máquinas e os sistemas de preparo provocam modificações físicas no solo influenciando negativamente o rendimento de grãos de caupi, porém, quando adotado o sistema de plantio direto há uma redução nas perdas de solo por erosão e aumento no rendimento de grãos.

Fatores como conteúdo de água, densidade do solo e concentração de K na solução influenciam a difusão de potássio no solo em direção às raízes (ERNANI;

ALMEIDA; SANTOS, 2007). Além disso, o teor de K nos solos tropicais é normalmente baixo ou muito baixo, se constituindo em um dos nutrientes que mais limita a produção de grãos. Nas formulações de fertilizantes, geralmente, o potássio (K) aparece como nutriente obrigatório, respaldado pelo paradigma de que os teores de K trocável no solo são baixos. Assim, é necessário preservá-los com adubações potássicas para garantir o desenvolvimento das plantas (KAMINSKI et al., 2007).

No caupi, o potássio é o nutriente extraído e exportado em maiores quantidades, por isso na maioria dos solos onde é explorado comercialmente são encontrados teores baixos desse nutriente. Contudo, raramente se observam respostas significativas do potássio sobre o seu rendimento, provavelmente porque o valor considerado crítico para o seu desenvolvimento normal é baixo, entre 20 e 40 kg ha⁻¹, mas o suficiente para provocar altas concentrações desse nutriente no tecido das plantas (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005).

Estudos realizados na Amazônia mostram teores muito baixos de nutrientes, cujos teores de K variam de 8 a 27 mg dm⁻³ (VALENTE et al., 2001), valores esses considerados baixos para o bom desempenho produtivo da cultura do feijão-caupi (CARDOSO, 2000). Em áreas cultivadas continuamente com feijão-caupi, Cravo e Smyth (2005), em 82 amostras analisadas, observaram que o P, K, Ca e Mg são os elementos mais limitantes ao desenvolvimento da cultura. Os teores de K encontrados variaram de 12 a 100 mg dm⁻³, com média de 38 mg dm⁻³.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito residual de doses de potássio, aplicadas na cultura do sorgo, e de sistemas de manejo do solo, sobre a produção e teores de nutrientes na massa seca das folhas de cultivares de feijão caupi, em um Latossolo Amarelo da Amazônia Oriental.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área da Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA no período de junho/2008 a agosto/2008, em Latossolo Amarelo

distrófico (EMBRAPA, 2006), cujas características químicas e granulométricas, antes da instalação do experimento, são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Atributos químicos e granulométricos de um Latossolo Amarelo distrófico, antes da instalação do experimento.

Prof. (m)	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	V %	MO	Ag	Af g kg ⁻¹	Silte	Argila
0,0 - 0,1	4,8	65,7	0,4	2	2	45	8,9	14	477	336	91	96
0,1 - 0,2	4,8	67,8	0,1	2	2	44	8,5	12,4	472	337	95	96

O cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) foi realizado em sequência ao cultivo do sorgo, utilizando um delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2 x 3, com quatro repetições, em que os fatores foram quatro doses de potássio (50-tratamento controle, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) dois sistemas de manejo, Plantio direto (PD) e Plantio convencional (PC) e três cultivares de caupi (BR-milênio, BR-urubuquara e BR-guariba). A utilização do tratamento controle fazendo uso da dose de 50 kg ha⁻¹ de KCl se deveu a baixa concentração de K no solo (Tabela 3). Os três cultivares de caupi foram cultivados nas parcelas pré-definidas para os três híbridos de sorgo, sobre os resíduos da cultura (Figura 11).

No preparo inicial da área (cultivo do sorgo) no PC, o solo foi mobilizado utilizando-se grade-aradora e, concomitantemente, incorporaram-se os resíduos vegetais e 2.700 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 60%. No sistema PD, a calagem foi realizada com a aplicação do calcário em cobertura, após a dessecagem com herbicida (glifosate). A adubação básica, realizada no plantio da cultura do sorgo, constou de 200 kg ha⁻¹ de N (50% de uréia e 50% de sulfato de amônio), 50 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 30 kg ha⁻¹ de FTE-BR12. A adubação potássica, de acordo com os tratamentos, e a nitrogenada foram realizadas em duas etapas: a primeira (50%), por ocasião do plantio feita na linha, e a segunda (50% restante) trinta dias após a primeira, e realizada entre plantas, na linha de plantio, a uma profundidade aproximada de 3 cm. Na adubação nitrogenada, o sulfato de amônio foi o adubo primeiro a ser aplicado.



Figura 11 – Vista das parcelas com resíduos da cultura do sorgo onde foi realizado o plantio do feijão caupi.

As parcelas possuíam 4,0 m de comprimento por 1,5 m de largura, com quatro linhas de cultivo. Utilizou-se o espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,3 m entre plantas. A área útil de cada parcela constituiu-se das duas fileiras centrais, excluindo-se duas plantas de cada extremidade. Na área (Figura 12) de cada parcela foram cortadas a 10 cm acima da superfície do solo, cinco plantas ao acaso, e secadas em estufa de circulação forçada a 65 °C, para determinação do peso de massa seca da parte aérea. A partir do número de plantas das parcelas calculou-se a produção de massa seca da parte aérea por hectare. Do material seco em estufa foram coletadas amostras de folhas para análise do teor de N, P, K, Ca e Mg.



Figura 12. Área experimental com a cultura do feijão caupi.

As amostras de folhas foram submetidas à digestão nítrico-perclórica, determinando-se no extrato resultante os teores de P por colorimetria, K por

fotometria de chama, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o N pelo método semi-micro Kjeldahl, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A produtividade dos grãos foi determinada através da coleta das vagens das plantas da área útil das parcelas, retirados os grãos após secagem, e determinados o peso em kg ha^{-1} . A partir do peso médio dos grãos por planta, acrescentou-se à produção o valor correspondente as cinco plantas coletadas anteriormente. O peso seco peso foi ajustado a 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, comparando os sistemas de manejo e os cultivares pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5% de probabilidade, e estudos de regressão através do ajuste das equações em função das doses de potássio, utilizando programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito de interação das doses de KCl com sistema de manejo e com os cultivares, e de sistemas de manejo com cultivares, para produção de massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade de grãos e teores de K nas folhas. As doses de KCl influenciaram nos teores de N, K e Mg, efeito não observado para o P e Ca. Os sistemas de manejo exerceram efeitos significativos em todos os elementos, com exceção do Ca. Os cultivares de feijão caupi apresentaram teores dos macronutrientes diferentes. As interações entre os fatores sistemas de manejo e cultivares foram significativas para os teores de N e K. Com relação às interações entre as doses de KCl e manejo do solo e doses de KCl com cultivares, os efeitos foram significativos apenas para o K (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise de variância para o efeito de doses de KCl e sistemas de manejo, sobre a massa seca de parte aérea (MSPA), produtividade de grãos (PG) e teores de N, P, K, Ca e Mg no tecido foliar, de cultivares de caupi, cultivados em um Latossolo Amarelo.

Fonte de Variação	G.L.	MSPA	PG	N	P	K	Ca	Mg
Doses de KCl (D)	3	**	**	*	ns	**	ns	*
Sistema de Manejo (SM)	1	**	*	**	**	**	ns	**
Cultivares (C)	2	ns	**	**	**	**	**	**
D x SM	3	**	*	ns	ns	**	ns	ns
D x C	6	**	*	ns	ns	*	ns	ns
SM X C	2	**	**	*	ns	**	ns	ns
C.V (%)	-	8,41	16,22	9,54	16,43	15,59	22,34	21,05

* e ** - significativo ao nível de ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$) e não significativo (ns).

3.3.1 Massa seca de parte aérea

Os sistemas de manejo foram influenciados de forma diferente pelas doses de KCl (Figura 13a). No sistema PD a produção de MSPA foi maior em todas as doses em relação ao PC, exceto quando se utilizou 200 kg ha^{-1} de KCl. As equações de regressão que melhor representaram o efeito das doses de K sobre os sistemas de manejo, foram as polinomiais quadráticas. No PD a máxima eficiência técnica para produção de MSPA dos cultivares de caupi foi obtida com a dose de 158 kg ha^{-1} de KCl, resultando na produção de 1981 kg ha^{-1} . No PC a produção de 1943 kg ha^{-1} MSPA foi obtida com a dose equivalente a 182 kg ha^{-1} de KCl. A produção máxima obtida nos dois sistemas foi semelhante, no entanto no PD ela foi atingida com uma redução de 15% na quantidade de adubo.

