



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**ATRIBUTOS AGRONÔMICOS DO SORGO FORRAGEIRO EM LATOSSOLOS DA
AMAZÔNIA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA, NITROGENADA E
CALAGEM**

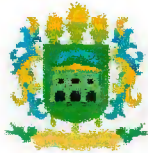
ANDREOS RAMIRO PINTO LEITE

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de "Mestre".

Belém
Pará – Brasil

LEITE, Andreos Ramiro Pinto. **Atributos agronômicos do sorgo forrageiro em Latossolo da Amazônia, em função da adubação fosfatada, nitrogenada e calagem.** Belém, 2007. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) -- Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, 2007.

CDU –



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**ATRIBUTOS AGRONÔMICOS DO SORGO FORRAGEIRO EM LATOSSOLOS DA
AMAZÔNIA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA, NITROGENADA E
CALAGEM**

ANDREOS RAMIRO PINTO LEITE

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de "Mestre".

BANCA EXAMINADORA

Engenheiro Agrônomo Professor Dr. Antonio Rodrigues Fernandes
Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

M. Gusmão
Engenheira Agrônoma Pesquisadora Dra. Mônica Abreu de Gusmão
Universidade Estadual do Pará - UEPA

Eduardo do Valle Lima
Engenheiro Agrônomo Professor Dr. Eduardo do Valle Lima
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
Unidade Descentralizada de Parauapebas (UFRA-Carajás)

Almir Vieira Silva
Engenheiro Agrônomo Professor Dr. Almir Vieira Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

**Belém
Pará - Brasil**

“É nas batalhas que surge a alma”

(Autor Desconhecido)

AGRADEÇO E OFEREÇO

A Deus.

- Ao meu filho Cauê Leite
- Aos meus pais
- À minha família
- A meus amigos leais

DEDICO

Agradecimentos

A Deus acima de tudo, pois jamais me desamparou e me iluminou em todos os momentos da minha vida.

A Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA que se tornou um local de muitos ensinamentos profissionais e pessoais.

A CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao meu orientador Antonio Rodrigues Fernandes, por além de orientação ter me oferecido amizade leal, conselhos profissionais e pessoais, os quais foram importantíssimos para minha vida e por ter me acolhido como um filho.

Ao meu co-orientador Almir Vieira da Silva, entusiasta desse projeto e por quem tenho uma admiração muito grande, agradeço pela atenção e oportunidade de trabalho.

Aos meus fiéis escudeiros Tatiana Gazel Soares e Júlio César Gomes Costa, que se tornaram base da minha fortaleza e que são pessoas de raro caráter.

Ao Max Adolf Sarrazin que com sua generosidade esteve sempre disposto a colaborar e ensinar.

Aos meus companheiros de batalha como o incansável Hugo Leonardo Santos de Souza, Válber Santos, Mariano Queiroz Junior, Aparecida, Ricarth de Souza Vieira, Roberto Ramos, Mauro, Elaine Maria Silva Guedes e Patrícia Ribeiro Maia Lobo guerreiros que nunca estremeeceram diante dos desafios desse projeto e sem os quais não seria possível a vitória.

As minhas amigas Rosigrêde Lima da Silva e Rita de Cassia Zacarielo Tofoli, pessoas encantadoramente doces.

Aos meus amigos do barracão Doquinha, João, Levi e Batista pela valiosa ajuda em momentos cruciais e pelo companheirismo a mim destinado.

Ao meu filho Cauê Vinícius Leite por ser minha eterna inspiração.

Ao meu pai Moacir Bernardino Leite e a minha mãe Marilena Pinto Leite por terem me dado apoio, carinho e cobrança sempre na medida certa além de ter deixado princípios e ideais para minha personalidade como legado.

Ao professor Mario Lopes da Silva Junior, por me orientar no início da caminhada ainda por ocasião da graduação.

Ao professor George Rodrigues da Silva que foi muito importante no início do mestrado e aos professores do Curso, Francisco Ilton de Oliveira Moraes, Tarcisio Ewerton Rodrigues, Waldenei Travassos de Queiroz, Francisco de Assis Oliveira e Ana Regina Araújo Martins, Paulo Fernando da Silva Martins e Jose Henrique Cattanio.

A secretária do mestrado em agronomia Gracy Monteiro sempre prestativa e eficiente quando desta precisei.

Aos colegas do mestrado Brenda Guimarães, Cândido Neto, Carla Vanessa Borges Castro, Clévea Rossana Ferreira da Silva, Danielle Pegado, Dionilson Cardoso da Cunha, Elineuza Faria da Silva Trindade, Emerson do Nascimento, Érica Rodrigues, Iulla Naiff Rabelo de Souza Reis, Jessivaldo Rodrigues Galvão, Jisele Brito, Jorge Pinheiro de Oliveira (PIVO), Kassyus Clay Franco do Rosario Silva, Márcio Gerdhanes Martins Guedes, Michelle do Nascimento, Milena Fonseca, Paulo Lobato, Paulo Oliveira, Roberta Pinheiro, Ronilson Santos, Sandra Ferreira, Vanderson Rossato e Vincenzo Henrique de Figueiredo Irino.

Biografia

Andreas Ramiro Pinto Leite, filho de Moacir Bernardino Leite e de Marilena Pinto Leite, nasceu em Nilópolis, Rio de Janeiro, aos 26 dias do mês de Janeiro de 1982.

Em março de 2000 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia.

Em novembro de 2004, graduou-se em Agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia.

Em março de 2005, iniciou o curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado em Agronomia, na área de Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre, na Universidade Federal Rural do Pará - UFRA.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
CAPÍTULO 1: ATRIBUTOS AGRONÔMICOS DO SORGO FORRAGEIRO EM LATOSSOLOS DA AMAZÔNIA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA, NITROGENADA E CALAGEM.....	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT	15
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
1.2.1 A CULTURA DO SORGO.....	18
1.2.2. A SILAGEM DE SORGO.....	19
1.2.3 ADUBAÇÃO DO SORGO	22
1.2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA	23
1.2.5 ADUBAÇÃO FOSFATADA	24
1.2.6 CALAGEM	25
1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO DO SORGO FORRAGEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E DE NITROGÊNIO, CULTIVADO EM UM LATOSSOLO AMARELO.....	30
RESUMO	31
ABSTRACT.....	31
2.1. INTRODUÇÃO	32
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	33
2.2.1 CARACTERÍSTICA DA ÁREA E ATRIBUTOS DO SOLO	33
2.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	34
2.2.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	35
2.2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
2.3.1 CRESCIMENTO	36
2.3.2 PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E MASSA SECA.....	38
2.3.3 RELAÇÃO FOLHA:PARTE AÉREA, RELAÇÃO COLMO:PARTE AÉREA E RELAÇÃO PANÍCULA:PARTE AÉREA	45
2.4 CONCLUSÕES	47
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
CAPÍTULO 3: CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO SORGO FORRAGEIRO, EM FUNÇÃO DE FONTES FÓSFORO E SATURAÇÕES POR BASES, EM UM LATOSSOLO AMARELO DE TEXTURA MUITO ARGILOSA	50
RESUMO	51
ABSTRACT	51
3.1 INTRODUÇÃO	52
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	53
3.2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO SOLO	53
3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	53
3.2.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	54
3.2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	55
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.3.1 CRESCIMENTO	56
3.3.2 PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E MASSA SECA	58
3.3.3 RELAÇÃO RAIZ : PARTE AÉREA	65

3.4 CONCLUSÕES	66
3.5 BIBLIOGRAFIA	67
ANEXO	68

LISTA DE TABELAS

Tabela		Pagina
1	Atributos químicos e granulométricos de um LATOSSOLO AMARELO distrófico, textura média (camada de 0 a 20 cm)	34
2	Atributos químicos e granulométricos de um LATOSSOLO AMARELO muito argiloso (camada de 0 a 20 cm)	53
3	Doses de corretivo utilizadas conforme os níveis estabelecidos nos tratamentos de calagem.	54
4	Quadrado médio e níveis de significância para diâmetro do colmo (DC) e altura de planta (AP) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	70
5	Quadrado médio e níveis de significância para massa verde de colmo (MVC), massa verde de folhas (MVF) , massa verde de panícula (MVP) e massa verde da parte aérea (MVPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007	70
6	Quadrado médio e níveis de significância para massa seca de colmo (MVC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de panícula (MSP) e massa seca da parte aérea (MSPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	70
7	Quadrado médio e níveis de significância da relação folha:parte aérea (F:PA), colmo:parte aérea (C:PA), panícula:parte aérea (P:PA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	71
8	Quadrado médio e níveis de significância do diâmetro de colmo (DC) e altura de planta (AP) sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.	71
9	Quadrado médio e níveis de significância para massa verde de colmo (MVC), massa verde de folhas (MVF) , massa verde de panícula (MVP) e massa verde da parte aérea (MVPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.	71
10	Quadrado médio e níveis de significância para massa seca de colmo (MSC), massa seca de folhas (MSF) , massa seca de panícula (MSP) e massa seca da parte aérea (MSPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.	72
11	Quadrado médio e níveis de significância para relação raiz:parte aérea (R:PA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.	72

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Diâmetro do colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	37
2	Altura de plantas do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	38
3	Massa verde (MV) de panícula do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	39
4	Massa seca (MS) de panícula do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	39
5	Massa verde (MV) do colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007... ..	40
6	Figura 6 – Massa seca (MS) do colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.....	41
7	Massa verde (MV) de folhas do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	42
8	Massa seca (MS) de folhas do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007. ..	42
9	Massa verde (MV) da parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	43
10	Massa seca (MS) da parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	44
11	Relação folha : parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007. ..	45
12	Relação colmo : parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.	46
13	Relação folha : parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio.	47
14	Diâmetro de colmo sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.....	56
15	Altura de plantas de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.....	57
16	Massa verde (MV) de panícula de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em	

	função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.	59
17	Massa seca (MS) de panícula de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base.....	59
18	Massa seca (MV) de colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo.	60
19	Massa seca (MS) de colmo de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.	61
20	Massa verde (MV) de folhas de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.	62
21	Massa seca (MS) de folhas de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.	62
22	Massa verde (MV) da parte aérea de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base.	63
23	Massa seca (MS) da parte aérea de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base.	64
24	Massa seca (MS) da parte aérea de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo e saturações por base.	65
25	Relação raiz:parte aérea de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo e saturações por base.....	66

CAPÍTULO 1 - ATRIBUTOS AGRONÔMICOS DO SORGO FORRAGEIRO EM LATOSSOLOS DA AMAZÔNIA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA, NITROGENADA E CALAGEM

RESUMO

LEITE, Andreos Ramiro Pinto. **Atributos agronômicos do sorgo forrageiro em Latossolos da Amazônia, em função da adubação fosfatada, nitrogenada e calagem.** Belém: UFRA, 2007. 69p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia)

A pecuária na Amazônia experimenta um extraordinário crescimento em sua produtividade, porém ainda existem fatores limitantes como o período de baixa produção de forragem por ocasião da estiagem de chuvas. A silagem surge como boa alternativa para amenizar este problema e a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) é considerada uma das culturas mais indicadas para esta prática sendo que o manejo adequado desta cultura é fundamental para a obtenção de um material adequado para uma silagem de boa qualidade. Diante disso as práticas da calagem e adubações fosfatada e nitrogenada assumem importante papel para um bom desenvolvimento e produção da cultura do sorgo. Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento e produção do sorgo forrageiro em função da adubação fosfatada e nitrogenada e calagem em Latossolos Amarelo. Foram conduzidos dois experimentos, um em condições de campo e outro em casa de vegetação, ambos nas dependências do Instituto de ciências agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). No experimento de campo utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em um arranjo fatorial 4x3, sendo quatro doses de fósforo e três doses de nitrogênio. No experimento de casa de vegetação utilizou-se o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de níveis de saturação por bases: original do solo - 39%, 60%, 80% e 100%, e quatro fontes de fósforo: sem P (P0), fosfato natural de ARAD, superfosfato triplo (SFT) e fosfato natural de Arad + superfosfato triplo (ARAD+SFT). Os resultados do experimento do campo mostraram que a interação das doses de P com as doses de N influenciaram significativamente o crescimento e a produção do sorgo forrageiro. Nas doses de 100 e 140 kg ha⁻¹ de N combinada com a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram obtidas as maiores produções de massa seca e massa verde da parte aérea. A produção máxima estimada de massa verde e massa seca da parte aérea foi de 53.760 e 17.572 kg ha⁻¹, sendo que a produção correspondente a 90% da máxima foi de 48.384 e 15.436 kg ha⁻¹, para doses máximas de 122 e 136 kg ha⁻¹ P₂O₅ e doses críticas de 65 e 81 kg ha⁻¹ P₂O₅, associado às doses de 140 e 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Os resultados do experimento em casa de vegetação mostraram que as fontes de P e a calagem influenciaram positivamente o crescimento e a produção do sorgo forrageiro. A fonte ARAD+SFT combinada com a saturação por bases de 60% foi a que promoveu maiores produções de massa seca e massa verde da parte aérea. Sob a fonte SFT e a saturação por bases natural do solo foi encontrada a maior relação raiz e parte aérea

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, silagem, adubação fosfatada, nível de nitrogênio

ABSTRACT

LEITE, Andreos Ramiro Pinto. Agronomic attributes of sorghum in Latosol of the Amazon, in function of the fertilization with nitrogen and phosphorous and liming. Belém: UFRA, 2007. 69p. (Dissertation – Master Degree in Agronomy).

The cattle one in the Amazon tries an extraordinary growth in its productivity, however still there are limiting factors exist as low the production of fodder plant for occasion of the period of scarcity of rains. The ensilage appears as good alternative to brighten up this problem and *Sorghum bicolor* is considered one of the indicated cultures for this practical, having been that the adequate handling is basic for the attainment of a material of good quality. Ahead of this practical of the liming and the fertilization with phosphorous and nitrogen they assume important role for a good development and production of the sorghum. This work had for objective to evaluate the growth and production of sorghum in function of the fertilization with phosphorous and nitrogen and liming in Latosolos Amarelos. Two experiments, one in conditions of field and another one in vegetation house had been lead, both in the dependences of the Instituto de ciências agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). In experiment of field the objective was evaluated the green leaf mass production and the height of plants of the sorghum in function of different levels of fertilization with nitrogen and phosphorous in a randomized block experimental design, four phosphorous levels fertilization: 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and three nitrogen level fertilization: 60, 100 e 140 kg ha⁻¹ de N. In the experiment The objective was to evaluate the effect of different phosphorous sources and saturations of bases in leaf evaluate the growth and production of the Sorghum. The experimental design was a completely randomized in factorial scheme 4x4, with 4 replications. Four phosphorous sources: 1) Control (P0), 2) Phosphate Reactive (ARAD), 3) triple superphosphate (TSF) and 4) mixed of ARAD and triple superphosphate (ARAD+TSF) at 50:50 relation and four different levels of soil base saturation distributed as 1) 39% of natural soil base saturation, 2) 60% of soil base saturation, 3) 80% of soil base saturation, and 4) 100% of soil base saturation. The results of the experiment of the field had shown that the interaction of the doses of P with the doses of N had significantly influenced the growth and the production of sorghum. In the levels of 100 and 140 kg ha⁻¹ of N combined with the level of 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ had been gotten the biggest productions of dry mass and green mass of the aerial part, respectively. The maximum production esteem of green mass and dry mass of 17.572 the aerial part was of 53.760 kg ha⁻¹, being that the corresponding production 90% of the 15.436 principle was of 48.384 kg ha⁻¹, to levels maxims of 122 and 136 kg ha⁻¹ P₂O₅ and critical levels of 65 and 81 kg ha⁻¹ P₂O₅, associate to the levels of 100 and 140 kg ha⁻¹ of N, respectively. The results of the experiment in green house had shown that the sources of P and the liming had positively influenced the growth and the production of sorghum. Source ARAD+SFT combined with the saturation for 60% bases was the one that promoted greater productions of dry mass and green mass of the aerial part. Under source SFT and the natural saturation for bases of the ground the biggest relation was found root and aerial part.

Key-words: *Sorghum bicolor*, silage, phosphorous sources, levels of N,

1.1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem o maior rebanho bovino comercial do planeta, correspondendo a 15% do total mundial e é o segundo maior produtor de carne. Tendo ainda a sexta maior produção nacional de leite do mundo, cujo crescimento atinge uma taxa anual de 4%, superior à de todos os demais países grandes produtores (MICHELS, 2003).

O Estado do Pará possui o quarto maior rebanho bovino do país, com um crescimento de 16% ao ano, sendo que o estado com o segundo maior rebanho cresce apenas 8%. A pecuária desponta como principal atividade econômica em 51% dos municípios do estado e destaca-se como o quinto estado que mais abate no Brasil (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

Apesar de todo o crescimento e os benefícios econômico e social que a bovinocultura vem proporcionando nos últimos anos ao estado do Pará e a região amazônica, a pecuária ainda enfrenta grandes desafios para atingir toda sua potencialidade, sem causar danos ao ambiente e apresentando uma longevidade produtiva.

A observação de períodos de baixa pluviosidade agrava os problemas supracitados apresentando áreas com produtividade comprometida ou até mesmo degradadas, devido ao manejo inadequado dos recursos do ambiente físico, e a baixa utilização de insumos, notadamente adubação de reposição dos nutrientes extraídos pelas forrageiras e exportados na forma de carne e leite, têm resultado em significativos prejuízos aos empresários que atuam no universo pecuário tradicional, já que resulta em baixa oferta de alimentos volumosos de qualidade, desde a redução do seu valor nutritivo e baixa taxa de utilização de alimentos conservados assim como de dietas selecionadas.

Diante dessa realidade a demanda por fontes de alimentos volumosos suplementares deixou de ser utopia e é aceita como essencial por quem tem uma visão empresarial do setor produtivo. Mais do que isto, a necessidade de intensificar a produção de modo racional, e por consequência econômica, é muito importante para reduzir a necessidade de abertura de novas áreas de floresta para pastejo, o que resultaria em sérios danos sócio-ambientais.

Dentre as alternativas para minimizar tais problemas e desafios, destaca-se a prática da ensilagem, pois quando conservada adequadamente tem o seu valor nutritivo semelhante ao da forragem verde.

As culturas de milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) destacam-se para a prática de silagem, devido às suas elevadas produções de massa verde e seca e excelente qualidade (MELLO et al., 2004).