O efeito das doses de KCl sobre a massa seca dos cultivares de caupi foi melhor representado por equações de regressão polinomial, com efeito significativo nos cultivares Milênio, Urubuquara e Guariba (Figura 13b). A máxima eficiência técnica foi obtida nas dosagens de 237, 148 e 175 kg ha^{-1} de KCl, para os cultivares Milênio, Urubuquara e Guariba, com produções equivalentes a 1.894, 2.140 e 1.903 kg ha^{-1} de MSPA, respectivamente. A resposta positiva do feijão-caupi ao emprego do potássio pode ser atribuída à maior acumulação do nutriente no solo pelo efeito

residual da aplicação na cultura antecessora e pela lavagem do nutriente dos resíduos vegetais da cultura do sorgo que permaneceram na superfície (PERIN; GUERRA; TEIXEIRA, 2003).

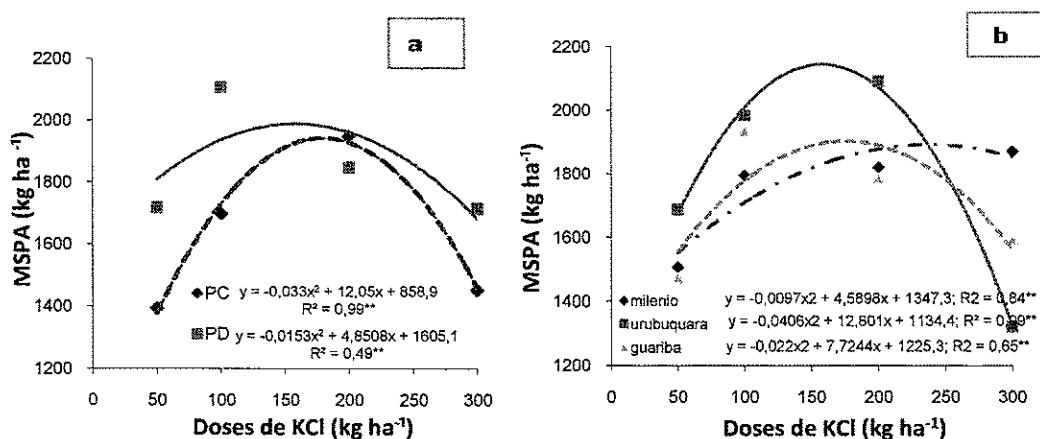


Figura 13 - Massa seca da parte aérea (MSPA) de três cultivares de caupi (a) sob plantio convencional (PC) e plantio direto (PD) (b), em razão de doses de KCl, em um Latossolo Amarelo. Cultivares Milênio (●), Urubuquara (■) e Guariba (○). ** e * - significativo a 1 e 5%, respectivamente.

Os cultivares Milênio e Guariba apresentaram maior produção de MSPA no sistema PD, enquanto que o Urubuquara não sofreu influência dos sistemas de manejo (Figura 14). No PC, o Urubuquara apresentou maior produção sem diferir, entretanto, da produção obtida no PD.

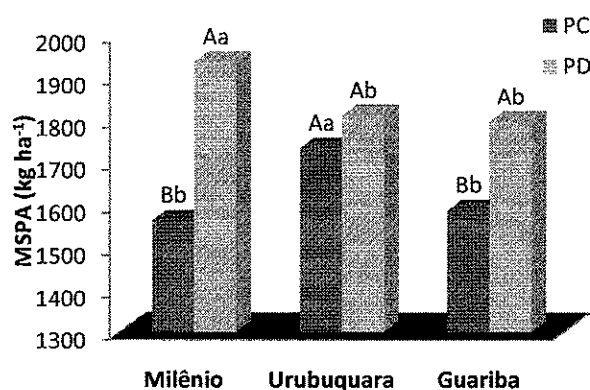


Figura 14 - Massa seca da parte aérea (MSPA) do feijão caupi em função da interação dos sistemas de manejo com os cultivares. Letras maiúsculas comparam os cultivares entre sistemas e letras minúsculas dentro de cada sistema.

3.3.2 Produtividade de grãos

A produtividade máxima de grãos atingida no PC, foi de 1387 kg ha⁻¹, com a utilização de 145 kg ha⁻¹ de KCl. Esse comportamento mostra que as doses de K estabelecidas nos tratamentos foram adequadas para o estudo, já que houve incremento significativo com as doses iniciais, passando por um pico máximo e decrescendo na dose mais elevada.

A equação que melhor representou o efeito das doses de potássio sobre a produtividade do caupi no PD, foi a linear decrescente, ou seja, redução na produtividade à medida que aumentaram as doses (Figura 15a). Embora o melhor ajuste para a equação tenha sido linear decrescente, na dose de 100 kg ha⁻¹ a produção foi 5% maior que na dose de 50 kg ha⁻¹ e 18% maior na dose de 200 kg ha⁻¹.

Para o desenvolvimento normal do feijão-caupi, a quantidade de K considerada crítica para a cultura está entre 20 e 40 kg ha⁻¹ (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005). Embora as concentrações de K, de acordo com as análises químicas do solo, sejam baixas, as doses de KCl utilizadas na pesquisa proporcionaram altas produtividades, o que possivelmente esteja relacionada à eficiência das leguminosas em absorver, em condições favoráveis, quantidades significativas de potássio (ROSOLEM, 1996) e aos resíduos da cultura antecessora.

Os efeitos da interação doses de K com os cultivares na produção de grãos, foram significativos para o Urubaquara e Gauriba (Figura 15b). Para o cultivar Urubaquara, o ajuste se deu através de uma equação de regressão polinomial quadrática, em que a dose de 125 kg ha⁻¹ proporcionou uma produção de grãos de 1350 kg ha⁻¹. Para o cultivar Guariba, o melhor ajuste foi linear, observando-se redução na produção com o aumento das doses. Apesar do ajuste linear decrescente para este cultivar, a produtividade de grãos na dose de 100 kg ha⁻¹ foi 10% superior à dose de 50 kg ha⁻¹ e 18% aquela atingida por 200 kg ha⁻¹. A redução da produtividade de grãos com doses de KCl acima daquelas responsáveis pelas máximas produtividades, indica que o excesso de K pode prejudicar o rendimento da planta, possivelmente, em consequência direta do seu efeito antagônico sobre

outros cátions (CARNICELLI et al., 2000). O efeito antagônico reduz a absorção de outros cátions, isso é, exerce forte efeito competitivo sobre os nutrientes Ca, Mg, N e P, influenciando de forma negativa o desenvolvimento fisiológico das plantas e a produção de vagens e de grãos. Esse comportamento mostra que as doses de K estabelecidas nos tratamentos iniciais com o sorgo foi adequada para o estudo, já que houve incremento significativo com as doses iniciais, passando por um pico máximo e decrescendo nas doses mais elevadas.

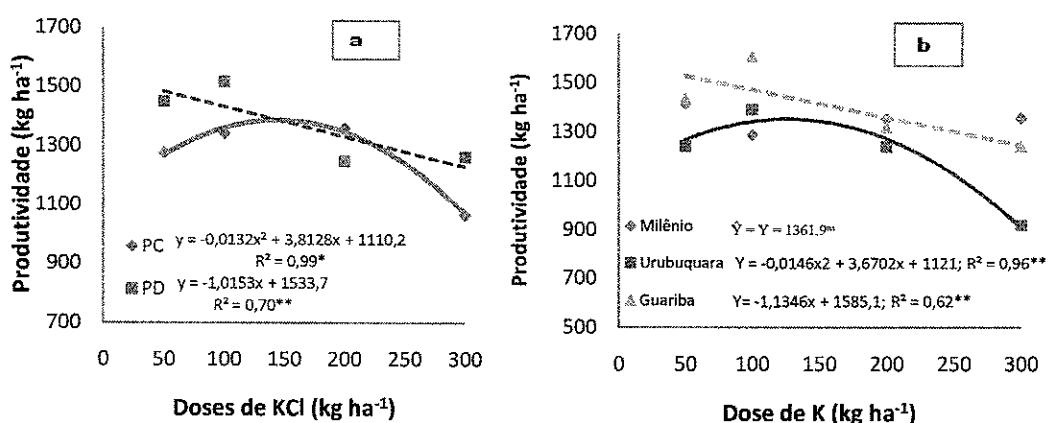


Figura 15 - Produtividade do feijão caupi em função das interações das doses de K com o manejo do solo e cultivares (milênio, urubuquara e guariba).

Na interação dos sistemas de manejos com os cultivares, a maior produtividade dos grãos foi observada no cultivar Guariba, no PD, sendo esta 17% e 27% superior aos cultivares Milênio e Urubuquara, respectivamente, que não diferiram entre si. A produtividade dos cultivares Urubuquara e Milênio não foi alterada pelo sistema de manejo do solo (Figura 16). A maior produtividade de feijão caupi no PC foi obtida com o cultivar Milênio. Os cultivares Urubuquara e Guariba apresentaram médias de produtividades inferiores em 12% e 15% a produtividade do cultivar Milênio.

A produtividade de grãos de caupi para os cultivares Milênio e Urubuquara foi semelhante às encontradas por Freire Filho et al. (2009), no PC, nos municípios de Traquateua e Augusto Corrêa (PA), cujas médias foram de 1399 e 1277 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses autores, trabalhando com os mesmos cultivares nos municípios de Teresina/PI e Brejo/MA obtiveram produtividades de 661 e 1072 kg

ha⁻¹, inferiores às encontradas no estudo. Por outro lado, a produtividade média da região é de 850 kg ha⁻¹ (PARÁ.SAGRI/2010), bem inferior a obtida neste trabalho, sugerindo que com a melhoria da fertilidade do solo e do sistema de manejo a cultura do caupi pode apresentar altos ganhos de produtividade. Em condições nutricionais adequadas os cultivares expressam o potencial máximo produtivo (GUALTER et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2000).

A produtividade dos cultivares de caupi nos sistemas de manejo, só apresentaram diferenças significativas para o cultivar Guariba, com maior produção no PD, com 1590 kg ha⁻¹ em relação ao PC (1187 kg ha⁻¹) (Figura 16). O cultivar Milênio mostrou maior resposta (1383 kg ha⁻¹) no sistema convencional do solo, enquanto a produção do Urubuquara (1242 kg ha⁻¹) e o Guariba (1175 kg ha⁻¹), porém não mostraram diferenças significativas entre si. Em trabalhos realizados com feijão caupi, Olaoye (2002), obteve menor produtividade de feijão caupi em PC, em relação ao PD. Este autor atribuiu o fato ao aumento na densidade do solo, provocado pela compactação devido às operações de cultivo, reduzindo o conteúdo de água e aumentando a resistência do solo a penetração. Dauda e Samari (2002) verificaram que o aumento no tráfego de máquinas em área de cultivo diminuiu a produção de caupi de 1.200 para 550 kg ha⁻¹ de grãos.

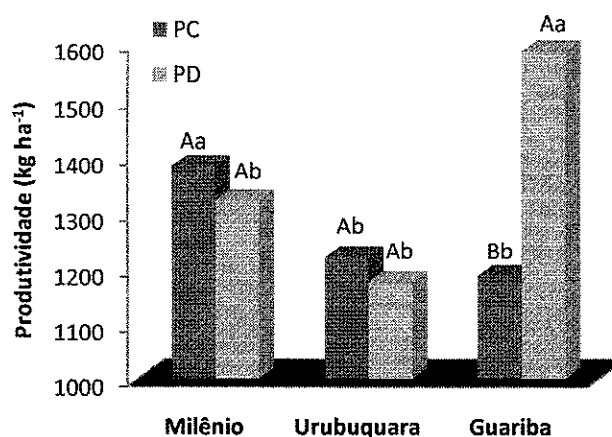


Figura 16 - Produtividade do feijão caupi em função da interação dos sistemas manejo com os cultivares. (As letras maiúsculas comparam os cultivares nos sistemas e letras minúsculas dentro de cada sistema).

3.3.3 Teores de macronutrientes nas folhas

Os teores de N e K, considerando a média entre os cultivares, uma vez que não houve diferenças entre eles, em razão das doses de KCl aplicadas, apresentaram comportamento quadráticos, enquanto que os teores de Mg se ajustaram ao modelo linear decrescente (Figura 17).

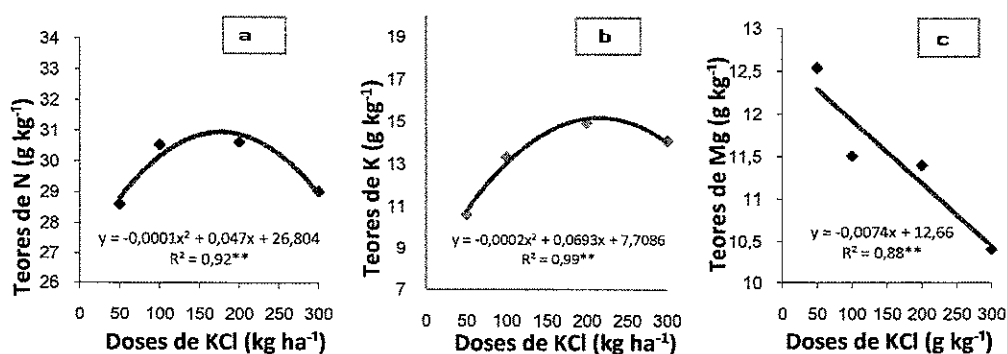


Figura 17 – Teores de N, K e Mg no tecido de folhas de caupi em função das doses de potássio.

A dose máxima que proporcionou maiores teores de N nas folhas de caupi foi de 177 kg ha⁻¹ de KCl (Figura 17a). Para os teores de K essa dose foi de 215,6 kg ha⁻¹ de KCl, havendo redução no teor destes elementos com o aumento das doses de potássio a partir dessa dosagem (Figura 17b). Os teores de Mg apresentaram um comportamento linear decrescente, ou seja, reduzindo com o aumento das doses de KCl (Figura 17c).

Os teores de N, K e Mg nas folhas estão acima dos valores considerados adequado para a espécie (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Vesterager; Nielsen e Jensen (2008), verificaram que mesmo o solo apresentando baixo teor de N, a cultura compensa o teor do elemento através da fixação biológica do nitrogênio (FBN), corroborando com (GUALTER et al., 2008), segundo o qual, o fornecimento de N para o caupi se dá principalmente pela FBN, através da associação simbiótica com bactérias nativas. O teor de potássio esteve acima do teor crítico sugerido para

essas culturas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), o que explica a redução no teor de magnésio, o que pode ser atribuído ao antagonismo entre esses elementos já que eles competem pelos mesmos sítios de absorção nas raízes (MASCARENHAS et al., 2000; OLIVEIRA; CARMELO; MASCARENHAS, 2001).

Os teores de potássio sofreram influência da interação entre sistemas de uso e doses de potássio, com o PC ajustando-se ao modelo linear crescente de regressão, enquanto que no PD o melhor ajuste foi uma equação polinomial quadrática (Figura 18a).

Os teores foliares de K das plantas de feijão caupi foram influenciados pela interação entre as doses de KCl e os cultivares. Os valores observados no Milênio e no Guariba ajustaram-se melhor ao modelo quadrático, no Urubuquara esses teores ficaram melhor ajustados ao modelo linear crescente (Figura 18b). Ambas as cultivares são originadas na mesma região, assim as diferenças podem ser justificadas mais por variações de genótipo. Assim, haveria uma resposta diferenciada dos três cultivares na presença de potássio, evidenciando que a cultivar Urubuquara tem maior capacidade de crescimento ou de acumulação de biomassa sob condições de doses elevadas de KCl.

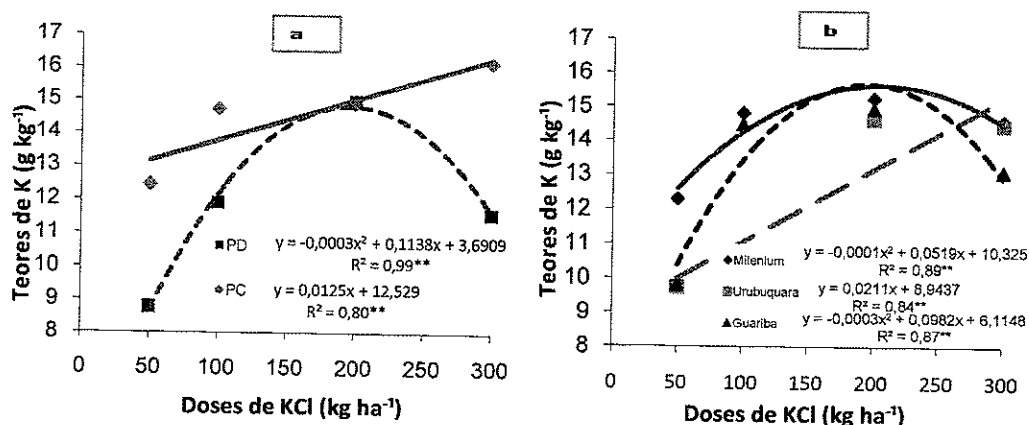


Figura 18 - Teores K no tecido de folhas de caupi em função da interação das doses de potássio com os sistemas de uso do solo (a) e com os cultivares (b).