Segundo Zago (1997), o sorgo é uma cultura que tem apresentado produção de matéria seca superiores aquelas obtidas para o milho, especialmente em solos com fertilidade natural baixa, se destacando ainda por apresentar a vantagem da rebrota, o que eleva ainda mais a sua produtividade por área.

Apesar do alto potencial produtivo, seja da cultura do milho ou do sorgo, o que pode se observar é que quando não utilizado um sistema de manejo do solo eficiente, a produção de ambas espécies são insatisfatórias e irregulares, fato esse que encarece o custo do volumoso produzido. Segundo Vitti e Nussio (1991) a fertilidade do solo é um dos principais fatores que acarreta na baixa produtividade das áreas destinadas à produção de silagem.

Quando da produção da silagem, ocorre a retirada de todo material disponível na área, através da colheita da planta integral, exportando grande quantidade de nutrientes. Além disso, devem-se estabelecer conceitos relativos à correção do solo e a adubação dessas plantas para ensilagem, diferentes daqueles desenvolvidos para produção de grãos em que existe maior reciclagem no sistema.

A produção animal na região Norte do Brasil ocorre em muitas localidades com predomínio em solos de baixa fertilidade natural, que apresenta elevada acidez e baixo teor de matéria orgânica, o que impõe uma baixa disponibilidade de fósforo e de nitrogênio. Nestas condições a reposição desses nutrientes, bem como a correção da acidez dos solos se faz extremamente necessária. Segundo França et al. (1986), o nitrogênio e o fósforo são os dois nutrientes, em condições naturais, que mais limitam a produção das gramíneas, o que demonstra a importância do manejo correto da adubação, em especial, com esses nutrientes. Embora grande parte dos pecuaristas tenha consciência da necessidade da realização dessas técnicas como forma de manter e/ou melhorar a fertilidade dos solos, poucos são aqueles que fazem uso destas práticas de manejo das forragens. Isto se deve aos elevados custos dos insumos na região e a baixa eficiência de uso destes insumos.

Portanto, diante dessa realidade se faz importante o conhecimento de doses eficientes de calcário e de adubos fosfatados e nitrogenados a serem empregados, de modo a atender a exigência nutricional do sorgo, bem como maximização do

benefício de seu uso em detrimento da viabilidade econômica por parte do produtor, além de preconizar fontes de fertilização que melhor atenda a esses fatores.

A escolha da fonte de adubação fosfatada está relacionada tanto à eficiência em suprir as necessidades das plantas, quanto ao custo do fertilizante. Como os fosfatos solúveis, embora com resultados eficientes especialmente em curto prazo, são de custos mais elevados, torna-se fundamental o conhecimento de fontes alternativas de fósforo, como os fosfatos naturais.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do sorgo forrageiro, cultivado em Latossolos da Amazônia, em função de fontes de fósforo, da adubação fosfatada, da adubação nitrogenada e da calagem.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 A CULTURA DO SORGO

O sorgo é uma planta herbácea, pertencente à família Gramineae, que possui espículas hermafroditas, misturadas com masculinas e uma panícula terminal, sendo as glumas das espículas ovóides, tridentadas na ponta. Esta espécie é geralmente anual, raras vezes perenes, têm colmos altos e espessos, cheios de uma seiva doce. As folhas lineares são compridas e largas, semelhantes às do milho (PEREIRA; CARDOSO, 1987).

A origem dessa gramínea é meio obscura, mas supõe-se que ela seja proveniente da Ásia e África. Sabe-se, porém, que, na Índia e na China, o sorgo é cultivado desde a remota antigüidade e, dali se espalhou para os outros continentes (PEREIRA; CARDOSO, 1987).

Linneu classificou o sorgo no gênero *Holcus*, distinguindo com o nome de *Holcus sorghum* a espécie indiana e *Holcus saccharatum* a chinesa. Persoon, depois de um estudo detalhado, separou essas plantas do gênero *Holcus*, constituindo com elas um gênero próprio ao qual ele determinou *Sorghum*, palavra derivada de serghi, o nome indiano do sorgo continental (PEREIRA; CARDOSO, 1987).

A utilização desta planta é variadíssima, indo desde a alimentação (tanto humana quanto animal) até à produção de álcool. No tocante à alimentação humana, países como a Índia, China e vários outros da África têm o sorgo como um dos principais alimentos. Nos países ocidentais é também utilizado na produção de

açúcar, xaropes e álcool, sendo, a Itália, a pioneira no plantio em grande escala para esse fim.

Atualmente no Brasil, o sorgo também vem sendo bastante utilizado como planta produtora de cobertura em sistemas de plantio direto, produzindo “palhada” em quantidade e qualidade, no período de entressafra da cultura principal. Lima (2004) destaca a importância de se estudar variedades ou espécies desconhecidas, que apresentam potencial para servir como cobertura vegetal do solo, como por exemplo o sorgo de Guiné vermelho e o sorgo de Guiné preto, vulgarmente conhecidos como sorgo gigante, e do sorgo de Guiné branco, conhecido como sorgo anão. Segundo Mateus (2003) o sorgo de Guiné vem se destacando com alta produção de matéria seca e, além disso, apresentando importantes características para utilização em sistema de plantio direto.

Teixeira e Teixeira (2004) destacam que existe no mercado brasileiro, uma grande gama de materiais geneticamente melhorados, de alto índice de produtividade, tanto no que diz respeito a sorgo granífero, como forrageiro, para silagem e de duplo propósito, ou seja, para pastejo e silagem.

Agronomicamente os sorgos são classificados em quatro grupos: granífero; forrageiro para pastejo/corte verde/fenação/cobertura morta; vassoura; forrageiro para silagem e/ou sacarino.

O primeiro grupo inclui tipos de porte baixo adaptados à colheita mecânica. Já o segundo grupo inclui tipos utilizados, principalmente para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta (variedades de capim sudão ou híbridos inter específicos de *Sorghum bicolor* X *Sorghum sudanense*). O terceiro grupo inclui tipos de cujas panículas são confeccionadas vassouras. O quarto grupo inclui tipos de porte alto apropriados para confecção de silagem, sendo a espécie desse grupo utilizada o experimento.

1.2.2 A SILAGEM DE SORGO

Denominamos de silagem a forragem verde, succulenta, conservada por meio de um processo de fermentação anaeróbica e armazenada em silos. Chama-se

ensilagem o processo de cortar a forragem, colocá-la no silo, compactá-la e protegê-la com a vedação do silo para que haja a fermentação.

Quando bem feita, o valor nutritivo da silagem é semelhante ao da forragem verde. A ensilagem não melhora a qualidade das forragens, apenas conserva a qualidade original. Portanto, uma silagem feita a partir de uma lavoura ou "capineira" bem manejada terá sua qualidade maximizada (CARDOZO; SILVA, 1995).

Dantas et al. (2004) destacam que o processo de silagem tem sido estudado para evitar que o ciclo de produção no sistema de produção a pasto se prolongue, ajustando assim a alimentação de modo a atender a demanda nutricional do animal, reduzindo custos com a utilização de concentrados e otimizando a eficiência produtiva dos animais.

A silagem vem atender aos interesses dos produtores em manter uma maior uniformidade anual na produção de leite bem como atender de forma geral a produção intensiva de carne bovina.

A utilização da prática da conservação de forragem em forma de silagem tem sido crescente. Dentre os fatores que têm determinado esse crescimento, podem ser citados: possibilidade de obtenção de um alimento conservado de bom valor nutritivo; operações de preparo e utilização pode ser totalmente mecanizada; baixo custo da maquinaria e instalações, quando comparada com o feno; custos relativamente fixos por unidade produzida, para grandes ou pequenas explorações; possibilidade de obtenção de grandes volumes de alimentos além de uso intensivo da terra (ZAGO, 1997).

Existem várias gramíneas e leguminosas que podem ser utilizadas para a produção de silagens. Entretanto, entre as diversas espécies de gramíneas que se prestam para ensilagem, o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) são as que melhor se adaptam para tal finalidade, pela facilidade de cultivo, altos rendimentos de massa verde e grãos e especialmente pela qualidade da silagem produzida, sem necessidade de adição de qualquer aditivo químico ou biológico (ZAGO, 1997).

De modo geral, considera-se que o valor nutritivo da silagem de sorgo equivale em torno de 90% a do milho. Ultimamente poucos são os trabalhos que procuram estabelecer essa relação qualitativa, mas são realizados alguns ensaios de competição de cultivares relativos a produtividade de matéria seca ou massa verde, no ponto de ensilagem. Nesse sentido, tem sido constatada uma produção de

matéria seca bastante ampla (26,0 a 28,7 t ha⁻¹), ressaltando que, em média os rendimentos de matéria seca do sorgo obtidos superam os obtidos pela cultura do milho (EMBRAPA, 1997) característica também citada por Zago (1997). Nussio (1995) destaca ainda a relevância do sorgo no que se refere ao seu potencial para ensilagem, dada à presença de características (teor de carboidratos solúveis, acúmulo de matéria seca, dentre outros) essenciais à conservação sob anaerobiose.

Em locais e/ou épocas em que existam restrições hídricas o sorgo também se mostra mais adequado por ser uma espécie mais tolerante à seca (MIRANDA; PEREIRA, 2000). Essa informação corrobora com citação de Stone et al. (1996), que destaca essa característica em relação a cultura do milho ressaltando a capacidade do sorgo em explorar um maior volume de solo por apresentar um sistema radicular abundante e profundo. De acordo com Fancelli (1986), a cultura de milho não suporta condições de encharcamento, já o sorgo, tem tolerado condições de má drenagem até por 10 dias.

No que se refere à presença de ventos, é fato que o sorgo tolera mais que o milho períodos de vento fortes (NUSSIO, 1995).

A cultura do sorgo apresenta ainda um menor custo, necessitando de menos tecnologia para implantação e um maior potencial de produção por hectare, inclusive devido a rebrota que pode chegar de 30 a 70% da produção do primeiro corte, característica não apresentada pelo milho. Possui uma colheita mais fácil e uniforme, melhor facilidade de compactação no processo de ensilagem, o que indica um grande potencial dessa gramínea para elevar o desempenho animal em sistemas produtivos de exploração intensiva (MIRANDA; PEREIRA, 2000).

Silva (2001) em trabalho sobre populações em plantas de milho e sorgo, produtos da fermentação e desempenho de bovinos de corte, suplementados com suas silagens, tratadas com inoculantes microbianos, concluiu que a silagem de sorgo possui melhor conservação alimentar que a de milho, apesar desta última ter sido consumida em maior quantidade pelos bovinos.

Foi observado também o maior percentual de serrote na carcaça de animais alimentados com silagem de sorgo forrageiro em relação aos alimentados com dieta a base de silagem de milho (SILVA et al., 1991). Outro motivo para a escolha do sorgo em relação ao milho é que este não é consumido de forma direta, pelo ser humano o que evita a ação de roubos pelo homem no campo e a cultura do milho pode ter melhor cotação para venda junto ao mercado de monogástricos ou da

própria indústria alimentícia humana. A cultura do sorgo pode ser ainda pode ser cultivada em áreas marginais ao milho, e desta forma nem mesmo compete com essa cultura e sim passa ser um item complementar na propriedade do produtor.

1.2.3 ADUBAÇÃO DO SORGO

Existem poucas informações relativas à nutrição e adubação do sorgo forrageiro e com relação à extração e acúmulo de nutrientes quando a massa é destinada à produção de silagem. Por isso, as recomendações de fertilizantes devem ser reajustadas ao longo do tempo, para que se tenha um adequado balanceamento entre as quantidades de nutrientes requeridas para a máxima produção econômica. As recomendações atualmente fundamentam-se em trabalhos de pesquisa com o sorgo granífero (PITTA et al., 1997). Quanto a recomendação para o sorgo forrageiro, um dos melhores boletins é o do Instituto Agronômico de Campinas (RAIJ et al., 1997) que além de levar em conta a análise de fertilidade do solo, leva também em conta a produtividade esperada pelo produtor em função do sistema de produção adotado.

Nussio (1995) destaca que apesar do alto potencial produtivo da cultura do sorgo o que se observa na prática é que sua produção ainda é baixa e irregular, fato que encarece sobremaneira o custo do volumoso.

Como já ressaltado, considera-se que a baixa fertilidade natural dos solos seja um dos principais responsáveis por essa baixa produtividade das áreas destinadas à produção de silagem. Este fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes originalmente no solo, mas também a alta capacidade extrativa dessa cultura (ZAGO, 1997). Deve-se ressaltar que essa cultura, por ocasião da ensilagem, sofre a retirada de todo o material disponível na área, através da colheita da planta integral. Assim, inicialmente é importante estabelecer uma filosofia que preconize a alta produtividade com base na reposição de nutrientes ao solo, mantendo o potencial produtivo dessas glebas. Além disso, deve-se estabelecer conceitos relativos à adubação dessas plantas para ensilagem, diferentes daqueles desenvolvidos para a produção de grãos em que existe uma maior reciclagem no sistema (VITTI; NUSSIO, 1991), apesar de ainda ineficiente, necessitando também de no mínimo, uma adubação de reposição do que será exportado.

A silagem é destinada à alimentação do gado e desta forma quanto melhor for o estado nutritivo da planta melhor será a possibilidade de uma alimentação de qualidade aos animais. Portanto, a adubação se faz importante de sorte a maximizar o melhor estado nutritivo do volumoso e manter, em termos de fertilidade, capacidade produtiva dos solos cultivados.

Ponchio e Nussio (2003) ressaltam que na produção do sorgo para silagem a adubação constitui o item mais elevado em termos de custo de produção. Portanto, o conhecimento da melhor dosagem da adubação é importantíssimo para o melhor aproveitamento deste insumo e, desta forma, minimizar os custos no orçamento do produtor.

As quantidades de N e P extraídas são elevadas e não se alteram significativamente com a produtividade. Isso evidencia que o manejo desses dois elementos pode ser limitante nos sistemas que visam a produção de silagem (PITTA et al., 2001).

1.2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA

A medida que crescem, as plantas aumentam em biomassa e energia. O carbono e a energia são obtidos a partir da fotossíntese, enquanto que os nutrientes minerais são absorvidos a partir da solução do solo. Os nutrientes minerais acumulam-se nos diferentes compartimentos celulares podendo atuar como reguladores do metabolismo. Podem ainda serem armazenados até o momento de incorporação ao metabolismo celular, quando potencialmente podem vir a integrar cerca de 10^5 tipos de moléculas orgânicas

O nitrogênio representa o elemento mineral exigido em maiores quantidades, sendo a sua disponibilidade freqüentemente limitante ao crescimento de plantas cultivadas. Este elemento faz parte da estrutura de um grande número de moléculas importantes para as células. Exemplos importantes são os aminoácidos, as proteínas estruturais e enzimáticas, ácidos nucléicos (DNA, RNA) e clorofilas. O próprio processo fotossintético é significativamente afetado pela deficiência de N uma vez que o seu funcionamento depende de proteínas como a Rubisco, dos fotossistemas complexos e de grande quantidade de clorofilas (Fisiologia Vegetal. http://www.homestead.com/fisiologiavegetal/files/Metabolismo_do_nitrogenio.htm, 2006).

Vários trabalhos têm mostrado a ação efetiva do N no aumento da produtividade de massa. Os altos índices de produtividade encontrados em países desenvolvidos, como regra, estão relacionados ao emprego de N nas culturas (NUSSIO, 1995).

O N é essencial na melhoria do desempenho dos animais. Além de favorecer o crescimento das forrageiras, desempenha papel importante na melhoria da qualidade da forragem, aumentando o teor de proteína bruta, principalmente nos períodos secos. Vários trabalhos têm demonstrado o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre gramíneas forrageiras medido através de parâmetros, como matéria seca e proteína bruta (ALVIM et al., 1990).

Em condições edafoclimáticas normais e mediante a não ocorrência de outra limitação, o suprimento de N é o fator de maior impacto na produtividade da planta forrageira bem estabelecida e dos animais que a utilizam. A prática da adubação nitrogenada deve ser acompanhada de cuidados no manejo da pastagem de tal forma a aproveitar a forrageira disponível, convertendo-a em produto animal (TOFOLLI, 2005).

1.2.5 ADUBAÇÃO FOSFATADA

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia a célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta.

O fósforo mesmo aparecendo nas plantas em menor quantidade que os outros nutrientes, é muito importante na transformação e no uso da energia pelos vegetais. Os nossos solos da região Norte em sua maioria são muito pobres em fósforo, sendo indispensável à aplicação deste nutriente via fertilização (FERNANDES; LEITE, 2004).

O fósforo tem grande importância no estabelecimento e desenvolvimento das plantas forrageiras (LUCAS; BLUE, 1973). De acordo com Fenster e Leon (1982),

para aumentar a produção de forragem no solo de baixa fertilidade dos trópicos, deve-se adicionar fertilizantes fosfatados em quantidades adequadas.

1.2.6 CALAGEM

A acidez do solo promove o aparecimento de elementos tóxicos para as plantas, afetando negativamente a lavoura e dificultando o aproveitamento, pelas plantas, dos elementos nutritivos que existem no solo. As conseqüências são os prejuízos causados pelo baixo rendimento produtivo das culturas. Portanto, a correção da acidez dos solos, através da calagem, é fundamental para uma agropecuária de alta produtividade (SCHERER; FRÖHLIC, 2006).

A grande maioria dos solos da Amazônia são ácidos, ou seja, apresentam grande concentração de íons hidrogênio e/ou alumínio no solo. A acidez dos solos promove o aparecimento de elementos tóxicos para as plantas (Al, Fe e Mn) além de causar a diminuição da presença de nutrientes para as mesmas. As conseqüências são os prejuízos causados pelo baixo rendimento produtivo das culturas. Portanto, a correção é considerada como uma das práticas que mais contribui para o aumento da eficiência dos adubos e conseqüentemente, da produtividade e da rentabilidade agropecuária.

A calagem tem efeitos diretos e indiretos sobre as plantas, os primeiros, geralmente dependentes do tempo e umidade disponível no solo, em associação com algumas características físicas do corretivo (Ex.: relação entre o tamanho da partícula e sua superfície) e químicas (valor do poder neutralizante – PN) expressam as mudanças em algumas das características químicas do solo como, por exemplo, na redução da concentração do alumínio e do manganês, elevação nas concentrações do cálcio e do magnésio, elevação do pH, aumento na disponibilidade do fósforo e, dependendo da quantidade aplicada não há alteração significativa nos valores da concentração do potássio. A atividade biológica também é favorecida pela ação do calcário.