Os maiores teores de N e K no tecido foliar do feijão caupi foram encontrados no PD, diferentemente do P e do Mg que apresentaram maiores teores no PC. Os teores de Ca não apresentaram diferenças entre os sistemas de uso estudados (Figura 19). No PD a mineralização da matéria orgânica se dá de forma mais lenta, resultando em menor intensidade de liberação de N e K ao solo, promovendo a liberação gradativa para as culturas, conseqüentemente, menor perda por lixiviação (SILVA; CAMARGO; CERETTA, 2000). Segundo Epstein e Bloom (2006) após a senescência das plantas, o K rapidamente retorna à solução do solo, se tornando disponível às plantas. A rápida saída do K dos resíduos vegetais para o solo e a sua perda com a enxurrada também foi confirmada por Rosolem, Calonego e Foloni (2003). Klepker e Anghinoni (1995) verificaram o aumento nos teores de K no solo, próximo à base dos caules do milho, em razão da lavagem do nutriente da parte aérea das plantas senescentes, no final do ciclo da cultura. Com isso, as quantidades de K na parte aérea das plantas de cobertura podem constituir uma fonte expressiva do nutriente para culturas subseqüentes (ROSOLEM et al., 2006).

Pela sua baixa mobilidade e o revolvimento do solo, os teores P tendem a apresentar resposta mais imediata no PC. No PD a liberação do P é lenta e gradativa e localiza-se nas camadas mais superficiais do solo.

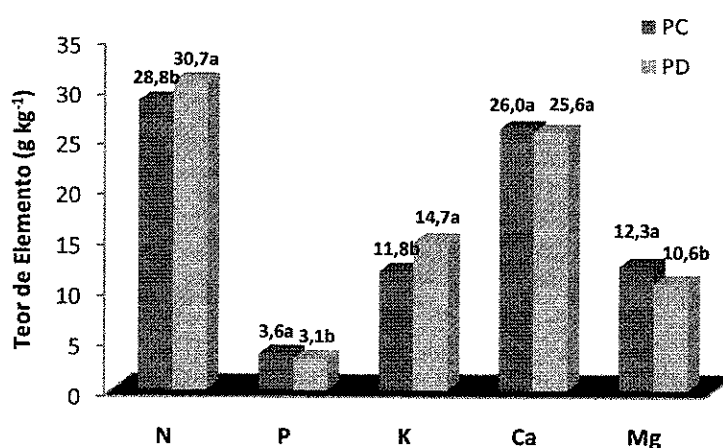


Figura 19 - Teores de N, P, K, Ca e Mg no tecido de folhas de caupi cultivado em diferentes sistemas de manejo de solo. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK a 5%.

Os teores de N e K foram maiores no PD com os cultivares Urubuquara e Guariba, não havendo diferenças entre os sistemas para o Milênio (Figuras 20a e 20c). Para os teores de P, o PC apresentou maiores valores nos três cultivares (Figura 20b). Não houve diferença significativa entre os sistemas, para as três cultivares de caupi, em relação aos teores de Ca (Figura 20d). Os teores de Mg foram maiores no PC para os cultivares Milênio e Guariba, enquanto que para o cultivar Urubuquara esses teores foram iguais estatisticamente (Figura 20e). O comportamento das cultivares de caupi pode estar relacionado à grande variabilidade genética existente na espécie. Essa ampla variabilidade genética do feijão-caupi, o torna possuidor de uma grande versatilidade. No entanto, comparado a outras culturas, tem seu potencial genético ainda pouco explorado. A caracterização da diversidade morfológica e agronômica torna-se importante porque fornece uma série de informações a respeito da variabilidade genética de cada material estudado. Esses estudos auxiliam na caracterização de germoplasma, possibilitando avanços na descrição da diversidade genética entre linhagens (TORRES et al., 2008).

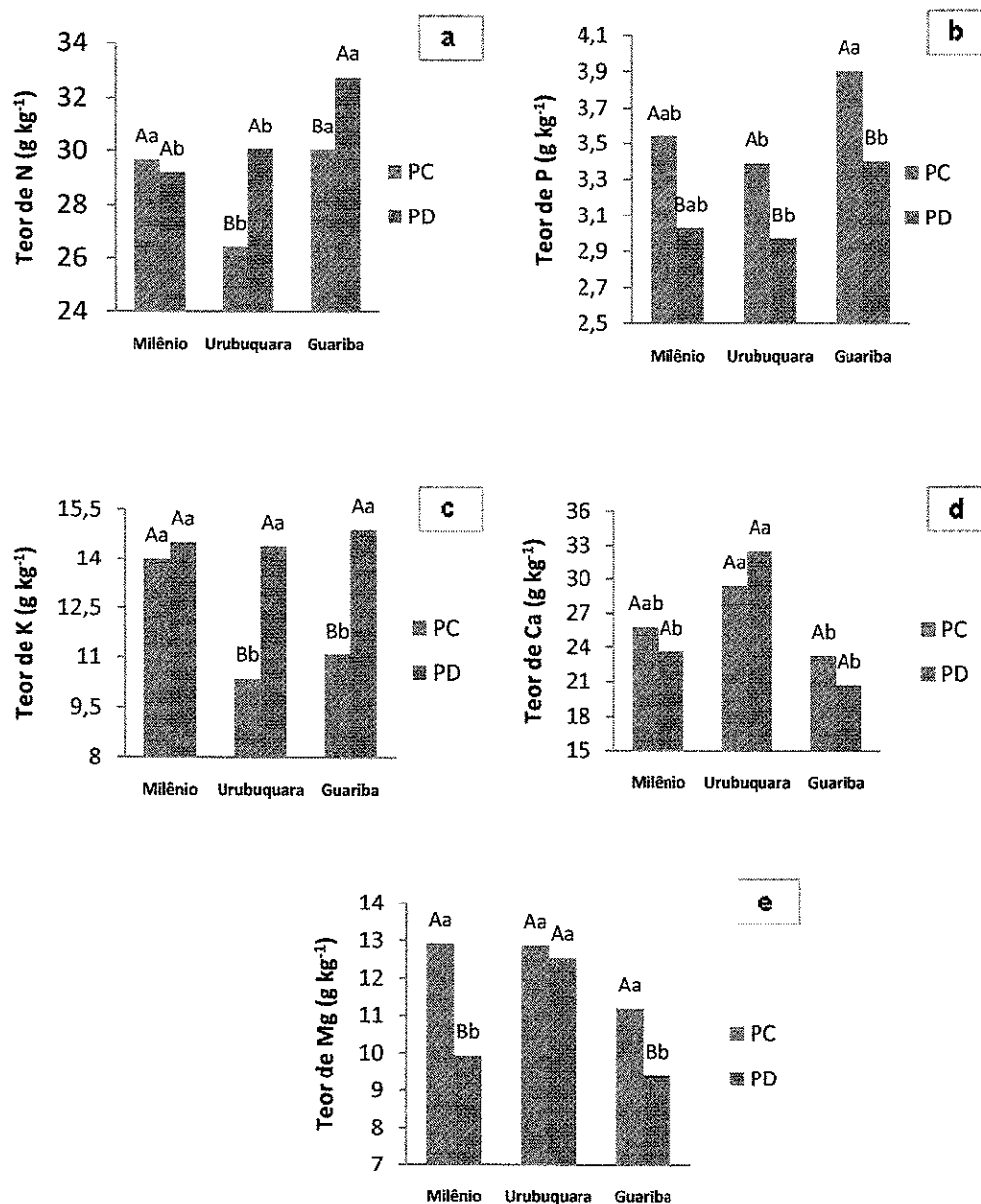


Figura 20 - Teores de macronutrientes no tecido foliar de cultivares de caupi em diferentes sistemas de manejo de solo. Médias seguidas de letras maiúsculas nas colunas comparam cada cultivar nos sistemas e minúsculas as cultivares dentro sistemas, diferem estatisticamente entre si, pelo teste SNK a 5%.

3.4 CONCLUSÃO

O feijão caupi apresentou alta produtividade quando cultivado após a cultura do sorgo. A maior produtividade foi observada no sistema plantio direto, com o cultivar Guariba.

A maior produtividade de grãos no plantio convencional foi obtida com a dose máxima de 145 kg há^{-1} . No plantio direto, houve redução na produção com o aumento das doses de KCl.

Os teores de N e K foram maiores no sistema com plantio direto. P e Mg no sistema de plantio convencional. Os teores de Ca não foram influenciados pelos sistemas de manejo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J.P.P.; WATT, E.E. **O caupi no Brasil**. Brasília: Embrapa-CNPAF, 1988. 722 p.

CARDOSO, M.J.(Org.). **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio- Norte, 2000 (Embrapa Meio-Norte, Circular Técnica, 28) 264p.

CARNICELLI, J.H; PEREIRA, P.R.G.; FONTES, P.C.R.; CAMARGO, M.I. Índices de nitrogênio na planta relacionados com a produção comercial de cenoura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.808-810, p.8, 2000. Suplemento.

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J. Atributos físico-químicos e limitações dos solos de áreas produtoras de Feijão-caupi no nordeste do Estado do Pará. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. **Resumos....**Recife: SNCS, 2005. 1 CD-ROM.

DAUDA, A.; SAMARI, A. Cowpea yield response to soil compaction under tractor traffic on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, v. 68 p.17-22, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 403p.

ERNANI,P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARRUTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007. p.551-594.

FERREIRA, D.F. **SISVAR**: sistema de análise de variância. Versão 5.0. Lavras: UFLA/DEX, 2007.

FREIRE FILHO, F.R.; CRAVO, M.S.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; CASTELO, E.O; BRANDÃO, E.S.; BELMINO, C.S.; MELO, M.I.S. BRS Milênio e BRS Urubuquara: cultivares de feijão-caupi para a região Bragantina do Pará. Teresina,

EMBRAPA-CPAMN. (Comunicação). **Revista Ceres, Viçosa**, v.56, n.6, p.749-752, nov/dez, 2009

GUALTER, R.M.R.; LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; ALCANTARA, R.M.C.M.; COSTA D.B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, v.9, n.4, p.469-474, 2008.

KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G; MOTERLE, D.F.; RHEINHEIMER, D.S. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1003- 1010, 2007.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **R. Bras. Ci. Solo**, v.19, p.395-401, 1995.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. . **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; CARMELLO, Q.A.C.; GALLO, P.B.; AMBROSANO, G.M.B. Calcário e potássio para a cultura de soja. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.445-449, 2000.

MATOS FILHO, C.H.A.M.; GOMES, R.L.F.; ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, A.C.A. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**, v.30, n.2, p.348-354, 2009.

MELO, F.B.; CARDOSO, M.J.; SALVIANO, A.A.C. Fertilidade do solo e adubação. In: _____. **Feijão-Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Meio-norte, 2005. p. 228-242.

OLAOYE, J.O. Influence of tillage on crop residue cover, soil properties and yield components of cowpea in derived savannah ectones of Nigeria. **Soil & Tillage Research**, v.64, p.179-187, 2002.

OLIVEIRA, A.P.; ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.; BRUNO, G.B. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.2. p.102-108, 2000.

OLIVEIRA, A.P.; ARAÚJO, J.S.; ALVES, E.U.; NORONHA, M.A.S.; CASSIMIRO, C.M.; MENDONÇA, F.G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.1, p.81-84, 2001.

OLIVEIRA, A.P.; SOBRINHO, J.T.; NASCIMENTO, J.T.; ALVES, A.U.; ALBUQUERQUE, I.C.; BRUNO, G.B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p.180-182, 2002

OLIVEIRA, F.A.; CARMELLO, Q.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, v.58, n. 2, p.329-335, 2001.

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

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 2002

PRODUÇÃO DE FEIJÃO CAUPI 2010. Secretaria de Agricultura-Pa (SAGRI). Disponível em: www.sagri.pa.gov.br. Acesso em 05 de agosto de 2010.

ROSOLEM, C. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 353-390.

_____; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.355-362, 2003.

_____; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesq. Agrop. Bras., Brasília**, v.41, n.6, p.1033-1040, 2006.

SANTANA, A.C.; SANTOS, M.A.S. O Mercado de Caupi no Estado do Pará: Aplicação do método dos momentos generalizados. **Revista de Ciências Agrárias**, n.34, p.47-58, 2000.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: Fundamentos de Química do Solo./ Egon J. Meurer, editor - Porto Alegre: Gênese, 2000.

TORRES, S.B.; OLIVEIRA, F.N.; OLIVEIRA, R.C.; FERNANDES, J.B. Produtividade e morfologia de acessos de caupi, em Mossoró, RN. **Horticultura Brasileira**, v.26, n. 4, p. 537-539, 2008.

VALENTE, M.A.; RODRIGUES, T.E.; SILVA, J.M.L.; SANTOS, P.L.; CARVALHO, E. J.M.; GAMA, J.R.N.F.; ROLLIM, P.A.M.; SILVA, E.S.; PEREIRA, I.C.B. **Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Irituia, Estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, 2001. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos 124).

VESTERAGER, J.M.; NIELSEN, N.E.; JENSEN, H.H. Effects of cropping history and phosphorus source on yield and nitrogen fixation in sole and intercropped cowpea–maize systems. **Nutr Cycl Agroecosyst**, v.80, p.61-73, 2008.

4 PRODUÇÃO E TEOR DE NUTRIENTES DO CAPIM-MARANDU, CULTIVADO EM SUCESSÃO DE CULTURAS, EM RAZÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO

RESUMO

O Brasil destaca-se no cenário mundial, por ser atualmente o maior exportador de carne bovina e apresentar o maior rebanho comercial do mundo. As pastagens cultivadas e com elevada produtividade tornam-se indispensáveis, pois são a principal fonte de alimentação dos bovinos e também, a de menor custo. O uso e manejo inadequados das pastagens e dos solos sob estas culturas têm levado a degradação de extensas áreas cultivadas na Amazônia e, conseqüentemente, ao aumento dos desmatamentos devido a expansão expressiva da atividade pecuária na região. Uma alternativa importante para recuperação destas áreas degradadas é a utilização da integração lavoura-pecuária. O trabalho teve como objetivo avaliar a produção de massa seca da parte aérea, altura do dossel e teores de nutrientes no tecido vegetal da *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu, em resposta ao resíduo de doses de potássio, aplicadas na cultura do sorgo, no sistema de integração lavoura-pecuária. O experimento foi conduzido no entre novembro de 2007 e abril de 2009, em área do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, em Belém (PA). O capim-marandu foi cultivado após as culturas do sorgo (*Sorghum bicolor*) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos de quatro doses de KCl (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) e dois sistemas de manejo (plantio convencional e plantio direto). Os resíduos das doses de potássio aumentaram a massa seca da parte aérea do capim-marandu, cuja dose que promoveu a máxima eficiência econômica foi de 163 kg ha⁻¹ de KCl, para uma produção de massa seca de 2287 kg ha⁻¹. No sistema plantio direto observou-se maior produção de massa seca da parte aérea do capim-marandu (2645 kg ha⁻¹), quando comparado ao plantio convencional (1927 kg ha⁻¹). Apenas o P, de forma quadrática, e o K, linear crescente, foram influenciados pelas doses de KCl utilizadas.

Palavras chaves: *Brachiaria brizantha*, massa seca, área degradada, lavoura e pecuária.

ABSTRACT

Brazil is known in the world scenario as the greatest exporter of bovine meat as well as to have the largest herd. Thus, grasses fields well cultivated and with high productivity are pivotal due to the fact that it is the main source of food for the herd. The miss use of it and the soil under it are causing degradation in big areas of grasses in the Amazon, moreover there is a rising in deforestation due to the search for new areas of grasses for the herd. An alternative for the recovery of these areas is the use of crop-livestock integration. This study aimed to assess the dry mass production of the aerial part, the dossel height, and the amount of nutrients in the vegetal tissue of *Brachiaria brizantha*. cv. Marandu, as a response to the residual amount of potassium used in the sorghum. This study was conducted at UFRA from November 2007 to April 2009 at Ufra, Belem, Para State. The marandu grass was cultivated in the same areas were had been cultivated initially sorghum (*Sorghum bicolor*) and caupi bean (*Vigna unguiculata*). The experiment design used was the randomized blocks in a factorial 4x2 with four repetitions. The factors adopted were four amount of potassium (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de KCl) and two different soil management systems; minimum tillage and conventional. The residual potassium in the soil raised the amount of dry mass of the aerial part. Amongst the treatments the use of 163 kg ha⁻¹ of KCl proved to be the most economically efficient with a production of 2287 kg ha⁻¹ of dry mass. The minimum tillage system was more productive (2645 kg ha⁻¹) in terms of dry mass production in comparison with the conventional system (1927 kg ha⁻¹). Only the P in the quadratic form, and the K were influenced by the amount of KCl used.

Key words: *Brachiaria brizantha*, dry mass, degraded area, crop-livestock.

4.1 INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal, cuja área é de 5,2 milhões de km², possuía até 2007 uma área cumulativa desmatada correspondente a 691.123 km², o equivalente a cerca de 17,2% de toda a floresta Amazônica brasileira. Cerca de 80% da área desmatada tem sido utilizada com pastagens plantadas e estima-se que metade desta área esteja degradada e em alguns casos, abandonada (Dias-Filho e Andrade, 2006).