Os efeitos indiretos podem se manifestar de algumas características fenológicas das plantas, como a distribuição do sistema radicular em profundidade e sua relação com a maior resistência aos déficits hídricos (veranicos). Em ambos os casos, os efeitos do calcário estão estreitamente ligados a aumentos da produção e

da qualidade do grão ou, no caso do sorgo forrageiro, de toda a biomassa da parte aérea colhida (PITTA et al., 2001).

O desenvolvimento ou adaptação de cultivares mais tolerantes à acidez do solo via melhoramento genético, não elimina o uso do calcário na agricultura, pelos seus efeitos e sua importância nos diferentes níveis tecnológicos dos diversos sistemas de produção usados no Brasil. A recomendação de calagem não é um procedimento simples, por pressupor o conhecimento de um número razoável de informações adicionais, como por exemplo: características da propriedade agrícola (caracterização da área, da cultura, tipo de solo, histórico da área, expectativa de rendimento etc...), conhecimento tecnológico e por último informações oriundas das condições do mercado principalmente àquelas relacionadas a preços de insumos e também disponibilidade de crédito, e que são independentes das duas anteriores (PITTA et al., 2001).

Trabalhando com doses crescentes de CaCO_3 , aplicadas sobre um Latossolo Vermelho Amarelo álico, Siqueira et al. (1980) constataram um aumento significativo na produção de matéria seca de três gramíneas forrageira com a dose de $0,8 \text{ t ha}^{-1}$. Já Pereira (1986) e Sanznwick et al. (1987) constataram aumento na mataria seca quando utilizaram as doses de calcário de $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ em um Latossolo Vermelho e de $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico.

Resultados de trabalhos por Soares (1975) em Latossolo Vermelho Escuro sob vegetação de serrado mostraram que 5 t ha^{-1} de calcário aumentou a produção de sorgo em 139%.

Vitti e Nussio (1991), observaram acréscimo acentuado na acumulação de massa seca de sorgo forrageiro em Latossolo Roxo com adição de até 5 t ha^{-1} de calcário.

1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; VERNEQUE, R.; SALVATI, J. A. **Aplicação de nitrogênio em acessos de Brachiaria**. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. *Pastagem Tropical*, Cali, v. 12, p. 2-6, 1990.

CARDOSO, E. G.; SILVA, J. M. da. **SILOS, SILAGEM E ENSILAGEM** Embrapa **Gado de corte divulga** Campo Grande, MS, 14 fev. 1995 nº 02 <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD02.html>.

DANTAS, J.A.S.; SILVA, A.V.; LOURENÇO JUNIOR, J.B.; MONTEIRO, E.M.M. **Potencial nutritivo da silagem de sorgo**. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA. A SILAGEM DO SORGO, 1, 2004, Belém. Anais... Belém: UFRA. 2004. p.101-117.

FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias: guia para aula, estudos e discussão**. Piracicaba:CALQ, 1986. 13p.

FENSTER, W. E. & LEÓN, A. L. 1982. **Considerações sobre a fertilização fosfatada no estabelecimento e persistência de pastagens em solos ácidos e de baixa fertilidade na América Latina Tropical**. In: SÁNCHEZ, P. A. e SERRÃO, E. A. S. **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. EMBRAPA, Brasília, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colômbia, 528p.

FERNANDES, A. R.; LEITE A. R. P. **Manejo do solo e uso de fertilizantes visando à produção de silagem de sorgo**. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA: A SILAGEM DO SORGO, 1, 2004, Belém. Anais. Belém: UFRA. 2004. p.53-64.

FISIOLOGIA VEGETAL **Metabolismo do Nitrogênio**. [http://www.homestead.com/fisiologiavegetal/files/Metabolismo do nitrogenio.htm](http://www.homestead.com/fisiologiavegetal/files/Metabolismo%20do%20nitrogenio.htm)..

Acesso em: 07/06/2007.

FRANÇA, G.E. ; BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L. **Aducação no Estado de Minas Gerais**. In: SANTANA, M.B.M. (Coord.). **Aducação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.107-124. 1986.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. **Evolução da Pecuária no Estado**, 2004. Disponível em: http://www.pa.gov.br/noticias2005/11_2005/06_02.asp. Acesso em 23 de dezembro de 2006.

LIMA, E. V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Agrônomicas. Campus de Botucatu. Botucatu, SP. 2004.

LUCAS, L. N.; BLUE, W. G. 1973. **Effect lime and phosphorous oon selected alluvial entisols from easterm**. Costa Rica. 2. Forage plant responses. *Trop. Aric.*(1): 63-74

MATEUS, G.P. **Utilização agropecuária do sorgo de guiné e efeitos na cultura da soja e nos atributos químicos do solo**. 2003. 142p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MELLO, R. ; NÖRNBERG, J. L. ; ROCHA, M. G. . **Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2004.

MICHELS, I. L. **Estudo das cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul, 5 Leite.** Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2003. 138 p.

MIRANDA, J. E. C.; PEREIRA, J. R. Fonte:Embrapa Gado de Leite, 2000. Disponível em: www.ruralsoft.com.br. Acesso em 07 de janeiro de 2007.

NUSSIO, L. G. **Milho e Sorgo para a produção de silagem.** In: Volumosos para bovinos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. 231 p.

PEREIRA, J.P. **Adubações de capins do gênero *Brachiaria*.** In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, 1., Nova Odessa, 1986. **Anais...Nova Odessa:** Instituto de Zootecnia, 1986. p.1-96.

PEREIRA, C.M.V.; CARDOSO, R.M.C. **Sorgo.** São Paulo: Ícone Editora Ltda., 1987, 63p.

PITTA G. V. E. ; COELHO, A. M. ; ALVES, V. M. C. ; VASCONCELLOS, C. A. **Quimigação- Aplicação de Produtos Químicos e Biológicos Via Água de Irrigação.** In: Ass. Brasil de Ensino Agrícola Superior. (Org.). Programa de Suporte Técnico à Gestão de Recursos Hídricos / Módulo IX. Brasília: ABEAS, 1997 , v. Único, p. 1-134.

PITTA, G.V.E; VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.C. **Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro.** In: Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2001. 243-262p.

PONCHIO, L. A.; NUSSIO, L. G. **Silagem de Sorgo.** Leite DPA, v. 34, p. 8 - 11, 01 dez. 2003.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C.(Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. **Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de Cerrado.** Brasília, DF: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.22, n.3, p.233-243, 1987.

SCHERER S.; FRÖHLICH C. **A importância da conservação do solo.** Disponível em: http://cl.uri.br/arquivos/artigos/artigo_1_06092006.pdf, 2006. Acesso em: 03/05/2006.

SILVA, A.V. **Composição bromatológica e digestibilidade "in vitro" da matéria seca de silagem de milho e sorgo, tratadas com inoculantes microbianos.** In: TESE DOUTORADO Populações microbianas em plantas de milho e sorgo, produtos da fermentação e desempenho de bovinos de corte, suplementados com suas silagens, tratadas com inoculantes microbianos. Viçosa: UFV, 2001, 122p.

SILVA, L.C.R.; RESTLE, J.; MULLER, L. **Características de carcaça e da carne de novilhos terminados em confinamento com diferentes tipos de silagem.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 1991, p.245.

SOARES, W.S.; LOBATO, E.; GONZALES, E., NADERMAN JUNIOR, C.C. **Encalado de los suelos Del cerrado brasileiro**. Cali, Colômbia, CIAT, 1975.

STONE, L. R.; SCHLEGEL, R. E.; GWIN, R. E.; KHAN, A.H. **Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas**. Agriculture Water Management, Amsterdam, 30:251-259. 1996.

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. **Manejo cultural do sorgo, com ênfase para a produção de silagem**. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA. A SILAGEM DO SORGO, 1, 2004, Belém. Anais. Belém: UFRA. 2004. p.33-44 diss

TOFOLLI, R. C. Z. **Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes pelo braquiário, em função de níveis de saturação por bases do solo e fontes fosfatadas**. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém-Pa, 2006.

VITTI, G.; NUSSIO, L. G., **Correção e adubação de culturas de milho e sorgo de alta produtividade para ensilagem**. In: Aristeu Mendes Peixoto; José Carlos de Moura; Vidal Pedroso de Faria. (Org Culturas de Milho na Alimentação de Bovinos. Piracicaba, 1991, v. , p. 1-58.

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).

CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO DO SORGO FORRAGEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E DE NITROGÊNIO, CULTIVADO EM UM LATOSSOLO AMARELO

RESUMO

Nitrogênio e fósforo são elementos essenciais para o desenvolvimento do sorgo e tem grandes quantidades extraídas e exportadas pelas plantas de sorgo, demonstrando que a não reposição desses dois elementos ao solo pode ser limitante nos sistemas de produção de silagem. O objetivo do estudo foi avaliar crescimento e produção do sorgo forrageiro, em função de diferentes doses de fósforo e de nitrogênio, cultivado em um Latossolo Amarelo da Amazônia. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x3, em 3 blocos. Sendo quatro níveis de adubação fosfatada, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e três níveis de adubação nitrogenada, 60, 100 e 140 kg ha⁻¹ de N. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato simples e a de nitrogênio foram sulfato de amônio e uréia. A interação das doses de P com as doses de N influenciaram significativamente o crescimento e a produção do sorgo forrageiro. Nas doses de 100 e 140 kg ha⁻¹ de N combinada com a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram obtidas as maiores produções de massa seca e massa verde da parte aérea. A produção máxima estimada de massa verde e massa seca da parte aérea foi de 53.760 e 17.572 kg ha⁻¹, sendo que a produção correspondente a 90% da máxima foi de 48.384 e 15.436 kg ha⁻¹, para doses máximas de 122 e 136 kg ha⁻¹ P₂O₅ e doses críticas de 65 e 81 kg ha⁻¹ P₂O₅, associado às doses de 140 e 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Palavras-chave: sulfato de amônio, superfosfato simples, uréia

ABSTRACT

Nitrogen and phosphorous are essential elements for the development of sorghum and have great amounts extracted and exported by the plants demonstrating that the replacement of these two elements to the ground cannot be limiting in the systems of ensilage production. The objective of this study was evaluated the growth and production of the sorghum in function of different levels of fertilization with nitrogen and phosphorous in a randomized block experimental design, four phosphorous levels fertilization: 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and three nitrogen level fertilization: 60, 100 e 140 kg ha⁻¹ de N. The source of phosphorous used was single superphosphate, and the source of nitrogen was ammonium sulfate and urea. The interaction of the levels of P with the doses of N had significantly influenced the growth and the production of sorghum. In the levels of 100 and 140 kg ha⁻¹ of N combined with the level of 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ had been gotten the biggest productions of dry mass and green mass of the aerial part. The esteem maximum production of green mass was of 53.760 kg ha⁻¹ and dry mass of was of 17.572 kg ha⁻¹ of the aerial part, being that the corresponding production 90% of the principle was of 48.384, to levels maxims of 122 and 136 kg ha⁻¹ P₂O₅ and critical levels of 65 and 81 kg ha⁻¹ P₂O₅, associate to the levels of 100 and 140 kg ha⁻¹ of N, respectively.

Keywords: ammonium sulfate, single superphosphate, urea

2.1. INTRODUÇÃO

A qualidade da silagem está diretamente relacionada ao bom manejo das plantas no campo, sendo importante salientar que a adubação correta constitui em importante elemento de maximização dessa qualidade. Porém há a necessidade de informações precisas para que seja desenvolvido um bom programa de fertilização que alie boa produção e minimização dos custos.

Nitrogênio e fósforo são elementos essenciais para o desenvolvimento do sorgo e têm grandes quantidades extraídas e exportadas pelas plantas de sorgo, demonstrando que a não reposição desses dois elementos ao solo pode ser limitante nos sistemas de produção de silagem.

O nitrogênio tem grande importância no cultivo de forrageiras, pois além de ser essencial é um dos nutrientes mais exigidos e exportado em quantidade e, normalmente, melhora a qualidade da forragem. Quando expresso em termos de proteína bruta, sua concentração é um dos indicadores de valor nutritivo da forragem, o qual é menor com a idade ou a maturidade da planta forrageira, podendo, também, ser incrementado pelas adubações nitrogenadas.

Quanto à modulação da produtividade, vários trabalhos têm mostrado a ação efetiva do N. Os altos índices de produtividade encontrados em países desenvolvidos, como via de regra, estão relacionados ao emprego de altas doses de N nas culturas (SANTOS et al., 1995). Vitti e Nussio (1991) destacam que boas produções de sorgo têm sido obtidas com níveis de N superiores a 100 kg ha^{-1} , enquanto Cantarella e Raij (1986) mostraram que, em geral, de 70 a 90% dos ensaios com a cultura do milho responderam à aplicação de N.

A deficiência do fósforo tem limitado a produtividade de várias culturas, principalmente aquelas mais exigentes por ocasião do desenvolvimento inicial, como é o caso do sorgo, que também apresenta grande exigência por ocasião da formação da panícula, sendo determinante para a formação dos grãos.

A deficiência de P tem sido apontada como o principal fator limitante para forragens cultivadas no Brasil, em função da baixa disponibilidade do nutriente no solo. Desta forma a correção das deficiências de fósforo torna-se imprescindível para o alcance de boas produtividades.

Embora as plantas necessitem de pequenas quantidades de fósforo, quando comparada às necessidades de nitrogênio e potássio, o suprimento adequado só

tem sido atingido com o uso de grandes quantidades de adubo fosfatado, aumentando bastante o custo de produção. Tal fato se deve a elevada capacidade de retenção de P, em formas não disponíveis às plantas, em função dos baixos valores de pH e, conseqüentemente, altas concentrações de óxidos de ferro e alumínio nos solos.

O manejo adequado da adubação fosfatada e nitrogenada, que passa pela determinação de doses e/ou da combinação de doses mais eficientes, além de contribuir para uma maior produção, proporcionará uma redução de custos, possibilitando o uso mais freqüente dessa prática pelos produtores.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento e a produção do sorgo forrageiro, em função de diferentes doses de fósforo e de nitrogênio, cultivado em um Latossolo Amarelo da Amazônia.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 CARACTERÍSTICA DA ÁREA E ATRIBUTOS DO SOLO

O experimento foi desenvolvido no período de 16 de Dezembro de 2005 a 2 de Março de 2006, em área do Instituto de Ciências Agrárias (ICA), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Belém, cujas coordenadas são: latitude de 1°28' S, longitude de 48°30' W e altitude média de 9 m. O clima é Af_i segundo classificação de Köpen e temperatura média anual de 26°C. Apresenta precipitação pluviométrica com comportamento típico de áreas tropicais de alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm, apresentando uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (Nechet, 1993).

Foi utilizado o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] forrageiro, variedade BR-700. De acordo com a EMBRAPA Milho e Sorgo (2006) o sorgo BR 700 é um híbrido forrageiro desenvolvido por esta instituição de pesquisa para atender à crescente demanda dos produtores por maior eficiência na alimentação de bovinos. Esse híbrido produz de 30 a 40 toneladas de massa verde por hectare, e de 4 a 5 t ha⁻¹ de grãos. Essa relação grãos/forragem do BR 700 resulta numa silagem de Alta qualidade. O BR 700 possui ainda uma característica única: a tolerância à acidez do solo. Além disso, apresenta resistência ao acamamento e maior estabilidade de

produção. O BR 700 é um híbrido precoce e seu ponto ideal para silagem é quando os grãos apresentam-se em estágio leitoso/pastoso e a planta contém em média torno de 30% de matéria seca. O material ensilado possui 60% de digestibilidade (*in vitro*) da matéria seca e 8,5% de proteína bruta. A massa verde do BR 700 tem, em média, 30% de panículas, 10% de folhas e 60% de colmos, com alta sanidade de folhas e grãos. Suas plantas apresentam colmos secos, panículas semi-abertas, grãos de cor castanha, com endosperma semiduro, peso médio de 30 gramas em 1.000 grãos e alcança rendimento de rebrota de até 60% ao do obtido no primeiro corte.

A área do experimento vem sendo cultivada há vários anos com culturas anuais, sendo que anteriormente a esse experimento foi utilizada para o plantio de feijão caupi.

Inicialmente foram coletadas 20 subamostras simples que constituíram 3 amostras compostas, do solo na camada 0-20 cm de profundidade para caracterizar os atributos granulométricos e químicos por meio de análises efetuadas em laboratórios do Instituto de Ciências Agrárias/UFRA, segundo metodologia descrita pela Embrapa (1997), cujos resultados podem ser observados na Tabela 1.

2.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em um arranjo fatorial 4 x 3, sendo quatro doses de fósforo (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e três doses de nitrogênio em cobertura (60, 100 e 140 kg ha⁻¹ de N), totalizando 12 tratamentos, com três repetições, perfazendo um total de 36 parcelas. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato simples e a de nitrogênio o sulfato de amônio e a uréia.

Tabela 1 – Atributos químicos e granulométricos de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média (camada de 0 a 20 cm).

pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	V	MO	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³			%		g kg ⁻¹			
5,7	1,6	0,08	1,2	1,3	6,4	28,8	31,0	26,8	41,7	17,8	13,7

2.2.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foi efetuada na área uma roçagem 30 dias antes do plantio e aplicado herbicida Glyphosate sobre a rebrota, quando faltavam 20 dias para o plantio e após três dias foi efetuada uma gradagem. A área foi subdividida em parcela de 7,68 m² (2,4 x 3,2 m) e foi composta de quatro linhas de 3,2 m de comprimento com espaçamento de 0,80 m entre linhas e 0,20 m entre plantas.

No dia 26 de novembro 2005 foi efetuada a abertura dos sulcos e nestes foi realizada a adubação fosfatada total, de acordo com os tratamentos, 20 kg ha⁻¹ de N, e 22,22 kg ha⁻¹ de FTE BR-12 como fonte de micronutrientes.

No dia 6 de dezembro de 2005 foram plantadas 17 mudas de sorgo por linha resultando em 68 plantas por parcela.

Aos 30 dias após o plantio foi efetuada a primeira adubação de cobertura com 25 kg ha⁻¹ de N (para os tratamentos que receberam 60 kg ha⁻¹ de N até o fim do experimento), com 45 kg ha⁻¹ de N (para os tratamentos que receberam 100 kg ha⁻¹ de N até o fim do experimento) e com 65 kg ha⁻¹ de N (para os tratamentos que receberam 140 kg ha⁻¹ de N até o fim do experimento). Também foi efetuada a primeira adubação de cobertura com potássio com 50 kg ha⁻¹ de KCl.

Aos 55 dias após o plantio foi efetuada a segunda adubação de cobertura com 15 kg ha⁻¹ de N (para os tratamentos que receberam 60 kg ha⁻¹), com 35 kg ha⁻¹ de N (para os tratamentos que receberam 100 kg ha⁻¹) e com 55 kg ha⁻¹ de N (para os tratamentos que receberam 160 kg ha⁻¹). Também foi efetuada a segunda adubação de cobertura com potássio com 50 kg ha⁻¹ de KCl.

Aos 75 dias após o plantio, quando os grãos se encontravam em estágio leitoso/pastoso, foram efetuadas as mensurações de diâmetros de colmo com a utilização de paquímetro e mensurações de alturas de plantas com utilização de fita métrica. Aos 76 dias após o plantio foi efetuada a colheita das plantas de sorgo de toda a área útil da parcela, constituída de duas linhas centrais, e em seguida realizou-se a pesagem da massa verde do colmo, das folhas e das panículas. Amostras do material verde foram coletadas, tomando-se o cuidado de ser bem representativo, e estas foram devidamente lavadas em água corrente e depois em água destilada, sendo posteriormente colocadas em sacos de papel e secas em estufa, com circulação forçada de ar a 65-70°C até peso constante, determinando-se

assim a massa seca das amostras. A partir do peso seco das amostras em relação ao peso verde, calculou-se o peso seco da parcela e, por conseguinte por hectare.

Para avaliação, tomaram-se como variáveis: diâmetro de colmo, altura de plantas, produção de massa verde e seca de panícula, colmo, folha e parte aérea, relação folha-parte aérea, relação colmo-parte aérea, relação panícula-parte aérea.

2.2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, ajustando-se as equações para expressar adequadamente o comportamento dos resultados, sendo escolhidos as de melhor ajuste, usando o programa estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 CRESCIMENTO

Para o diâmetro do colmo ocorreu uma interação significativa entre a dose de 60 kg ha⁻¹ de N e as doses de P (Figura 1). O maior diâmetro de colmo do sorgo encontrado foi de 15,77 mm, obtido na combinação de 60 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 1). Com esta dose de adubo nitrogenado ocorreu uma diminuição significativa no valor do diâmetro, quando combinado com 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, seguida de uma elevação gradativa nas doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, mesmo assim caracterizando um ajuste quadrático decrescente.

Nas doses de 100 e 140 kg ha⁻¹ de N não apresentaram interação significativa para o diâmetro de colmo em nenhuma das combinações com as doses de fósforo, resultados que concordam com os de Lucena et al. (2000) que em experimento com milho não encontrou influência significativa para diâmetro caulinar em doses de 120 e 180 kg ha⁻¹ de N combinados com doses crescentes de P₂O₅.

Para altura de plantas ocorreu interação significativa entre as combinações das doses de N e P₂O₅ com as curvas se ajustando a funções quadráticas decrescentes (Figura 2). Belarmino et al. (2003), trabalhando com capim-tanzânia e doses crescentes de superfosfato simples e sulfato de amônio não encontrou efeito significativo para interação entre as combinações de N e P₂O₅.

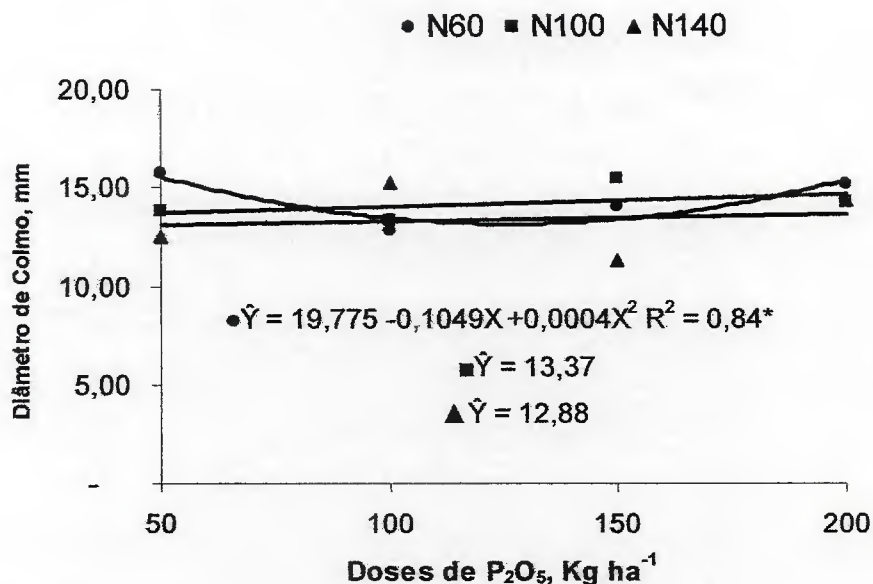


Figura 1 – Diâmetro do colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

De um modo geral, os valores de altura das plantas de sorgo deste experimento podem ser considerados baixos quando comparados aos dados obtidos por Costa et al. (2001), citado por Teixeira e Teixeira (2004) para a variedade BR 700, que segundo este autor fica em torno de 239 cm contra 167,5 cm que foi a maior altura encontrada neste trabalho (Figura 2).

A altura máxima foi encontrada na combinação das doses $60\ kg\ ha^{-1}$ de N e $100\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , sendo que, com este nível de adubação de N há uma queda nos valores da altura de sorgo com o aumento das doses de P_2O_5 . Oliveira e Caíres (2003) que trabalhando com milho encontraram maior altura de planta na maior dose nitrogenada de $120\ kg\ ha^{-1}$ de N combinada com $87\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , ressaltando-se a ausência de interação com as doses de fósforo. Tal resultado pode ser justificado pela maior exigência do milho em N. Este resultado não concorda com a citação de Leite (2006), que destaca que a altura de plantas na cultura do sorgo é uma variável de crescimento importante por ser uma característica normalmente correlacionada positivamente com as características de produção, pois nesse experimento a maior altura não foi encontrada sob as doses que promoveram maiores produções.

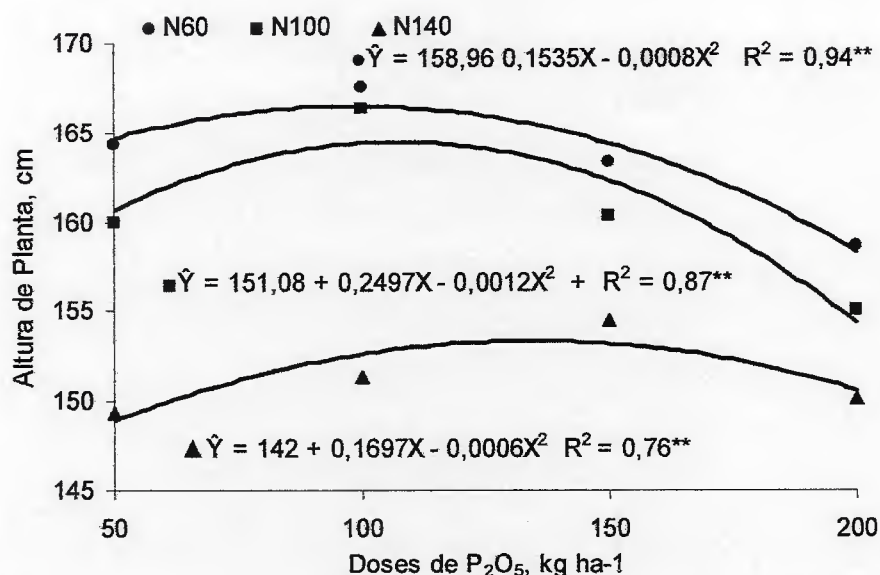


Figura 2 – Altura de plantas do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Nas combinações das doses de fósforo com o maior nível de nitrogênio, ou seja, 140 de kg ha⁻¹, observou-se os menores valores de altura em comparação com as demais combinações de doses menores de nitrogênio. Este resultado é semelhante ao encontrado por Prado et al. (2006) que trabalhando com aveia preta encontraram efeito prejudicial ao crescimento desta gramínea na utilização da maior dose de nitrogênio, combinado com crescentes doses de fósforo. Segundo Marmaril e Miller (1970) alguns autores procuram explicar os resultados de influência de nutrientes nos parâmetros agrônômicos por meio da relação de absorção desses com outros macros e micronutrientes. Sabe-se que altos níveis de nitrogênio podem comprometer a absorção do fósforo pela planta (IMOSELI et al., 2001).

A produção de massa verde e seca de panícula foi influenciada significativamente pela interação das doses de N e de P₂O₅, se ajustando a funções quadráticas. Diferentemente do que ocorreu com a altura das plantas, a maior produção ocorreu na combinação das doses de 140 de N e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. (Figuras 3 e 4).

Enquanto que para a massa verde, obteve-se uma curva decrescente em função das doses de P (Figura 3) a menor produção de massa seca de panícula foi observada quando se utilizou a dose de 60 kg ha⁻¹ de N, independente da dose de P sendo inicialmente (na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) foi a maior produção (Figura 4).

Almeida (1988) em experimento com doses de P em sorgo encontrou menor produção sob a dose de 150 kg ha⁻¹ de P.

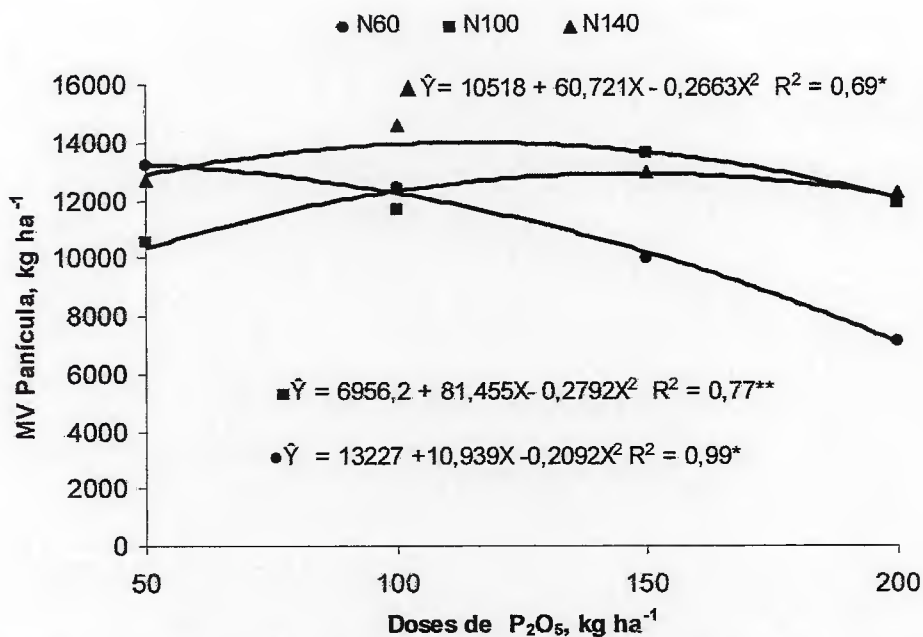


Figura 3 – Massa verde (MV) de panícula do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

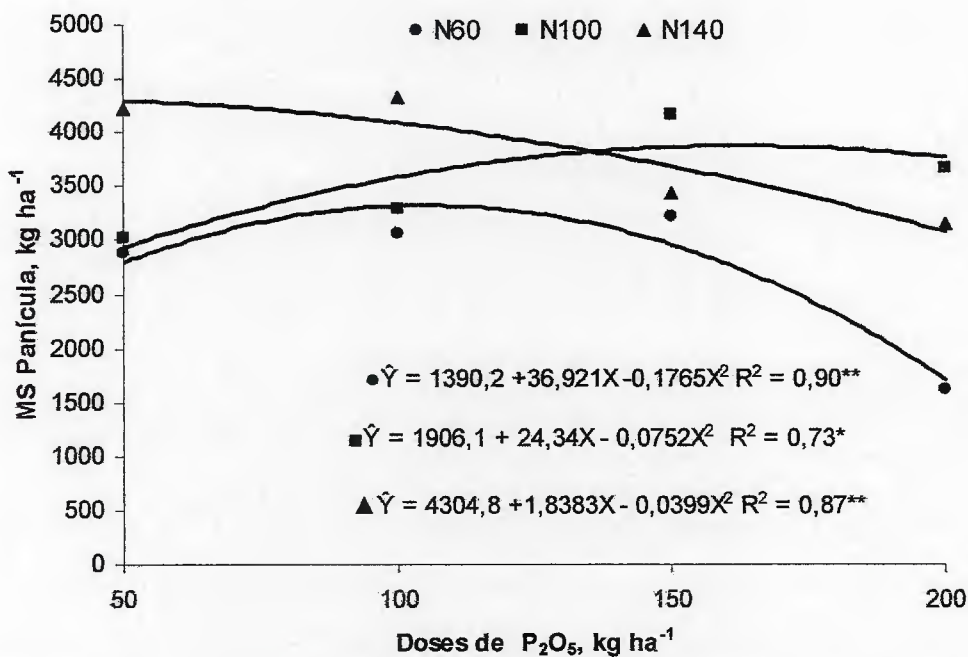


Figura 4 – Massa seca (MS) de panícula do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Para a produção de massa verde e seca de colmo ocorreu interação significativa entre as doses de fósforo e de nitrogênio, com ajustes a funções quadráticas (Figuras 5 e 6). Nas doses de 140 e 100 kg ha⁻¹ de N, quando combinadas com a dose 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obteve-se as maiores produções massa verde, de 31.602,1 e de 31.238,6 kg ha⁻¹, respectivamente. Com essas mesmas combinações constatou-se o inverso na produção de massa seca, 10.524 e 9.320,76 kg ha⁻¹ (Figura 6). Tal resultado sugere que na doses mais elevada de N as plantas acumularam mais água. Martinez (1980) em trabalho com capim-colonião encontrou aumento na matéria seca do caule com a melhoria no suprimento de fósforo (Figura 5 e 6).

Na dose de 60 kg ha⁻¹ de N observou-se a menor produção de massa verde e massa seca do colmo (Figura 5 e 6).

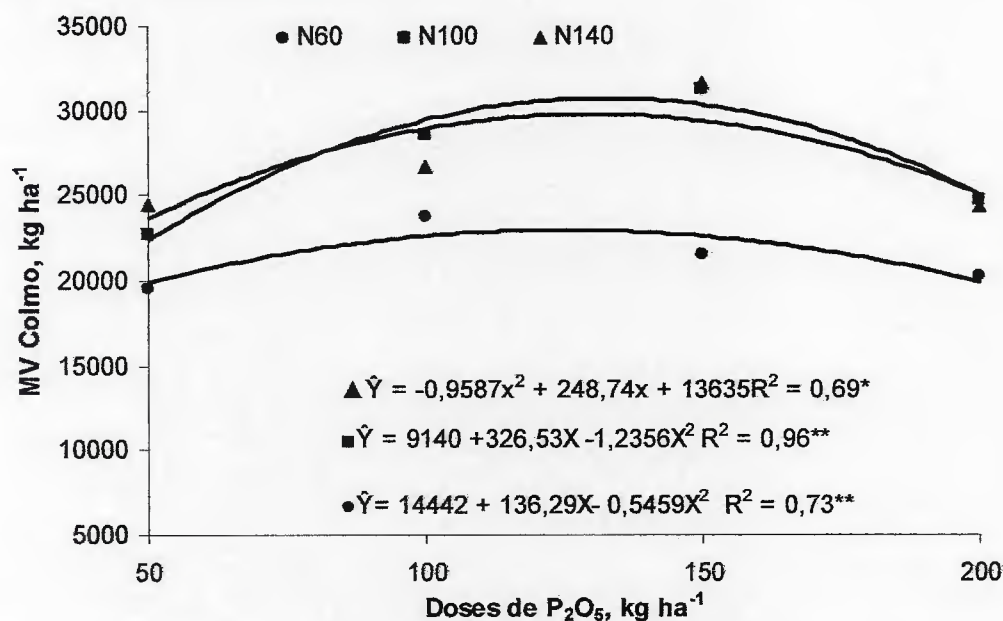


Figura 5 – Massa verde (MV) do colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Na utilização da dose de 60 kg ha⁻¹ de N combinada com as doses de fósforo foram encontradas curvas quadráticas, verificando-se também os menores valores para massa verde e seca de folhas (Figuras 7 e 8). Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000) o nitrogênio está associado ao crescimento vegetativo das plantas, então esta menor dose de adubação nitrogenada provavelmente não foi suficiente para atender as necessidades da planta de sorgo em relação a uma produção de

biomassa de folhas satisfatória e por isso apresentando valores abaixo das demais doses com maior quantidade de N.

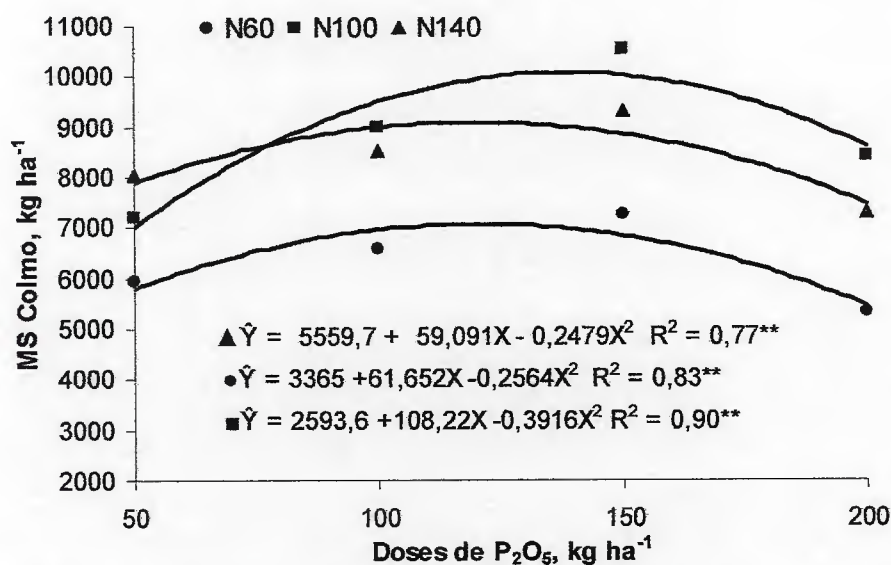


Figura 6 – Massa seca (MS) do colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

A utilização da dose nitrogenada de 140 kg ha⁻¹ de N combinada com a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou a maior produção de massa verde de folhas (Figura 7), já na utilização da mesma dose nitrogenada combinada com a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ pode-se observar a maior produção de massa seca de folhas sofrendo uma queda gradativa conforme o aumento das doses de fósforo. Resultado diferente do que ocorreu com a massa seca de colmo, que na maior dose de N obteve-se a maior produção de massa verde (Figura 5), que por sua vez não resultou em maior produção de massa seca (Figura 6). Tal resultado sugere que para maior produção de massa de folhas no sorgo forrageiro a dose de 140 kg ha⁻¹ de N foi a que proporcionou melhor resultado, diferentemente da massa de colmo, cuja massa seca foi mais elevada com a dose de 100 kg ha⁻¹ de N. Martinez (1980) em experimento com capim-colonião constatou o aumento da produção de matéria seca de folhas com a melhoria no suprimento de fósforo.