Nos últimos anos, as crescentes pressões pela diminuição do desmatamento, o aumento no nível de conscientização de governantes, técnicos, produtores e da sociedade em geral com as questões ambientais, aliadas a maior disponibilidade de tecnologia para o aumento da produtividade das pastagens, dentre outras causas, têm levado a mudanças nesse paradigma de produção (BARROS et al., 2002; DIAS-FILHO; SERRÃO; FERREIRA, 2008). Dessa forma, um número crescente de produtores vem buscando mais eficiência por meio do aprimoramento das técnicas de produção, visando o aumento da capacidade de suporte e longevidade das pastagens e da recuperação de pastos improdutivos, em detrimento da expansão das áreas de pastagens obtida pela abertura de novas áreas.

A integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas consiste no plantio de culturas anuais nessas áreas, em sistema de rotação ou de consórcio com as forrageiras. A integração dos sistemas de produção de grãos e pecuária tem se constituído numa opção viável para aumentar a produtividade e diversidade da propriedade rural, recuperar pastagens degradadas e reduzir os riscos de degradação (KLUTHCOUSKI et al. 2004; SANZ et al. 2004; VILELA, BARCELLOS e SOUSA 2001; 2001; ZIMMER et al. 2004). Um dos principais objetivos dessa prática, além de restabelecer a produtividade ideal da pastagem, é viabilizar economicamente o processo de renovação da pastagem degradada, amortizando parte dos custos de recuperação, por meio da comercialização da produção da cultura anual.

O processo de degradação da pastagem é fenômeno complexo que envolve causas e consequências primárias e secundárias, que levam à gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem, afetam a produção e o desempenho animal,

causando a degradação do solo e dos recursos naturais, em função de manejos inadequados (DIAS-FILHO, 2005).

De acordo com Mielniczuk (2005), a maior parte das pesquisas de fertilidade de solo no Brasil foi desenvolvida com preparo convencional do solo (aração e gradagem), sendo necessário rever muitos conceitos, em virtude da rápida evolução do sistema plantio direto. Neste sentido, estudos desenvolvidos na integração lavoura-pecuária são escassos ou inexistentes envolvendo a adubação potássica, independente do sistema de manejo do solo.

Espera-se que o não revolvimento do solo e os resíduos das culturas anteriores proporcionem uma maior concentração de K na camada superficial do solo, devido a maior ciclagem e menor perda do nutriente, favorecendo o capim-marandu cultivado em sucessão.

O trabalho teve como objetivo avaliar a produção de massa seca da parte aérea e teores de nutrientes no tecido vegetal da *Brachiaria brizantha*. cv. Marandu, em resposta a adubação potássica aplicadas na cultura do sorgo, no sistema de integração lavoura-pecuária.

4.2 MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido no período compreendido entre novembro de 2007 a abril de 2009, no Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, localizada no município de Belém (PA), apresentando como coordenadas geográficas 048° 26'28" de longitude Oeste de Greenwich e 01° 27' 9" de latitude Sul, com altitude de 13 metros.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Af com temperatura média anual de 26 °C, com alta pluviosidade, sendo a média

de 2.754,4 mm, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993).

As médias mensais de variações de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental são apresentadas na Figura 2.

Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 - 0,1 m e 0 - 0,2 m, para realização de análise química e granulométrica e o cálculo da necessidade de calagem. A área total foi de 900 m², a qual foi subdividida em duas áreas de manejo, ou seja, a primeira cultivada no sistema convencional (PC), através de grade niveladora e a segunda com plantio direto (PD). As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Atributos do solo nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m antes da instalação dos experimentos.

Prof. (m)	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg	H+Al	V %	MO	Ag	Af g kg ⁻¹	Silte	Argila
0,0 - 0,1	4,8	65,7	0,4	2	2	45	8,9	14	477	336	91	96
0,1 - 0,2	4,8	67,8	0,1	2	2	44	8,5	12,4	472	337	95	96

A *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv Marandu foi cultivada no sistema de integração lavoura-pecuária, iniciado com o cultivo do sorgo (*Sorghum bicolor*), seguido do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os fatores foram constituídos de quatro doses de KCl (50-tratamento controle, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) e dois sistemas de manejo, plantio convencional e plantio direto (Figura 21). A utilização do tratamento controle fazendo uso da dose de 50 kg ha⁻¹ de KCl se deveu a baixa concentração de K no solo (Tabela 5), muito abaixo do nível crítico para as culturas.



Figura 21- Área experimental cultivada com braquiária no sistema plantio direto (a) e convencional (b).

Na área experimental de PC o solo foi mobilizado utilizando-se grade-aradora e, concomitantemente, incorporaram-se 2.500 kg ha^{-1} de calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 60% e corrigir a acidez do solo. No sistema de PD não houve operação de mobilização do solo, sendo a calagem realizada com a aplicação do calcário superficialmente, após a aplicação do herbicida de pós-emergência glifosate na vegetação espontânea. A adubação básica, realizada no plantio da cultura do sorgo, constou de 200 kg ha^{-1} de N (50% de uréia e 50% de sulfato de amônio), 50 kg ha^{-1} de superfosfato triplo e 30 kg ha^{-1} de FTE-BR12. A adubação potássica, de acordo com os tratamentos, e a nitrogenada foram realizadas em duas etapas: a primeira (50%), por ocasião do plantio, feita na linha, e a segunda (50% restante) trinta dias após a primeira, e realizada entre plantas, na linha de plantio, a uma profundidade aproximada de 3 cm. No cultivo do feijão-caupi, que antecedeu a brachiaria, assim como no cultivo da braquiária não houve adubação.

Semeou-se o Capim-Marandu após a cultura do feijão-caupi (Figura 22), utilizando-se as parcelas cultivadas com as culturas do sorgo e do caupi.

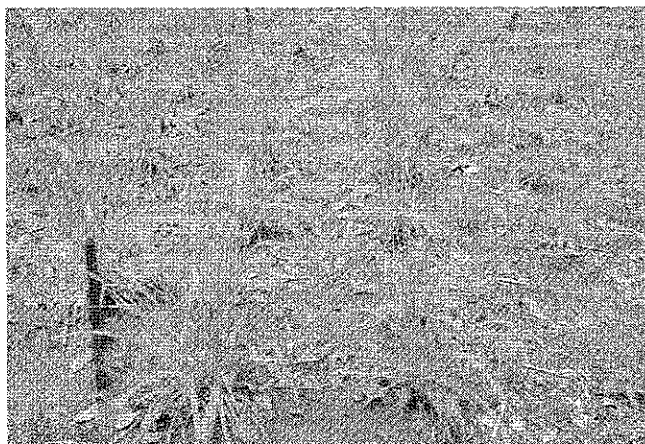


Figura 22 – Capim marandu implantado em resíduos da cultura do feijão

As parcelas mediram 4,0 m de comprimento por 1,5 m de largura, com quatro linhas de cultivo. Utilizou-se o espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,3 m entre plantas. A área útil de cada parcela constituiu-se das duas fileiras centrais, excluindo-se 0,5 m de cada extremidade. Na área de cada parcela foi coletada, acima de 10 cm da superfície do solo, a parte aérea das plantas com a utilização de um quadrado de 0,25 m² de área interna, que foi arremessado, ao acaso, na área útil de cada parcela, por duas vezes, coletando-se todas as plantas contidas no quadrado. As plantas foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C, até massa constante. Após a secagem do material, foi realizado o cálculo da massa seca por parcela e posteriormente para kg ha⁻¹.

Amostras do material seco em estufa, foi triturado em moinho tipo willey para análise dos teores de N, P, K, Ca e Mg. Estes foram submetidos à digestão nítrico-perclórica, determinando-se no extrato resultante os teores de P por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca e Mg por espectrofotometria e o N determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Foi avaliada a altura das plantas, massa seca da parte aérea da forrageira e teores de N, P, K, Ca e Mg, contido no tecido vegetal.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5% de probabilidade. Foi realizado estudos de regressão, ajustando as equações para expressar adequadamente o comportamento das variáveis em função das doses de potássio aplicadas. Para

obtenção dos resultados, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para as variáveis, massa seca da parte aérea (MSPA), teores de fósforo e de potássio em função das doses de K aplicados. A MSPA, altura do dossel, teores de fósforo, cálcio e magnésio foram influenciadas pelos sistemas de manejo adotados. Não ocorreu efeito significativo na interação das doses de K com sistemas de manejo para nenhuma das variáveis (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para o efeito de doses de potássio em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em sistemas de manejo (plantio convencional e plantio direto), sobre a matéria seca de parte aérea (MSPA), altura do dossel e teores de N, P, K, Ca e Mg.