A produção máxima estimada de massa verde de folhas foi de 9.874 kg ha⁻¹, sendo que a correspondente a 90% da máxima foi de 8.886 kg ha⁻¹, para uma dose máxima de 109 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e uma dose crítica de 59 kg ha⁻¹ P₂O₅, associado a

uma dose de 140 kg ha⁻¹ de N (Figura 7), sendo que a maior quantidade de massa seca foi atingida com a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 8).

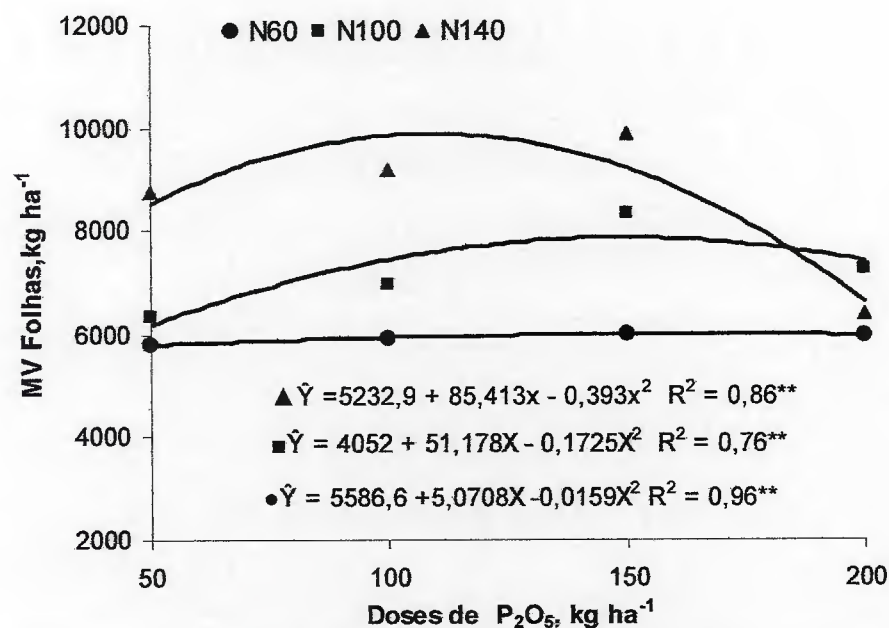


Figura 7 – Massa verde (MV) de folhas do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

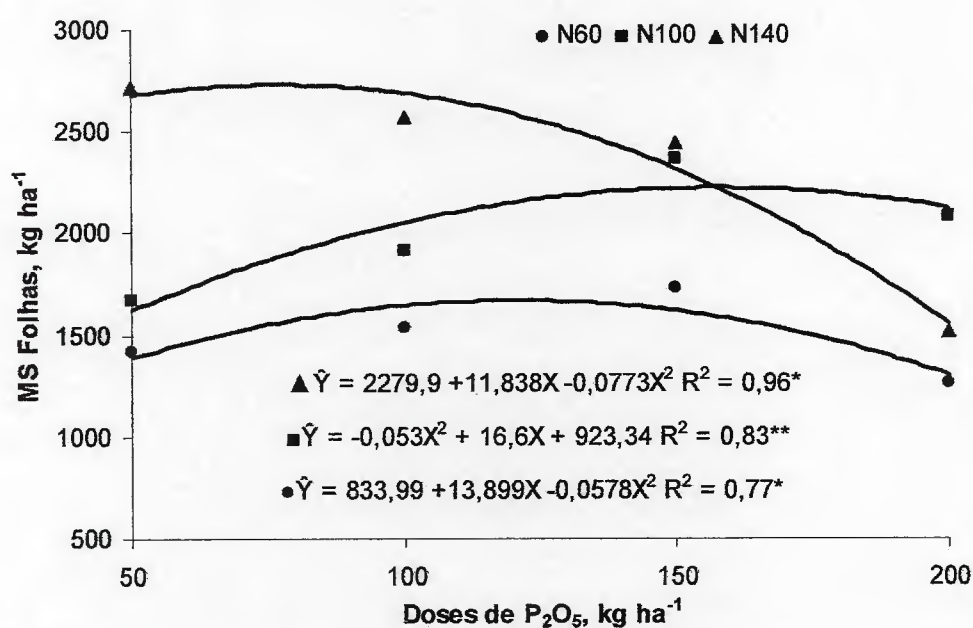


Figura 8 – Massa seca (MS) de folhas do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

A interação das doses de N com as doses de P influenciaram significativamente a produção de massa verde e seca da parte aérea e se ajustaram a funções quadráticas (Figuras 9 e 10).

A menor dose de N (60 kg ha^{-1}), independente da dose de P, provocou a menor produção de massa da parte aérea, exceto quando se utilizou 50 de N e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , que apresentaram produções estatisticamente iguais, enquanto que a maior produção de massa verde foi verificada na dose de 100 kg ha^{-1} de N (não havendo diferença significativa para a dose de 140 kg ha^{-1} de N) com a dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 9), sendo que a maior massa seca também foi atingida com a dose de 100 kg ha^{-1} de N, na mesma dose de P. Belarmino et al. (2003), trabalhando com diferentes doses de N e P, na produção de massa seca do capim-tanzânia observaram maior produção na utilização da dose de 100 kg ha^{-1} de N associada a 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , resultado semelhante ao deste trabalho. O resultado deste trabalho também foi semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2000) que constataram maiores valores de massa verde para o capim-tanzânia com a mesma dose de adubação fosfatada, 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

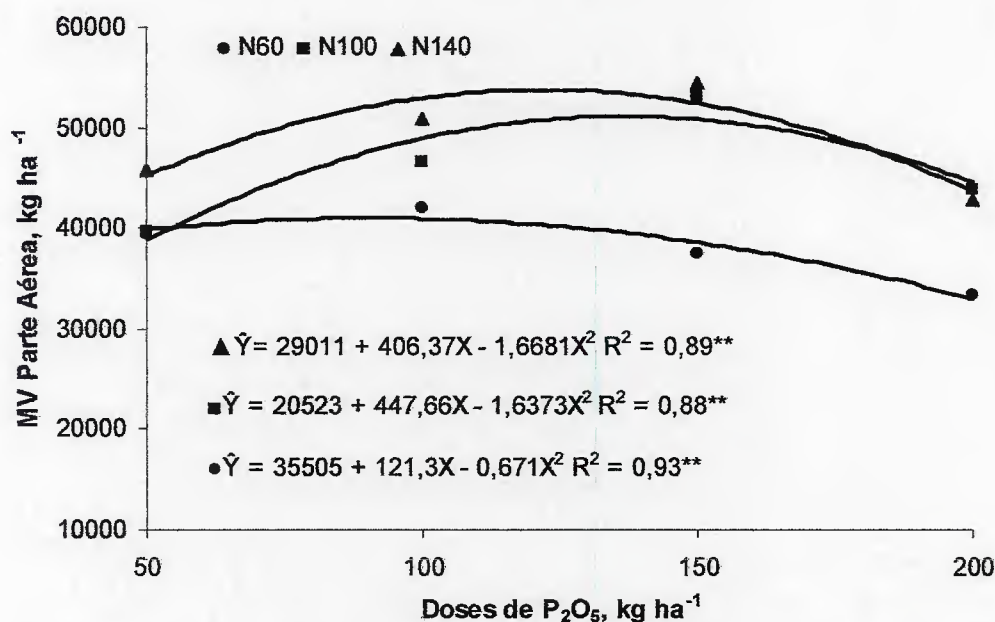


Figura 9 – Massa verde (MV) da parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Por outro lado, Pedreira (1995) testou diferentes doses de N e P e relacionou a interação positiva do N e do P na produção das forrageiras à formação de raízes

proporcionada pelo fósforo e o incremento da produção de biomassa da parte aérea proporcionado pelo N.

Prado et al. (2006) trabalhando com aveia preta encontraram resultados diferentes, isto é, o maior rendimento de massa seca esteve associado a maior dose de fósforo (300 mg dm^{-3} de P), assim como Primavesi et al. (2004) que também encontraram resposta positiva à crescente aplicação de fósforo. Resultado diferente também foi encontrado por Lajús et al. (1995) que em experimento com forragem encontraram maior produção de matéria seca quanto maior foi a dose de N.

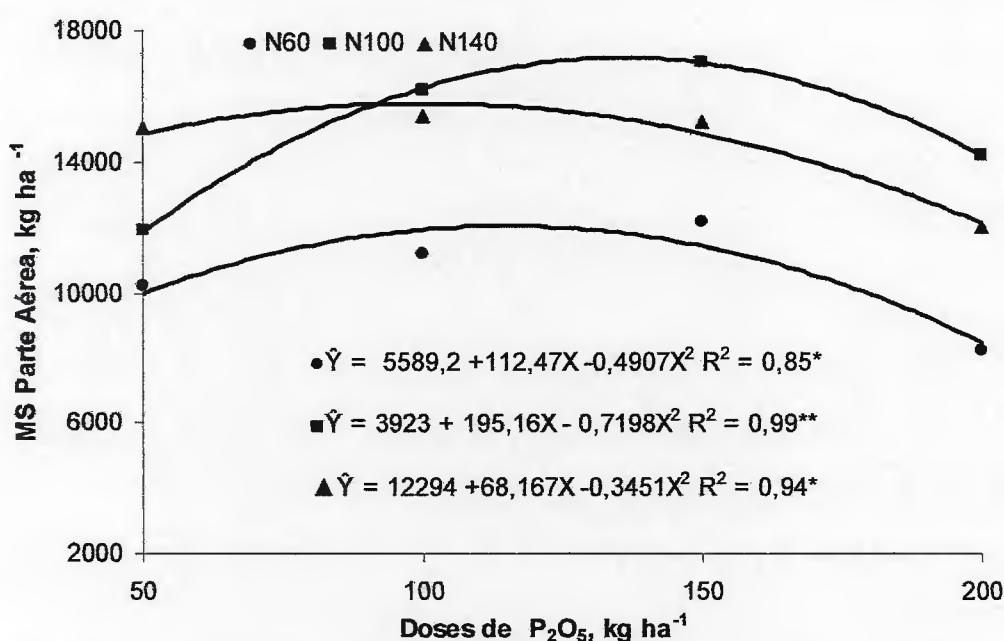


Figura 10 – Massa seca (MS) da parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

De acordo com Costa et al. (2001) citado por Teixeira e Teixeira (2004) o valor médio de produção de massa verde do sorgo variedade BR 700 fica em torno de $39 \text{ mil kg ha}^{-1}$, portanto os valores encontrados neste experimento, de uma forma geral, ficaram acima deste valor, com destaque para a produção de $54.435,4 \text{ kg ha}^{-1}$, de massa verde alcançada neste trabalho.

Vale ressaltar ainda que, ao comparar os valores de massa seca da parte aérea do experimento com os de Costa et al. (2001), citado por Teixeira e Teixeira (2004), para a variedade BR 700, de $16 \text{ mil kg ha}^{-1}$, os valores são próximos aos obtidos na dosagem de nitrogênio de 100 kg ha^{-1} combinada com as doses de 150 e

200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e na dosagem 140 kg ha⁻¹ de nitrogênio combinada com as doses de 100 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 10).

A produção máxima estimada de massa verde e massa seca da parte aérea foi de 53.760 e 17.572 kg ha⁻¹, sendo que a produção correspondente a 90% da máxima foi de 48.384 e 15.436 kg ha⁻¹ (Figura 9 e 10), para doses máximas de 122 e 136 kg ha⁻¹ P₂O₅ e doses críticas de 65 e 81 kg ha⁻¹ P₂O₅, associado às doses de 140 e 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Vale salientar que para uma dose de 100 kg ha⁻¹ de N a produção máxima de massa verde atingiu 51.122 kg ha⁻¹ e 48.009 kg ha⁻¹ para 90% da máxima, com uma dose de 137 kg ha⁻¹ de P₂O₅, tais valores não diferiram estatisticamente.

2.3.3 RELAÇÃO FOLHA:PARTE AÉREA, RELAÇÃO COLMO:PARTE AÉREA E RELAÇÃO PANÍCULA:PARTE AÉREA

Todas as equações relativas às combinações de doses de N x doses de P para as relações folha:parte aérea, colmo:parte aérea e panícula:parte aérea se ajustaram a funções quadráticas (Figuras 11, 12 e 13).

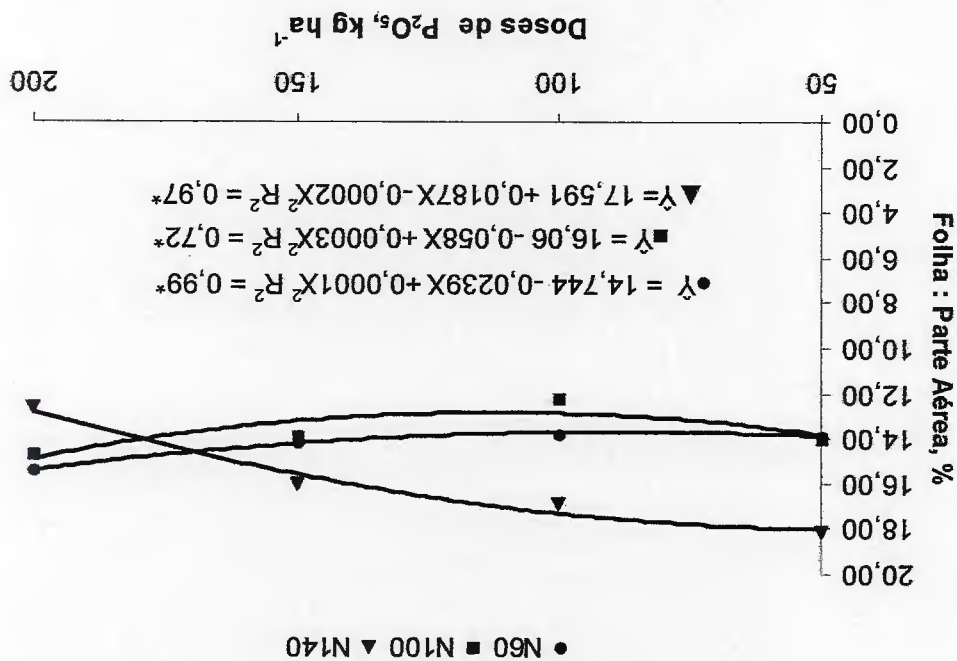


Figura 11 – Relação folha:parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

A máxima relação folha:parte aérea (%) esteve associada à combinação de

140 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ havendo um decréscimo significativo nessa relação conforme o aumento das dosagens de P₂O₅. Nas menores doses de N observa-se que o maior valor de relação folha:parte aérea encontrado foi quando combinado com 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 11). Esta relação assume grande importância tendo em vista que as folhas apresentam maior valor nutritivo, principalmente, maior concentração de proteína.

A maior relação colmo:parte aérea foi de 64,71% encontrada na combinação de 60 kg ha⁻¹ de N e 200 kg ha⁻¹ de P. No nível de 140 kg ha⁻¹ de N combinado com as doses de 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ as relações colmo:parte aérea encontradas foram respectivamente 53,72%, 54,66%, 61,31%, e 61%, sugerindo que a melhor relação esteve associada a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, tendo em vista que o colmo é a parte da planta com menor valor nutritivo (Figura 12).