Fonte de Variação	G.L.	MSPA	Altura do dossel	N	P	K	Ca	Mg
Doses de K (D)	3	4,63 [~]	1,42 ^{ns}	0,04 ^{ns}	5,01 ^{~~}	4,01 [~]	0,21 ^{ns}	0,72 ^{ns}
Sistema de Manejo (S.M)	1	47,53 ^{***}	17,9 ^{~~}	0,71 ^{ns}	0,03 [~]	3,60 ^{ns}	11,78 ^{~~}	10,61 ^{~~}
D. x S.M.	3	1,34 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,91 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,06 ^{ns}	2,71 ^{ns}	2,54 ^{ns}
C.V (%)	-	12,88	8,50	11,9	11,24	30,11	16,28	25,61
Média		2 285,66	0,81	20,51	4,47	15,28	3,58	8,96

Valores de F. ns – não significativo. * e ** - significante ao nível de (P<0,05) e (P<0,01).

4.3.1 Massa seca de parte aérea

Os resíduos das doses de potássio aplicados na cultura do sorgo provocaram variação significativa para a massa seca da parte aérea (MSPA) do capim-marandu, com ajuste dos resultados ao modelo quadrático de regressão (Figura 23). A produção máxima de 2541 kg ha⁻¹ de massa seca foi atingida com a dose de 163 kg ha⁻¹ de KCl. Contudo, a dose para a máxima eficiência econômica foi de 147 kg ha⁻¹ de KCl para uma produção de 2287 kg ha⁻¹, considerando-se esta 90% da produção

máxima atingida. Em estudos com doses de N e K, Rodrigues et al. (2008), trabalhando em casa de vegetação com Latossolo Vermelho observaram, para as doses de K, produção máxima para o sorgo com 120 kg ha^{-1} . Mattos e Monteiro (1998) em estudo com *Brachiaria brizantha* sob doses de K em solução nutritiva, observaram que a produção de MSPA das plantas apresentou uma relação quadrática entre o potássio fornecido e a produção alcançada. No entanto, a máxima produção de MSPA observada por esses autores, foi verificada entre as doses de 220,8 e $241,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de KCl.

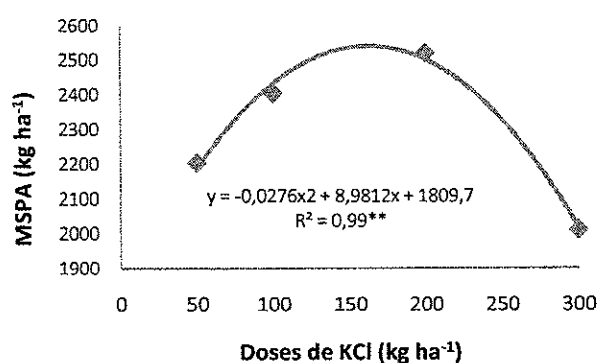


Figura 23 - Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) do capim-marandu em função de doses de potássio (K).

A produção de MSPA do capim marandu foi maior no PD do que no PC (Figura 24), cuja superioridade atingiu 37%. Este resultado pode estar relacionado com a melhor condição físico-química do solo proporcionado pelos resíduos das culturas anteriores. Segundo Hernani et al., (1995), o mínimo de movimentação do solo causado pelo PD possibilita o melhor aproveitamento de adubos minerais diminuindo as perdas por lixiviação e volatilização que irão repercutir na fertilidade do solo e na eficiência do uso de fertilizantes. Estudos como os Torres et al. (2005), Espíndola et al. (2006), Boer et al. (2007), Gama Rodrigues et al. (2007) e Torres et al. (2008) conduzidos em diferentes condições edafoclimáticas, têm demonstrado os efeitos benéficos proporcionados pelos diferentes tipos de cobertura e de seus resíduos deixados sobre o solo, nos seus atributos químicos, físicos e no rendimento das culturas que posteriormente são cultivadas. Estas alterações são decorrentes da

produção de massa seca, acúmulo e liberação de nutrientes após a decomposição dos resíduos.

Calegari (2004) cita que os resíduos vegetais e raízes das plantas de cobertura promovem diminuição do escoamento superficial, acarretando aumento da infiltração de água no solo. Os resíduos contribuem na estruturação do solo pela melhor agregação e maior aeração, favorecendo o crescimento das raízes dos cultivos posteriores. Em estudos, onde avaliou o preparo do solo e aplicação de gesso nas características químicas do solo e produtividade do milho, consorciado com *Brachiaria decumbens*, Fittipaldi (2006) concluiu que a produção de massa seca de *Brachiaria decumbens* foi beneficiada pelo menor revolvimento do solo proporcionado pela semeadura direta, indicando ser tecnicamente viável para a integração lavoura-pecuária.

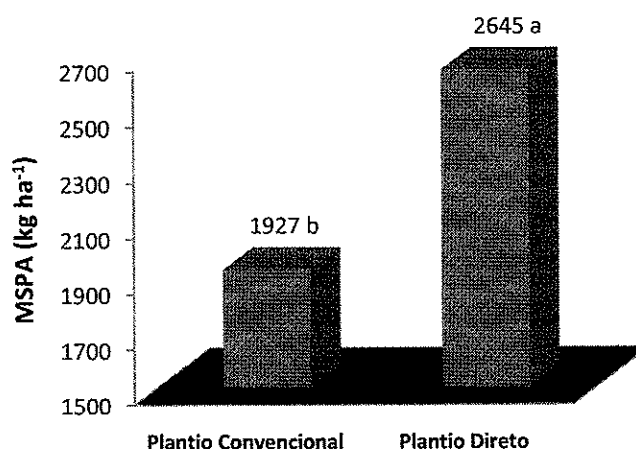


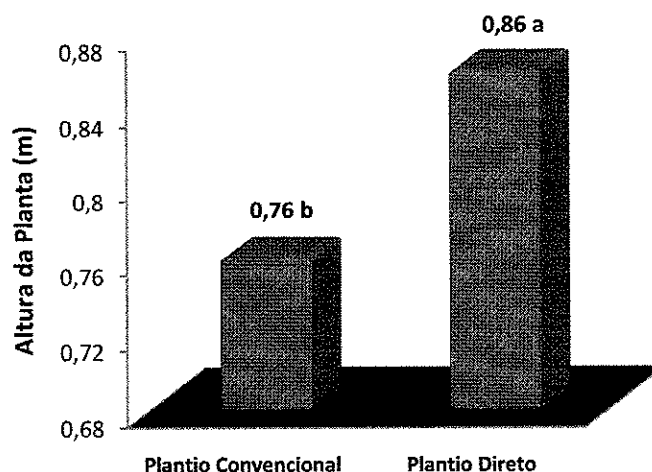
Figura 24 - Produção de massa seca da parte aérea do capim-marandu em dois sistemas de uso do solo (Plantio convencional e direto).

4.3.2 Altura das plantas

Analisando a influência dos sistemas de manejo sobre a altura das plantas, observa-se que no sistema de PD as plantas cresceram mais do que no PC (Figura 25). No PD ocorre maior acúmulo de material vegetal e como consequência maior tempo de decomposição, maior disponibilidade de nutrientes e proteção do solo,

reduzindo a lixiviação e com isto favorecendo o crescimento radicular e desenvolvimento da planta. De acordo com Kluthcouski et al. (2000) a cobertura morta e as adubações no sistema plantio direto permitem acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo. Muzilli e Oliveira (1982) observaram que a manutenção dos restos vegetais pode representar a restituição de aproximadamente 42% do nitrogênio, 45% do fósforo e 81% do potássio extraídos pela cultura. Os resultados acima observados por aqueles autores são condições necessárias ao bom desenvolvimento das culturas.

Outras pesquisas têm demonstrado inúmeros benefícios ao solo quando cultivado com o PD, que favorecem o crescimento das plantas. Hernani; Kurihara e Silva (1999) observaram que o plantio direto proporciona maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, facilita na infiltração de água, reduz da perda de água por escoamento superficial, e a perda do solo e nutrientes por erosão. Além destes benefícios, Crusciol e Sorato (2007) constataram maior disponibilidade de água e nutrientes às plantas e melhoria nas condições físicas e químicas do solo, com o aumento da matéria orgânica.



Figuras 25 - Médias de altura do capim-marandu nos sistemas de plantio convencional e plantio direto

4.3.3 Teores de macronutrientes no tecido foliar do capim-marandu em função das doses de potássio

Apenas os teores de K foram influenciados pelas doses de KCl, não havendo efeitos para P, N, Ca e Mg (Figura 26). Os teores de K aumentaram linearmente com o aumento das doses de KCl. Esse crescimento é coerente com o aumento progressivo das dosagens aplicadas. Os teores estão dentro da faixa considerada adequada às necessidades da cultura, ou seja, 13 a 20 g kg⁻¹ (WERNER; PAULINO; CANTARELLA, 1996). Em função das altas quantidades absorvidas e, posteriormente, restituídas ao solo a partir da decomposição da parte aérea, o K trocável tende a se acumular na superfície do solo (MERTEN; MIELNICZUK, 1991), favorecendo a absorção. Embora os teores de N, Ca e Mg não terem sido afetados significativamente pelas doses de KCl, eles se encontraram dentro da faixa considerada adequada para a cultura, N (13 a 20 g kg⁻¹), Ca (3 a 6 g kg⁻¹) e Mg (1,5 a 4 g kg⁻¹) descritas por Werner, Paulino e Cantarella (1996).