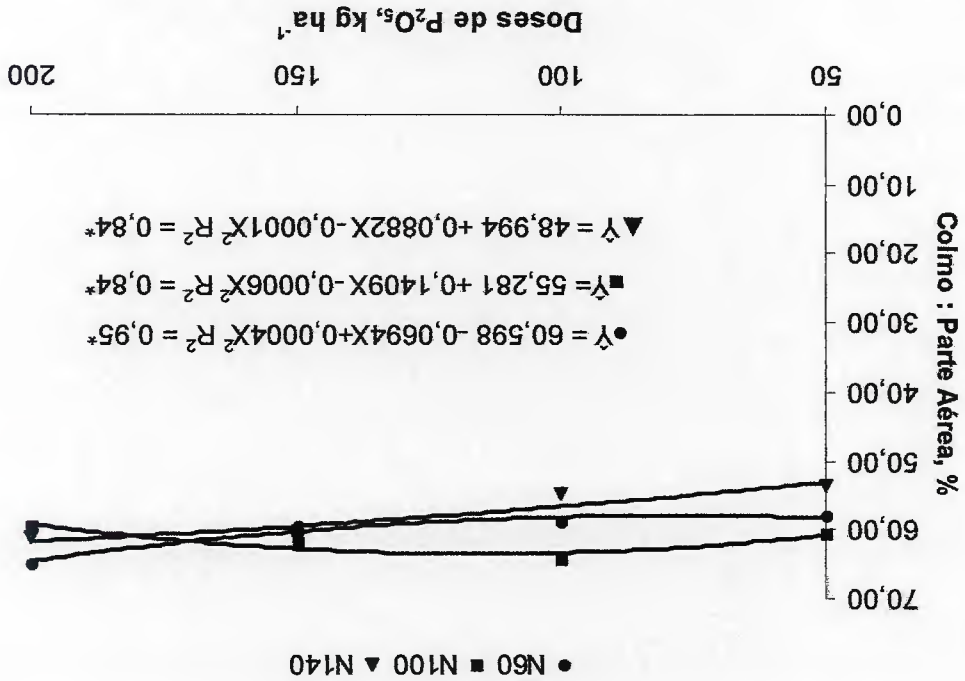


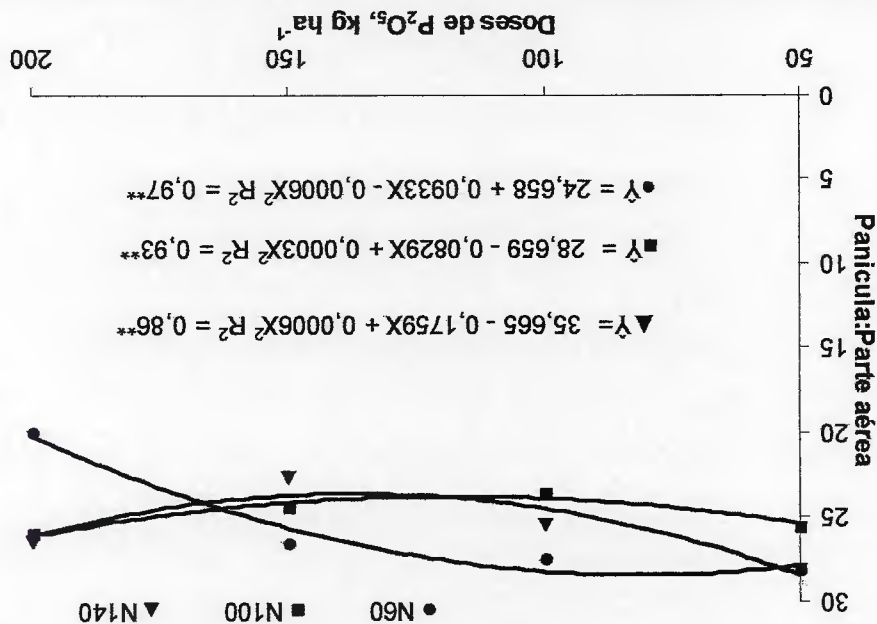
Figura 12 – Relação colmo : parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

A dose de 60 kg ha⁻¹ de N apresentou maior relação colmo:parte aérea quando combinado com a dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, apresentando um decréscimo altamente significativo em suas médias relacionadas com o aumento das doses de P₂O₅ (Figura 13). Na utilização de 100 kg ha⁻¹ de N a maior relação colmo:parte

- A interação das doses de P com as doses de N influenciaram significativamente o crescimento e a produção do sorgo forrageiro.
- Nas doses de 100 e 140 kg ha⁻¹ de N combinada com a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram obtidas as maiores produções de massa seca e massa verde da parte aérea.
- A produção máxima estimada de massa verde e massa seca da parte aérea foi de 53.760 e 17.572 kg ha⁻¹, sendo que a produção correspondente a 90% da máxima foi de 48.384 e 15.436 kg ha⁻¹, para doses máximas de 122 e 136 kg ha⁻¹ P₂O₅ e doses críticas de 65 e 81 kg ha⁻¹ P₂O₅, associado às doses de 140 e 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

2.4 CONCLUSÕES

Figura 13 – Relação panícula:parte aérea do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.



aérea encontrada foi na combinação com a dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Quando utilizado o nível de N de 140 kg ha⁻¹, obteve-se uma função quadrática decrescente, com o aumento das doses de P.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.A.G. FONTES, J. M.; ALMEIDA, F. C. G. uso D.; CINZA DA CASCA DE CASTANHA DO CAJU COMO FONTE DE FÓSFORO PARA A CULTURA DO SORGO (Sorghum bicolor (L.) Moench.) *Ciênc. Agron. Fortaleza*, 19(1):p. 67-72, Jun., 1988.
- BELARMINO, M. C. J.; PINTO, J. C.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R. de.; ALTURA DE PERFILHO E RENDIMENTO DE MATÉRIA SECA DE CAPIM-TANZÂNIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE SUPERFOSFATO SIMPLES E SULFATO DE AMÔNIO. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, V.27, n.4, p.879-885, jul./ago., 2003.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Aducação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTANA, M.B.M. Aducação nitrogenada no Brasil. Ilhéus: CEPLAC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.47-49. 1986.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. *Manejo cultural do Sorgo para forragem*. Sete Lagoas, MG: 1997. 66p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. *Sorgo BR 700*. Sete Lagoas, MG. Disponível em: <http://www.cnpmis.embrapa.br/produtos/produtos/br700.html>. Acesso em: 08/04/2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos e análises de solos*. Rio de Janeiro, 1997. 212 .
- IMOLESI A. S.; PINHO E. V. R. V.; PINHO R.G. V.; VEIRA M. G. G. C.; CORRÊA R. S. B. Influência da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de milho. *Ciênc. agrotec., Lavras*, v.25, n.5, p. 1119-1126, set./out., 2001
- LAJUS, C.A. Campo natural de planossolo: efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade da forragem. Pelotas-RS : UFPEL, 1995. 81 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel"/Universidade Federal de Pelotas, 1995.
- LEITE, M. L. M. V. Crescimento vegetativo do sorgo Sudão (*Sorghum sudanense* (piper) stapf), em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo. Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias. Areia, 2006.
- LUCENA L. F. C.; OLIVEIRA F. A.; SILVA I. F.; A. P. ANDRADE. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.334-337, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, 2000.
- MARMARIL, C.P.; MILLER, M.H. Effects of ammonium on the uptake of phosphorus, sulfur, and rubidium by corn. *Agronomy Journal*, Madison, v.62, n.6,p.753-758, 1970.
- MARTINEZ, H. E. P. 1980. Níveis críticos de fósforo em *Bracharia decumbens* (Stapf.) *Bracharia humidicola* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Palde Beauv., *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum Schum*. Dissertação de Mestrado. Escola

Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 90p.

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

OLIVEIRA, J. M. S. de.; CAIRES, E. F. **Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto** Acta Scientiarum. Agronomy Maringá, v. 25, no. 2, p. 351-357, 2003.

PEDREIRA, C. G. S. **Plant and animal responses on grazed pastures of "Florakirk" and "Tifton 85" bermudagrasses**. 1995. 152 f. Thesis (PhD) – University of Florida, Florida, 1995.

PRADO, R. de M.; ROMUALDO, L. M. R.; VALE, D. W.do; **Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa-de-vegetação** Acta Sci. Agron. Maringá, v. 28, n. 4, p. 527-533, Oct./Dec., 2006.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CANTARELLA, H.; GODOY, R. **Resposta da Aveia Branca à Adubação em Latossolo Vermelho-Amarelo em Dois Sistemas de Plantio**. R. Bras. Zootec., v.33, n.1, p.79-86, 2004.

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

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. **Manejo cultural do sorgo, com ênfase para a produção de silagem**. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA. A SILAGEM DO SORGO, 1, 2004, Belém. Anais. Belém: UFRA. 2004. p.33-44.

VITTI, G.; NUSSIO, L. G., **Correção e adubação de culturas de milho e sorgo de alta produtividade para ensilagem**. In: Aristeu Mendes Peixoto; José Carlos de Moura; Vidal Pedroso de Faria. (Org Culturas de Milho na Alimentação de Bovinos. Piracicaba, 1991, v. , p. 1-58.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: UFPel - Departamento de Matemática e Estatística, 1991. 101p.

CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO SORGO FORRAGEIRO, EM FUNÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO E SATURAÇÕES POR BASES, EM UM LATOSSOLO AMARELO DE TEXTURA MUITO ARGILOSA

RESUMO

A calagem é uma prática necessária em solos com elevada acidez, como a maioria dos solos amazônicos, para uma boa produção de plantas como é o caso do sorgo. A escolha da fonte de P adequada para melhor suprimento deste nutriente às plantas e obter uma produção satisfatória bem como uma boa relação custo-produção é de fundamental importância. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes de fósforo e saturações por base sobre o crescimento e produção de massa seca do sorgo forrageiro. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4, com 4 repetições. Os tratamentos diferiram de acordo com a saturação por base (saturação natural do solo de 39%, 60%, 80% e 100%) e quatro fontes de fósforo: sem aplicação de fonte de fósforo (P0), com aplicação do fosfato natural ARAD, com aplicação de Superfosfato Triplo (SFT) e com um misto de ARAD e Superfosfato Triplo (ARAD+SFT). As fontes de P e a calagem influenciaram positivamente o crescimento e a produção do sorgo forrageiro. A fonte ARAD+SFT combinada com a saturação por bases de 60% foi a que promoveu maiores produções de massa seca e massa verde da parte aérea. Sob a fonte SFT e a saturação por bases natural do solo foi encontrada a maior relação raiz e parte aérea.

PALAVRAS CHAVES: calagem, fosfato natural, fosfato solúvel

ABSTRACT

The liming and the fertilization with phosphorous are practical necessary in ground with raised acidity, that normally present low match concentration. As the majority of Amazon ground it presents such characteristics, a good productivity of the plants, as it is the case of sorghum, is dependent of the use of such practical. The choice of the source of P adjusted for better suppliment of this nutrient to the plants and attainment of a satisfactory production, as well as a good relation cost-production, also becomes necessary. The objective was to evaluate the effect of different phosphorous sources and saturations of bases in leaf evaluate the growth and production of the Sorghum. The experimental design was a completely randomized in factorial scheme 4x4, with 4 replications. Four phosphorous sources: 1) Control (P0), 2) Phosfate Reative(ARAD), 3) triple superphosphate (TSF) and 4) mixed of ARAD and triple superphosphate (ARAD+TSF) at 50:50 relation and four differents levels of soil base saturation distributed as 1) 39% of natural soil base saturation, 2) 60% of soil base saturation, 3) 80% of soil base saturation, and 4) 100% of soil base saturation. The sources of P and the liming had positively influenced the growth and the production of sorghum. The source ARAD+SFT combined with the saturation for 60% bases was the one that promoted greaters productions of dry mass and green mass of the aerial part. Under source SFT and the natural saturation for bases of the ground the biggest relation was found root and aerial part.

Keywords: liming, natural phosphate, soluble phosphate

3.1 INTRODUÇÃO

A acidez dos solos é um dos principais problemas da agricultura nos trópicos, característica da maioria das áreas agricultáveis do Brasil, acarretando em baixa quantidade de bases trocáveis e alta saturação por Al, que dificultam as altas produtividades das culturas anuais. Essas propriedades químicas podem ser alteradas com a calagem, que é a prática utilizada, tanto para correção do solo e eliminação da toxidez do Al, quanto para o fornecimento de Ca e Mg (LIMA, 2004).

A escolha da fonte de fósforo está relacionada tanto à eficiência em suprir as necessidades das plantas, quanto ao custo do fertilizante.

Os fosfatos solúveis têm apresentado bons resultados, embora possuam custo mais elevado, ao passo que os fosfatos naturais apresentam baixa solubilidade e menor eficiência agrônômica, especialmente para culturas anuais.

Apesar dos numerosos estudos existentes sobre o manejo da adubação fosfatada, ainda permanecem dúvidas, principalmente quanto à aplicação direta dos fosfatos naturais, importados e nacionais, sendo esse aspecto motivo de controvérsias entre pesquisadores

Uma das alternativas para reduzir custos da adubação fosfatada pode ser a utilização de fosfatos naturais para aplicação direta em forragens. Ao contrário dos fosfatos solúveis, os fosfatos naturais apresentam uma solubilização mais lenta, podendo ocorrer um aumento gradativo da disponibilidade de P. Assim sendo, os fosfatos naturais têm sua eficiência melhorada quando aplicados a lanço e incorporados a solos ácidos, argilosos, com baixos níveis de Ca trocável e P solúvel e em culturas de ciclo longo ou perene, tolerantes à acidez e eficientes na utilização de fósforo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de fósforo e saturações por bases no crescimento e produção de sorgo forrageiro, em Latossolo Amarelo de textura muito argilosa.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO SOLO

O experimento foi realizado no período de 5 de janeiro a 16 de março de 2006 em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias (ICA), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém/PA, cujas coordenadas são: latitude de 1°28' S, longitude de 48°30' W e altitude média de 9 m. O clima é Afii segundo classificação de Köpen e temperatura média anual de 26°C. Apresenta precipitação pluviométrica com comportamento típico de áreas tropicais de alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm, apresentando uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993).

Coletou-se amostras do solo na camada superficial de 0 a 20 cm de profundidade, no município de Paragominas-PA removendo-se os restos vegetais. Foram tomadas subamostras para as determinações químicas e físicas do solo (Tabela 2), de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Tabela 2 – Atributos químicos e granulométricos de um Latossolo Amarelo muito argiloso (camada de 0 a 20 cm)

pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	V	MO	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
H ₂ O	Mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³			%		g kg ⁻¹			
4,4	2,2	0,09	1,4	0,8	8,32	39	27,0	13	5	17	65

3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de quatro níveis de saturação por bases: 39% (natural), 60%, 80% e 100%, e quatro de fósforo: sem P (P0), fosfato natural ARAD, superfosfato triplo (SFT) e fosfato natural de Arad + superfosfato triplo (ARAD+SFT). Os tratamentos com adubação fosfatada foram igualados na quantidade de 100 mg de P dm⁻³ de solo, perfazendo um total de 64 parcelas experimentais, constituídas de vasos plásticos contendo 5 dm³ de solo.

As doses de corretivo necessárias para elevar a porcentagem de saturação por bases do solo (V%) para 60, 80 e 100% foram de 2,71 t/ha, 4,04 t/ha e 5,37 t/ha,

respectivamente, calculadas de acordo com Raij (1981). Utilizou-se uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO_3) e carbonato de magnésio (MgCO_3), ambos puros pró-análise (P.A.), numa relação de 3:1. A quantidade da mistura em g/vaso pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3 - Doses de corretivo utilizadas conforme os níveis estabelecidos nos tratamentos de calagem.

Doses do Corretivo CaCO ₃ /MgCO ₃ (3:1) (g/vaso)	Saturação (V%)	
	(t ha ⁻¹)	(Esperada)
6,77	2,71	60
10,10	4,04	80
13,42	5,37	100

O Arad é obtido a partir da rocha fosfatada moída e concentrada. Raij (1991) destaca que por ser um fosfato natural reativo de origem orgânica, o Arad possui uma solubilização mais lenta quando comparado ao superfosfato triplo, disponibilizando P para as plantas ao longo dos anos. Apresenta em sua constituição 33% de P_2O_5 total, 10% P_2O_5 solúvel em ácido cítrico e 37% de Ca, apresenta-se normalmente em forma farelada, pois o tamanho das partículas é um fator que afeta acentuadamente a eficiência dos adubos fosfatados.

3.2.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Depois da coleta das amostras de solo foram homogeneizadas secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 4 mm, pesadas e colocadas em vasos com capacidade para 5 dm³ de solos (6,75 kg). Foi aplicado o calcário e incorporado homogeneamente em cada vaso, nas quantidades de carbonatos correspondentes a cada um dos três níveis de saturação por bases. A mistura solo e carbonato permaneceu incubada com umidade correspondente a aproximadamente 70% do volume total de poros (VTP), por 90 dias, até a estabilização do pH do solo. Após o período de incubação, e antes da aplicação das fontes fosfatadas, foi efetuada uma adubação básica em todos os vasos, constando de 200 mg de N, 50 mg de S, 200 mg de K, 0,8 mg de B, 5 mg de Zn, 1,5 mg de Cu e 0,15 mg de Mo por

dm³ de solo, na forma de uréia, K₂SO₄ e (NH₄)₂SO₄, KCl, H₃BO₃, ZnCl₂, FeCl₃.6H₂O, MnCl₂.4H₂O, CuCl₂.2H₂O, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O.

Após a adubação básica e incorporação do P, os vasos foram irrigados com a quantidade necessária de água para atingir 70% do volume total de poros (VTP) e pesados. No mesmo dia foi efetuada a semeadura, colocando-se em média, 4 sementes por vaso de sorgo forrageiro variedade BR-700. Três dias após o semeio ocorreu a germinação. Foi realizado o desbaste no décimo dia após o semeio, deixando-se apenas uma planta por vaso. Durante toda a condução do experimento a umidade foi mantida a 70% do VTP mediante pesagens diárias dos vasos, completando-se, quando necessário, com água destilada.

Aos 69 dias de experimento, quando os grãos se encontravam em estágio leitoso/pastoso, foi efetuada a mensuração do diâmetro do colmo com utilização de paquímetro; altura das plantas com utilização de fita métrica; colheita das plantas de sorgo com divisão em panícula, colmo e folhas e efetuada a pesagem da massa verde. Todo o material foi lavado em água corrente e depois em água destilada. O solo de cada vaso, depois de seco, foi revolvido e o sistema radicular das plantas retirado e lavado cuidadosamente para a retirada de resíduos de solo. O material vegetal da parte aérea e das raízes do sorgo foi colocado em sacos de papel e seco em estufa com circulação forçada de ar a 65 – 70°C, até peso constante, determinando-se, assim, a massa seca.

As variáveis utilizadas para avaliação foram: diâmetro de colmo, altura de plantas, pesos de massa verde de colmo, folhas, panícula e parte aérea, pesos de massa seca de colmo, folhas, panícula e parte aérea, raiz e relação raiz parte aérea.

3.2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância usando o programa estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991). Os dados foram submetidos à regressão, ajustando-se as equações para expressar adequadamente o comportamento dos resultados, sendo escolhidos os de melhor ajuste e as médias, quando pertinente, comparadas pelo teste Tukey a 5%.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 CRESCIMENTO

Não houve interação significativa para diâmetro de colmo entre as fontes de fósforo e saturações por bases (Figura 14). As diferentes saturações por bases também não apresentaram diferenças significativas entre si. As diferentes fontes de fósforo por sua vez apresentaram diferença estatística entre si, com incremento positivo no diâmetro de colmo. Este resultado corrobora com os encontrados por Leite (2006), que em trabalho com sorgo encontrou menor diâmetro de colmo quando não utilizado o fósforo em trabalho com fertilização fosfatada.

A utilização do Arad como fonte fosfatada foi eficiente no aumento do diâmetro das plantas de sorgo, porém o valor foi estatisticamente inferior aos obtidos com o uso do superfosfato triplo (SFT) e do ARAD+SFT. Nestes dois tratamentos (fontes) foram observados os maiores valores de diâmetro, 11,22 e 10,74 mm respectivamente, sendo que não houve diferença estatística entre eles. Leite (2006) também encontrou menores diâmetros de colmo em sorgo quando utilizado o fosfato natural de Gafsa em comparação a utilização de superfosfato simples.

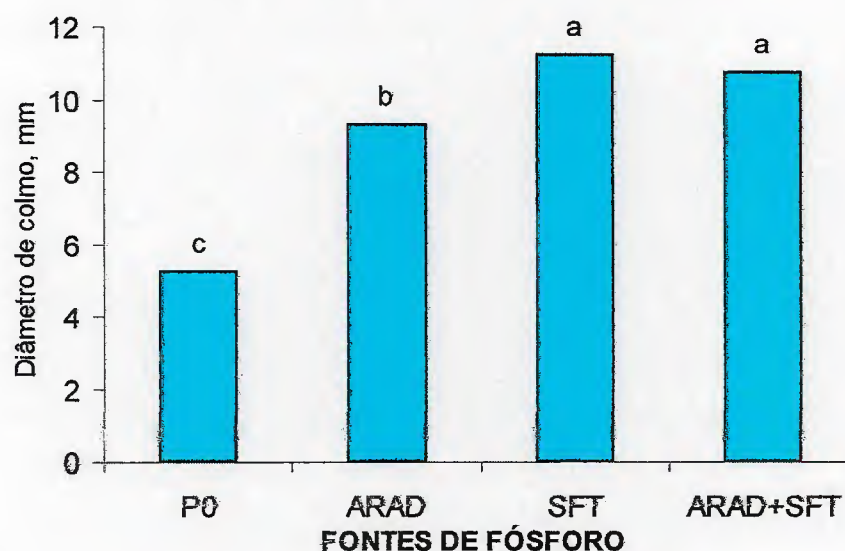


Figura 14 – Diâmetro do colmo sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007. Letras distintas nas barras, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na variável altura de plantas houve interação entre fontes de fósforo e saturações por bases (Figura 15). A altura de plantas na cultura do sorgo é uma variável de crescimento importante por ser uma característica normalmente correlacionada positivamente com as características de produção (LEITE, 2006).

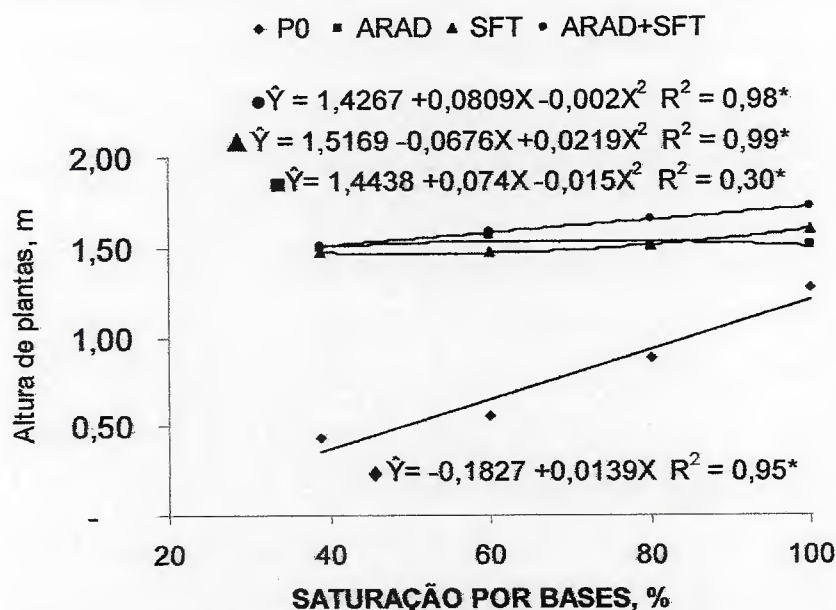


Figura 15 – Altura de plantas de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.

A calagem proporcionou um aumento expressivo da altura de plantas, quando na ausência de P, porém estes valores ainda foram bem inferiores quando interagiu com a adubação fosfatada (ARAD, SFT e ARAD+SFT). Lucena (2000) em experimento com milho obteve maiores alturas de plantas quando estas foram submetidas à adubação fosfatada. Leite (2006) em trabalho com sorgo encontrou menores alturas quando não utilizada adubação fosfatada em comparação com fertilização com fosfato natural de Gafsa e fertilização com o fosfato super simples.

A maior altura de plantas foi obtida sob a fonte ARAD+SFT e 100% de saturação por bases (Figura 15). Tanto na utilização desta fonte quanto na fonte SFT, maior foi o incremento no crescimento das plantas de sorgo quanto maior a saturação por bases. Resultados divergentes foram encontrados por Ferrari Neto (1991) e Mitidieri (1995). Oliveira et al. (2000) em experimento com forrageira tanzânia também obtiveram menores médias de altura de plantas com a elevação do nível de calagem.

Já na utilização da fonte ARAD houve uma elevação na altura das plantas de sorgo do nível de 39% para o nível de 60% de saturação por bases, havendo uma queda dos valores desta variável no nível de 80% de saturação por bases, que por sua vez, não apresentou diferença significativa para 100% de saturação por bases. Resultado este corroborado por várias pesquisas, cuja eficiência do fosfato natural é maior em solos mais ácidos.

3.3.2 PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E MASSA SECA

Os resultados para produção de massa verde e seca do sorgo apresentaram interações significativas entre as fontes de fósforo e as saturações por bases, exceto nas variáveis massa verde do colmo (Figura 18) e massa seca da raiz onde foram encontradas apenas diferenças significativas entre as fontes de fósforo. Em todas essas variáveis os valores apresentados quando utilizado a fonte P0 de fósforo ficaram consideravelmente abaixo dos tratamentos, com adição de fósforo, sendo que também apresentaram um incremento progressivo e linear na produção, em relação à elevação dos níveis de saturação por bases.

A utilização da fonte ARAD+SFT combinado com a saturação por bases de 60% mostrou a maior produção de massa verde de panícula. Tanto sob esta fonte quanto sob a fonte ARAD, as equações apresentadas foram quadráticas crescentes. Quando a fonte foi SFT a equação apresentou efeito quadrático decrescente (Figura 16).

No tratamento sem P (P0) combinado com a saturação natural do solo de 39% não houve sequer formação de panícula (Figura 16). Tal resultado mostra a importância da utilização do recurso da adubação fosfatada e da calagem, haja visto que a panícula é a principal parte nutritiva da silagem do sorgo. Segundo Grant et al (2001) um dos sintomas de deficiência de fósforo é a baixa ou nula produção de sementes.

Na utilização do fosfato natural Arad na adubação do sorgo, tanto individualmente (ARAD) quanto junto ao superfosfato triplo (ARAD+SFT), houve elevação na produção de massa seca de panícula quando a saturação por bases foi elevada para o nível de 60% e um comportamento regressivo ao se elevar o nível de saturação por bases para 80 e 100%. Deve-se destacar que o maior valor desta

variável foi encontrado sob 60% de saturação por bases e tendo ARAD+SFT como fonte fosfatada (Figura 17).

Na utilização da fonte SFT os valores encontrados foram de 19,46, 18,29, 21,76 e 21,55 g planta⁻¹ combinado com as saturações por bases de 39, 60, 80 e 100% respectivamente.

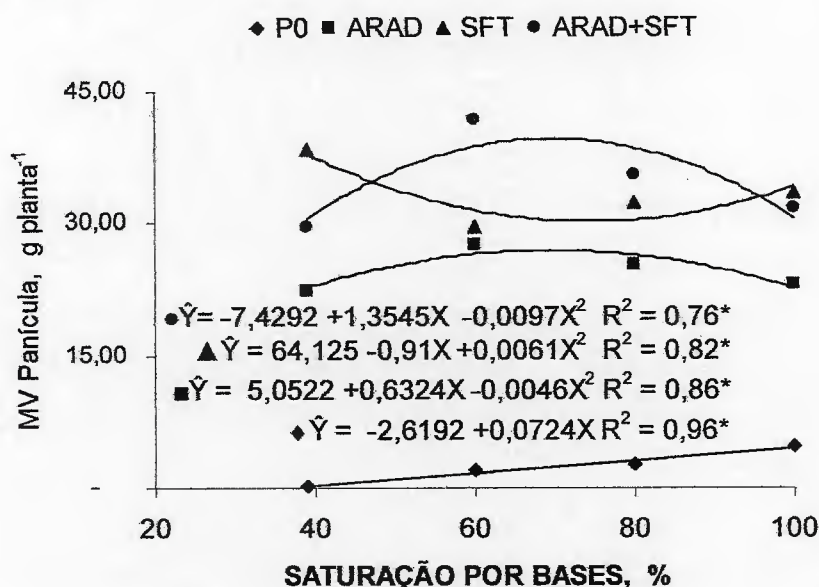


Figura 16 – Massa verde (MV) de panícula de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.

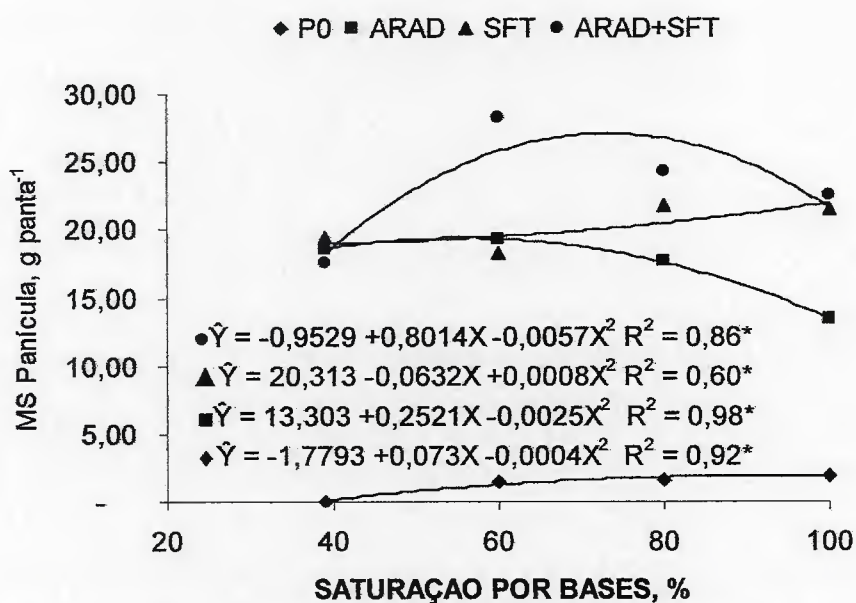


Figura 17 – Massa seca (MS) de panícula do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo e saturações por base.

Na variável massa verde de colmo em relação às fontes de fósforo, houve diferença significativa entre as três fontes de adubação fosfatada e a dose zero de fósforo (P0), isto é, quando não houve incremento de fósforo as plantas de sorgo apresentaram produção expressivamente abaixo das demais que por sua vez não apresentaram diferença estatística entre si (Figura 18). Na produção de massa seca de colmo sob a fonte P0 também se verificou valor abaixo dos apresentados com a utilização de incremento de fósforo via fontes fosfatadas. Segundo Fancelli e Dourado Netto (2000) a produção de colmos frágeis está relacionado a deficiência de fósforo, logo isso pode explicar os baixos valores de produção de colmo.

Em relação à massa seca de colmo, o maior valor encontrado foi de 24,66 g planta⁻¹ na utilização de SFT como fonte fosfatada e 39% de saturação por bases, sendo que sob essa fonte os valores de produção decaíram gradativamente à medida que se elevaram os níveis de saturação por bases (Figura 19).

Na utilização da fonte ARAD a maior produção de massa seca de colmo foi obtida com a saturação natural do solo de 39% não havendo diferença estatística significativa entre as saturações por bases de 60, 80 e 100%. Quando a fonte fosfatada foi ARAD+SFT houve uma elevação da produção de massa seca de colmo do nível de saturação por bases de 39% para o de 60% decaindo gradativamente tais valores até 100% (Figura 19).

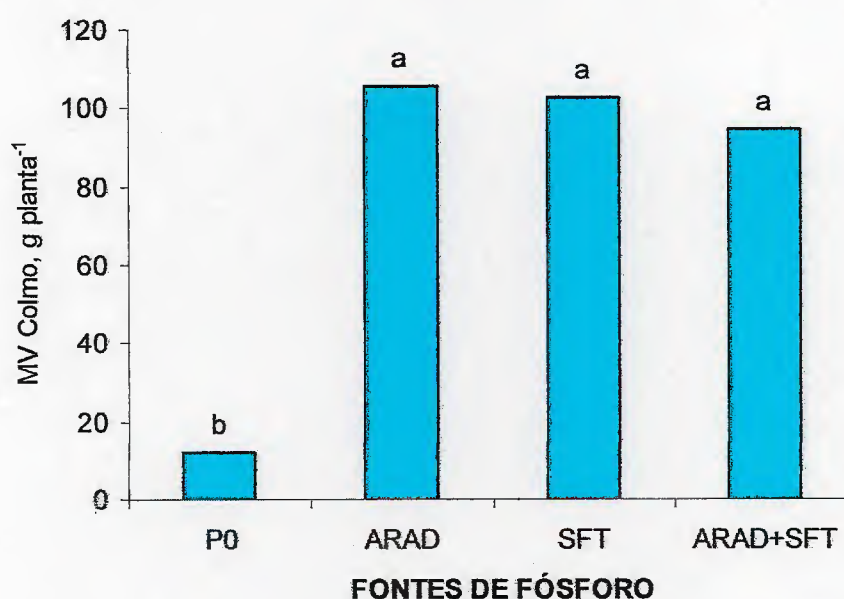


Figura 18 – Massa verde (MV) de colmo do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.

Letras distintas nas barras, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

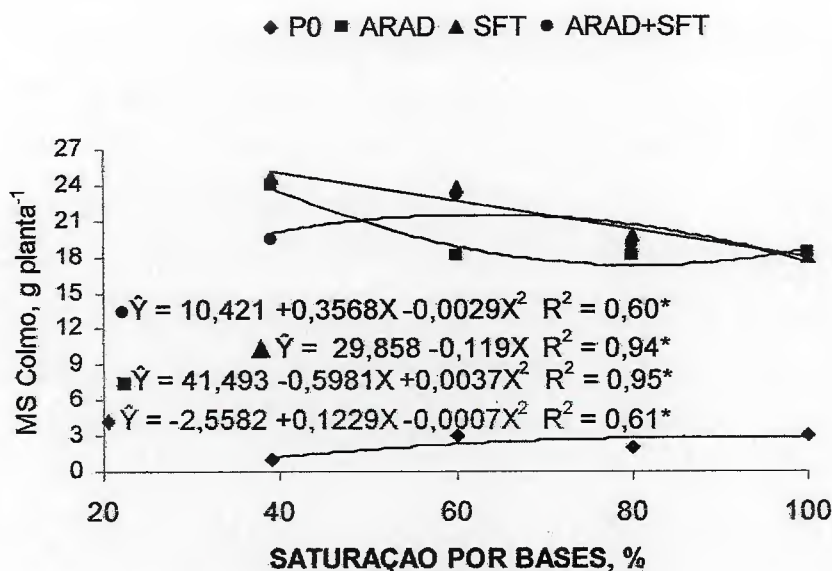


Figura 19 – Massa seca (MS) de colmo de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.

A massa verde de folhas, bem como massa seca de folhas, nas utilizações das fontes ARAD, SFT e ARAD+SFT, apresentaram um ajuste quadrático de suas respectivas equações em relação aos crescentes níveis de saturações por bases (Figuras 20 e 21). Na utilização da fonte ARAD sob a saturação natural do solo (39%) houve um incremento da produção em relação ao nível seguinte de 60% havendo a partir daí uma queda gradativa conforme o aumento dos níveis de calagem (Figura 20). A maior produção de massa seca de folhas, tal como massa verde, foi maior ao nível de 60% de saturação por bases, combinado com a fonte ARAD sendo consideravelmente superior a todas as médias dessa variável no experimento (Figuras 20 e 21). Kaminski e Peruzzo (1997) destacam que os fosfatos naturais como o ARAD são fontes adequadas de fósforo em solos ácidos devido a maior reatividade destas fontes sob essas circunstâncias e que o efeito deletério da acidez do solo é compensado pela aplicação do fósforo. Isso pode explicar a maior produção com ARAD e a saturação por bases intermediária de 60%.

Quando utilizada a adubação fosfatada, ou seja, quando incrementado P através de uma das fontes fosfatadas, a menor produção de massa verde de folhas foi encontrada sob o nível de 80% de saturação e sob ARAD+SFT (Figura 20). Já na produção de massa seca, a menor produção foi verificada sob 100% de saturação e a mesma fonte.

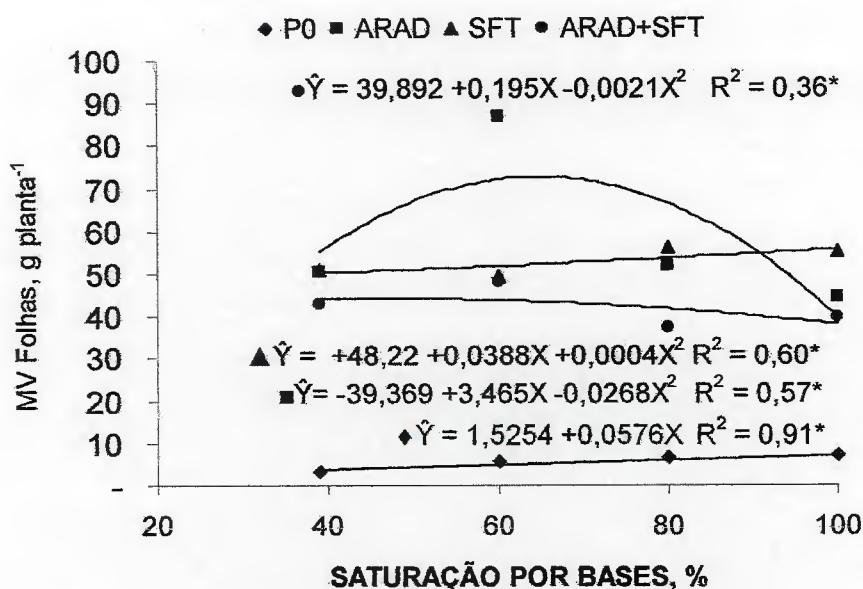


Figura 20 – Massa verde (MV) de folhas de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base. UFRA, Belém-PA, 2007.