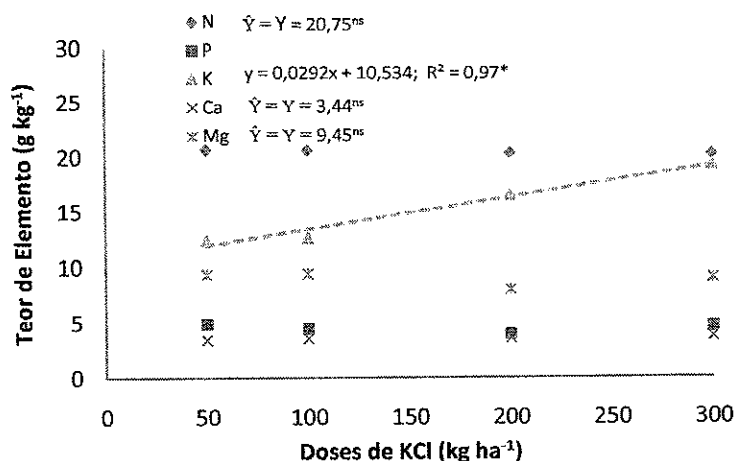


Figura 26 - Teores de nutrientes no tecido foliar do capim-marandu em função das doses de potássio.

4.3.4 Teores de macronutrientes no tecido foliar do capim-marandu em função dos sistemas de manejo

Os sistemas de manejo do solo influenciaram significativamente nas concentrações de P, Ca e Mg. Os teores de N e K não apresentaram significância estatística, ou seja, foram iguais no PC e PD. As maiores concentrações de P no tecido vegetal do capim marandu foram encontrados no PD (Figura 27). A aplicação superficial de fertilizantes e corretivos, bem como o próprio sistema de PD, favorece o acúmulo superficial de nutrientes, gerando um gradiente de fertilidade que é mais acentuado no caso do P, devido à sua baixa mobilidade no solo. A presença constante de cobertura do solo altera a dinâmica do fósforo, provocando aumento da concentração desse nutriente na camada mais superficial do solo, inclusive na forma orgânica, havendo diminuição no processo de adsorção, pois não há mobilização do solo e, ainda, pela produção de ânions orgânicos, que competem pelos sítios de adsorção (RHEINHEIMER, 2000). Apesar de os dois sistemas serem cobertos com a vegetação antecessora, o preparo inicial do solo em PD, não foi mobilizado, o que pode ser associado aos maiores teores de P encontrados no sistema, beneficiado pelo maior acúmulo de material vegetal após a queima química realizada,

Assim como o fósforo, as maiores concentrações de cálcio e magnésio nos tecidos vegetais do capim-marandu, também ocorreram no PD. Cruz et al. (2008), trabalhando com *Brachiaria decumbens* em três sistemas de manejo (plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo), observou maiores teores de cálcio no plantio convencional, resultados que não corroboram com o encontrado no experimento. Os mesmos autores não encontraram diferenças significativas para os teores de Mg entre plantio direto e plantio convencional.

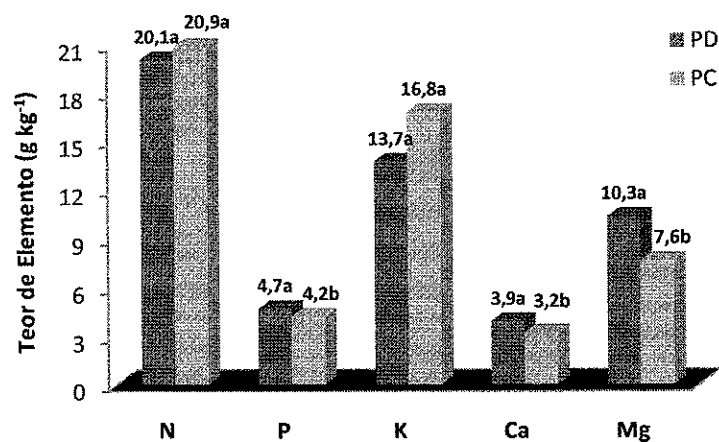


Figura 27 - Teores de macronutrientes nos tecidos foliares do capim-marandu em função dos sistemas de manejo (plantio convencional - PC e plantio direto - PD).

4.4 CONCLUSÃO

Os resíduos da adubação potássica influenciaram positivamente a massa seca da parte aérea do capim marandu, sendo a dose de 163 kg ha^{-1} a de maior eficiência, proporcionando uma produção de 2541 kg ha^{-1} ;

O sistema de manejo em plantio direto promoveu maior produção de massa seca da parte aérea do capim marandu.

As aplicações das doses de KCl influenciaram apenas os teores de P e K.

Os maiores teores de P, Ca e Mg foram encontrados no plantio direto.

REFERÊNCIAS

BARROS, G.S.C.; ZEN, S.; BACCHI, M.R.P.; ICHIHARA, S.M.; OSAKI, M.; PONCHIO, L.A. **Economia da pecuária de corte na região norte do Brasil**. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2002. 75p.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

CALEGARI, A. Alternativas de culturas para rotação em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.80, p.62-70, 2004.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.11, p.1553-1560, 2007.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; BICUDO, S.J.; ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, J.R.; MACHADO, C.G. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivados em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 30, p.733-739, 2008. Suplemento.

DIAS FILHO, M.B. **Degradação de pastagens – processos, causas e estratégias de recuperação**. 2.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 173p.

_____; ANDRADE, C.M.S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2006. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241).

_____; SERRÃO, E.A.S.; FERREIRA, J.N. Processo de degradação e recuperação de áreas degradadas por atividades agropecuárias e florestais na Amazônia brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. da. (Ed.). **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 2: Utilização sustentável dos recursos naturais, 293-305p. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

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

FERREIRA, D.F. **SISVAR**: sistema de análise de variância. Versão 5.0. Lavras: UFLA/DEX, 2007.

FITTIPALDI, W.L.S.L. **Sistemas de cultivo e gesso nas características químicas do solo e produtividade de milho consorciado com braquiária**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Área de Concentração em Fitotecnia)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Marília, Marília, 2006.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1421-1428, 2007.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.23, p.145-154, 1999.

HERNANI, L.C.; ENDRES, V.C.; PITOL, C.; SALTON, J.C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93p.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L.F.; COBUCCI, T. **Integração lavoura pecuária e o manejo de plantas daninhas**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. 20p. (POTAFOS. Encarte Técnico, Informações Agronômicas, 106).

_____. FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, v.57, n.1, p 97-104, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Respostas de braquiária brizantha a doses de potássio. **Scientia Agricola**, v.55, n.3, p.428-437, 1998.

MERTEN, G.H.; MIELNICZUK, J. Distribuição de sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.15, n.3, p.369-374, 1991.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.165-178.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. **Nutrição e adubação do milho**. In: O milho no Paraná. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. 1982. p.83-104 (CT-9)

NECHET, D. Análise da precipitação em Belém-PA, de 1986 a 1991. **Boletim de Geografia teor.** n.23, p.150-156, 1993.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RHEINHEIMER, D.S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. 2000. 210f. (Tese de Doutorado) - Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

RODRIGUES, C.R.; MOURÃO, G.M.; BRENNECKE, K.; LUZ, P.H.L.; HERLING, V.R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.394-400, 2008.

SANZ, J.I.; ZEIGLER, R.S.; SARKARUNG, S.; MOLINA, D.L.; RIVERA, M. Improved rice/pasture systems for native savannas and degraded pastures in acid soils of Latin America. In: GUIMARÃES, E.P. et al. (Ed.). **Agropastoral systems for the tropical savannas of Latin America**. Cali: CIAT; Brasília, DF: Embrapa, 2004, p.240-252. (CIAT Publication, 338)

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.609-618, 2005.

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

VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; SOUSA, D.M.G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 21p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 263-273 (Boletim técnico, 100).

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; EUCLIDES, V.P.D. Integrated agropastoral production systems. In: GUIMARÃES, E.P., SANZ, J.I.; RAO, I.M.; AMÉZQUITA, M.C.; AMÉZQUITA, E.; THOMAS, R.J. (Ed.). **Agropastoral systems for the tropical savannas of Latin America**. Cali: CIAT; Brasília, DF: Embrapa, 2004, p.253-290. (CIAT Publication no. 338).