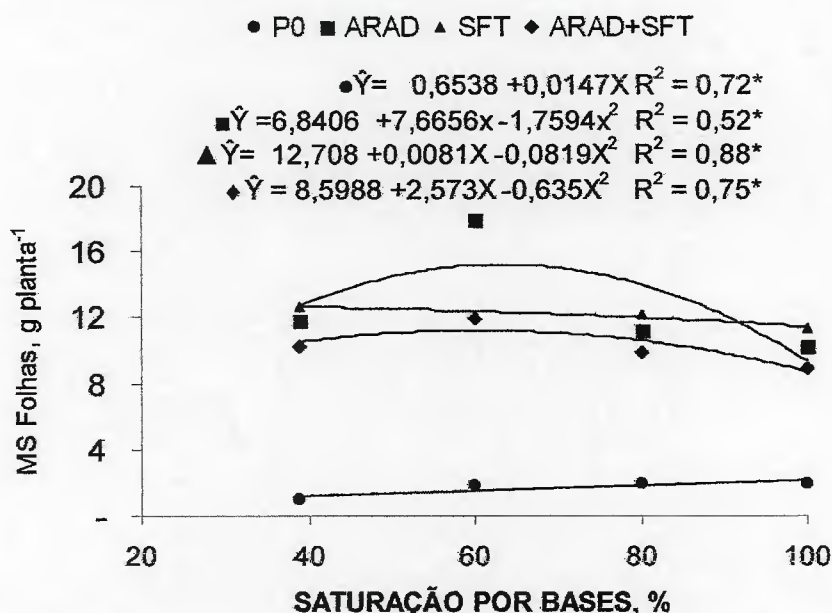


Figura 21 – Massa seca (MS) de folhas de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base.

A maior produção de massa verde da parte aérea encontrada foi na combinação da fonte ARAD e 60% de saturação por bases (Figura 22) assim como na produção de folhas isto pode ter ocorrido devido os fosfatos naturais como o ARAD serem fontes adequadas de fósforo em solos com acidez elevada devido a

maior reatividade destas fontes sob essas circunstâncias e o efeito deletério da acidez do solo é compensado pela aplicação do fósforo como definem Kaminski e Peruzzo (1997).

Nas utilizações das fontes ARAD e ARAD+SFT para produção de massa verde da parte aérea o comportamento foi semelhante em relação à combinação com os crescentes níveis de saturação por bases, isto é, houve uma elevação nos valores de produção quando a saturação por bases foi de 60% e partir desta houve uma queda gradativa dos valores de produção conforme o aumento para 80 e 100% de saturação por bases (Figura 22). Resultados diferentes foram encontrados por Oliveira et al. (2000) em trabalho com Tanzânia no qual menor foi a produção de massa verde dessa forrageira quanto maior foi a elevação na saturação por bases assim como Ferrari Neto (1991) e Mitidieri (1995) também em trabalho com esta gramínea.

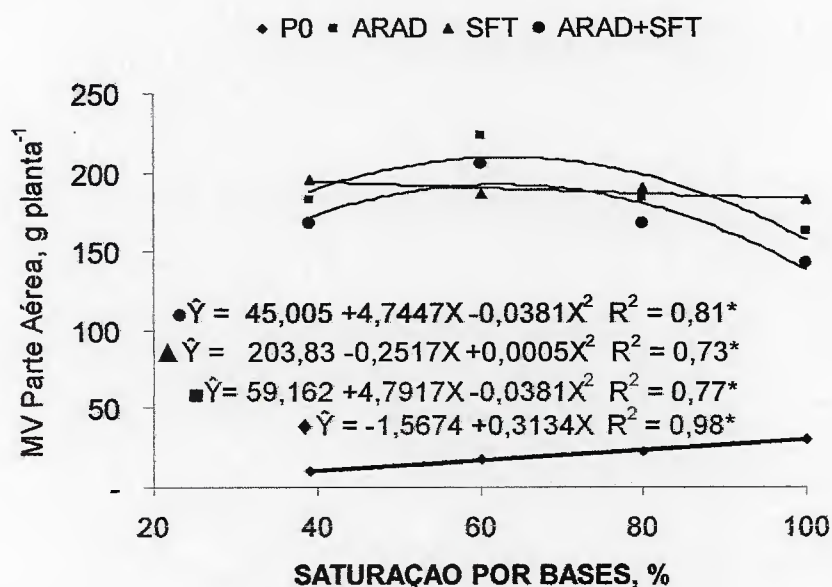


Figura 22 – Massa verde (MV) da parte aérea de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base.

Em relação à parte aérea, sob as fontes ARAD e ARAD+SFT mais uma vez pode-se observar a elevação do acúmulo de matéria seca quando elevada de 39 para 60% a saturação por bases e, por conseguinte uma queda gradativa desses valores quando aumentados os níveis de saturação por bases para 80 e 100%. Na utilização do SFT, por sua vez, houve maior foi o acúmulo de massa seca da parte aérea quanto menor os valores de saturação por bases (Figura 23).

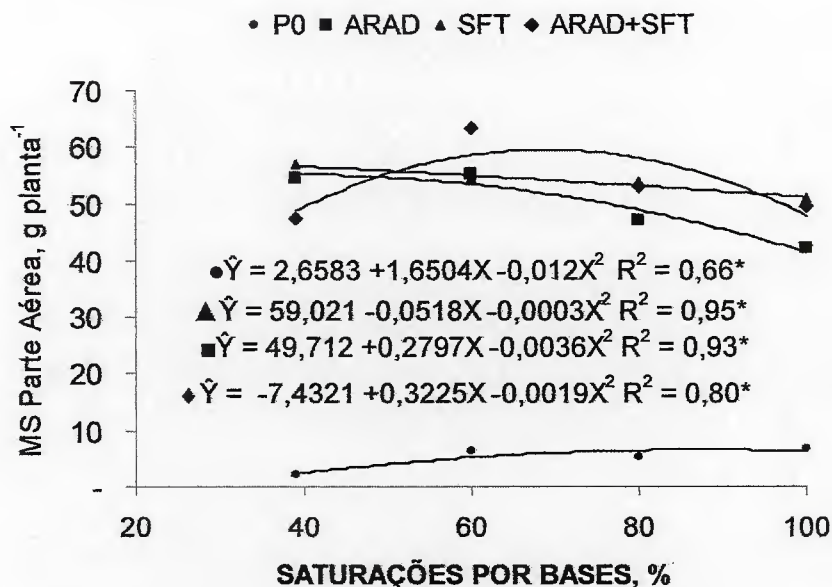


Figura 23 – Massa seca (MS) da parte aérea de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa Amarelo, em função de fontes de fósforo e saturações por base.

A maior produção de massa seca da parte aérea foi encontrada quando combinado a fonte ARAD+SFT e a saturação por bases de 60%.

A menor massa seca de raiz foi encontrada na ausência de adubação fosfatada, ou seja, na fonte P0 com valores consideravelmente abaixo dos demais tratamentos com adição de fósforo (Figura 24). Grant et al. (2001) relatam que dentre os efeitos dos sintomas de deficiência de fósforo encontram-se a redução de brotação e desenvolvimento das raízes secundárias, o que pode explicar o resultado deste trabalho.

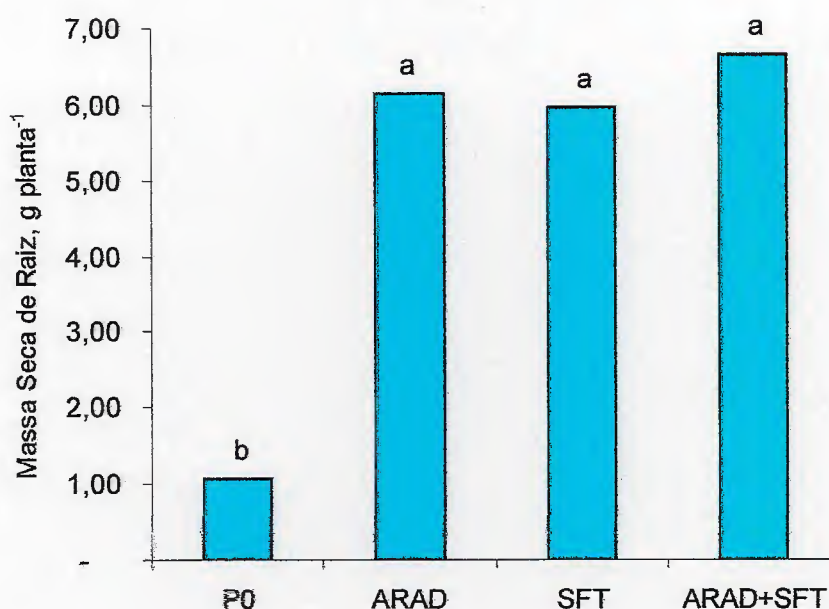


Figura 24 – Massa seca (MS) da raiz do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo e saturações por base. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3.3 RELAÇÃO RAIZ E PARTE AÉREA

Todas as equações de regressão da variável relação raiz : parte aérea se ajustaram a funções quadráticas decrescentes. O maior valor para esta variável foi encontrado na combinação da fonte SFT e saturação natural do solo de 39%, no valor de 31,28%. Esta foi a única variável estudada no presente trabalho em que os valores sujeitos a fonte P0 não ficaram consideravelmente abaixo aos encontrados sob as demais fontes fosfatadas (Figura 25).

Vários autores têm observado que o aumento da disponibilidade de P no solo reduz a relação raiz/parte aérea, em virtude de maiores aumentos na produção de matéria seca da parte aérea do que da raiz (MARTINEZ et al., 1993). Porém, tal comportamento não deve ser generalizado para todas as espécies de plantas. Segundo Clarkson (1985), quando alguns nutrientes limitam o crescimento das plantas, principalmente P e N, as raízes tornam-se drenos relativamente mais fortes para carboidratos em relação à parte aérea, ocorrendo com isso, redução desta antes que as raízes sejam afetadas. Também a redução do crescimento da parte aérea em condições de deficiência de P pode estar relacionada com o decréscimo da produção de citocinina nas raízes e a redução da translocação desta para a parte

aérea (SATTELMACHER; MARSHNER, 1978). A citocinina está envolvida na senescência das folhas, e de forma indireta no fechamento dos estômatos.

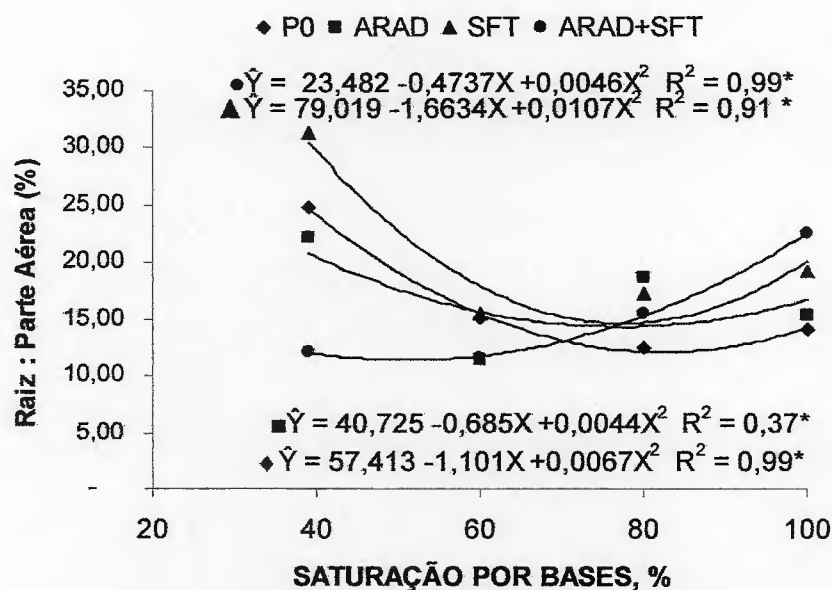


Figura 25 – Relação raiz:parte aérea de sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo e saturações por bases.

3.4 CONCLUSÕES

- As fontes de P e a calagem influenciaram positivamente o crescimento e a produção do sorgo forrageiro.
- A fonte ARAD+SFT combinada com a saturação por bases de 60% foi a que promoveu maiores produções de massa seca e massa verde da parte aérea
- Sob a fonte SFT e a saturação por bases natural do solo foi encontrada a maior relação raiz e parte aérea.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annual Review of Plant Physiology**. Palo Alto, v.36, p.77-115, 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212 .

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

FERRARI NETO, J. Limitações nutricionais para o colônião (*Panicum maximum* Jacq.) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em latossolos da região noroeste do estado do Paraná. Dissertação de Mestrado. ESAL, Lavras, MG. 126p. 1991.

GRANT C.A.; FLATEN D.N.; TOMASIEWICZ D.J.; SHEPPARD S.C.. Informações Agronômicas. N. 95. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. SETEMBRO/2001

KAMINSKI J.; PERUZZO G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivos**. Boletim técnico. n. 3. Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Santa Maria, RS. 1997. 31p.

LEITE, M. L. M. V. **Crescimento vegetativo do sorgo Sudão (*Sorghum sudanense* (piper) stapf), em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo**. Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias. Areia, 2006.

LIMA, E. V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Agronômicas. Campus de Botucatu. Botucatu, SP. 2004.

LUCENA L. F. C.; OLIVEIRA F. A.; SILVA I. F.; A. P. ANDRADE. **Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.334-337, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, 2000.

MARTINEZ, H. E. P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapf.) *Brachiaria humidicola* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal.de Beauv., *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum Schum*. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 90p. 1980.

MITIDIERI, F. J. Respostas de cinco gramíneas forrageiras a níveis de calcário em latossolo vermelho- escuro. Dissertação de Mestrado. Esalq/ USP. Piracicaba, SP. 137p. 1995.

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

OLIVEIRA I. P.; CASTRO F. G. F.; MOREIRA F. P.; PAIXÃO V. V.; CUSTÓDIO D. P.; SANTOS R. S. M.; FARIAS C. D.; COSTA K. A. P. **Efeitos qualitativo e**

quantitativo da aplicação de fósforo no capim tanzânia. Pesquisa Agropecuária Tropical, 30(1): 37-41, jan./jun. 2000

RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo.** T. Yamada (ed.), Instituto da Potassa e Fosfato, Piracicaba, SP. 1981. p. 142.

SATTELMACHER, B.; MARSHNER, H. **Nitrogen nutrition and cytokinin activity in *Solanum tuberosum*.** Physiologia Plantarum, Copenhagem, v.42, p.185-189, 1978.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST).** Pelotas: UFPel - Departamento de Matemática e Estatística, 1991. 101p.

ANEXO

Tabela 4 - Quadrado médio e níveis de significância para diâmetro do colmo (DC) e altura de planta (AP) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Varição	G.L.	DC	AP
Fósforo	3	3,13	52,23
Nitrogênio	2	3,97	453,05
N*P	6	7,05	64,88
Resíduo	24	7,43	453,58
C.V. (%)		19,51	13,53
Média Geral		13,97	157,4

* Significativo a 5% pelo teste F

Tabela 5 - Quadrado médio e níveis de significância para massa verde de colmo (MVC), massa verde de folhas (MVF), massa verde de panícula (MVP) e massa verde da parte aérea (MVPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio			
		MVC	MVF	MVP	MVPA
Fósforo	2	61495279,10	4521503,83	10041615,82	120211060,10
Nitrogênio	3	104364052,90	14454420,83	17898421,96	279570547,98
N*P	6	20072046,95	2457115,60	10223839,02	48354964,90
Resíduo	24	12186364,68	1560843,80	3802040,79	33962281,62
C.V. (%)		14,19	17,71	16,39	13,36
Média Geral		24593,49	7042,27	11896,62	43615,72

* Significativo a 5% pelo teste F

Tabela 6 - Quadrado médio e níveis de significância para massa seca de colmo (MVC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de panícula (MSP) e massa seca da parte aérea (MSPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio			
		MSC	MSF	MSP	MSPA
Fósforo	2	7139653,8	564249,97	1240627,85	16514374,26
Nitrogênio	3	20811820,98	1757770,73	3184228,6	55483955,64
N*P	6	1964610,26	349315,29	1213154,33	6723393,43
Resíduo	24	1103635,86	93064,59	262074,39	2354497,32
C.V. (%)		13,56	16,41	15,17	11,82
Média Geral		7747,13	1859,46	3373,49	12980,08

* Significativo a 5% pelo teste F

Tabela 7 - Quadrado médio e níveis de significância da relação folha:parte aérea (F:PA), colmo:parte aérea (C:PA), panícula:parte aérea (P:PA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo, em função de doses de fósforo e de nitrogênio. UFRA, Belém-PA, 2007.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		F:PA	C:PA	P:PA
Fósforo	2	6,20	43,86	39,69
Nitrogênio	3	11,39	48,33	15,81
N*P	6	7,95	33,58	38,14
Resíduo	24	3,74	10,97	7,85
C.V. (%)		11,20	5,87	10,25
Média Geral		16,12	56,37	27,32

* Significativo a 5% pelo teste F

Tabela 8 - Quadrado médio e níveis de significância do diâmetro de colmo (DC) e altura de planta (AP) sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio	
		DC	AP
Calagem	3	3,3	0,25
Fonte de P	3	116,6	2,34
Cal X Fontes de P	3	4,76	0,12
Resíduo	48	1,69	0,03
C.V. (%)		14,22	13,44
Média Geral		9,13	1,35

* Significativo a 5% pelo teste F

Tabela 9 - Quadrado médio e níveis de significância para massa verde de colmo (MVC), massa verde de folhas (MVF), massa verde de panícula (MVP) e massa verde da parte aérea (MVPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio			
		MVC	MVF	MVP	MVPA
Calagem	3	341,72	456,59	24,23	1835,84
Fonte de P	3	32617,24	8983,33	3501,29	108024,4
Cal X Fontes de P	3	213,51	385,46	67,84	963,85
Resíduo	48	143,96	105,41	29,58	275,17
C.V. (%)		15,11	25,87	22,99	11,62
Média Geral		79,42	39,70	23,65	142,77

* Significativo a 5% pelo teste F

Tabela 10 - Quadrado médio e níveis de significância para massa seca de colmo (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de panícula (MSP) e massa seca da parte aérea (MSPA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio			
		MSC	MSF	MSP	MSPA
<i>Calagem</i>	3	41,08	22,51	35,65	191,03
<i>Fonte de P</i>	3	1306,58	428,52	1472,24	8836,75
<i>Cal X Fontes de P</i>	3	21,09	10,68	33,19	85,03
<i>Resíduo</i>	48	6,42	2,93	10,52	24,38
<i>C.V. (%)</i>		16,03	18,51	21,24	12,24
<i>Média Geral</i>		15,81	9,24	15,26	40,32

* Significativo a 5% pelo teste F

Tabela 11 - Quadrado médio e níveis de significância para relação raiz:parte aérea (R:PA) do sorgo forrageiro, cultivado em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, em função de fontes de fósforo. UFRA, Belém-PA, 2007.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio
		R:PA
<i>Calagem</i>	3	87,57
<i>Fonte de P</i>	3	240,31
<i>Cal X Fontes de P.</i>	3	90,07
<i>Resíduo</i>	48	12,66
<i>C.V. (%)</i>		20,43
<i>Média Geral</i>		17,41

* Significativo a 5% pelo teste F