



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**REBROTA DO SORGO E ATRIBUTOS BIOLÓGICOS EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO E PERSISTÊNCIA DA
PALHADA NO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

PATRÍCIA RIBEIRO MAIA

**BELÉM
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**REBROTA DO SORGO E ATRIBUTOS BIOLÓGICOS EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO E PERSISTÊNCIA DA
PALHADA NO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

PATRÍCIA RIBEIRO MAIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”.

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes
Co-orientador: Msc. Jessivaldo Rodrigues Galvão**

**BELÉM
2010**

Maia, Patrícia Ribeiro.

Rebrota do Sorgo e atributos biológicos em função da adubação potássica e sistemas de manejo e persistência da palhada no solo da Amazônia Oriental./ Patrícia Ribeiro Maia.- Belém, 2010.

91 p.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, 2010.

1. Sorgo 2. *Sorghum bicolor* 3. Adubação potássica 4. Sistemas de manejo do solo 5. Palhada 6. Atributos biológicos do solo. I Título.

CDD: 633.174



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**REBROTA DO SORGO E ATRIBUTOS BIOLÓGICOS EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO E PERSISTÊNCIA DA
PALHADA NO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Aprovada em 02 de fevereiro de 2010

PATRÍCIA RIBEIRO MAIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes
Co-orientador: Msc. Jessivaldo Rodrigues Galvão

Banca Examinadora

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Antonio Rodrigues Fernandes
(Orientador)
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Dr. Luis Wagner Rodrigues Alves
Embrapa Amazônia Oriental

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Mário Lopes da Silva Júnior
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Engenheira Agrônoma, Professora Dra. Vânia Silva de Melo
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

AGRADEÇO,

A Deus, meu melhor amigo!

DEDICO,

Ao meu esposo Gérson Lobo, que sempre acreditou em mim e a Letícia e Lídia meus dois pequeninos amores.

OFEREÇO,

A duas mulheres símbolos da força feminina:
Iracilda Maia á quem orgulhosamente chamo de
mãe e Nelcy Lobo minha sogra querida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a **Deus**, por me conceder a vida e por tudo o que vem me proporcionando;

A minha mãe que soube criar duas filhas com dignidade e amor incondicional;

Ao meu querido esposo Gérson Lobo, pela cumplicidade em minhas vontades, por me dar forças nos momentos de fraqueza, e principalmente pelo carinho e atenção dedicada a mim e as nossas filhas Letícia de Cássia Maia Lobo e Lídia Eduarda Maia Lobo, sem seu imensurável apoio eu não teria chegado onde estou;

Aos meus sogros Ivanildo e Nelcy Lobo, pelo importante ponto de apoio, quando fui em busca de mais este ideal;

A minha irmã Paulina Maia Martins, que muitas vezes me auxiliou;

A Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA e todo seu corpo docente e funcionários, pela oportunidade de realizar este curso aperfeiçoando meus conhecimentos;

A Capes pelo apoio financeiro;

Ao meu orientador prof. Antonio Rodrigues Fernandes pela confiança depositada, ensinamentos e amizade;

Ao meu co-orientador Eng. Agrônomo Jessivaldo Galvão, peça fundamental na realização deste estudo;

Aos professores Dr. Mário Lopes da Silva Júnior, Dr. Thiago Bernardes, Dr. Tiago Osório, Dr^a Vânia Silva de Melo e ao pesquisador Wagner Rodrigues Alves pelas importantes sugestões neste trabalho;

Ao Hugo Leonardo Santos Souza e ao Daniel Pereira Pinheiro, dois amigos sem os quais não seria possível a realização deste trabalho;

A amiga Elaine Rodrigues Santos pelo companheirismo e amizade, nos momentos de alegria e tristeza, desde a graduação;

Aos colegas e amigos de turma Adriane Costa, Andréia Saldanha, Ângela Braga, Alessandra Moraes, Augusto Pedroso, Bruno Brabo, Erika Freires, Fabrícia Moraes, Gilson de Matos, Hérica Oliveira, Joseane Cardoso, Joseane Castro, Josemar Vasconcelos, Kaliene Carvalho, Katiane Barros, Keila Bernardes, Marcos Albuquerque, Mariana Oliveira, Márcia Rocha, Rosemary da Costa, Sannah Birani, Walmir de Carvalho;

Aos bolsistas do Pibic Rafael Guedes e Almir do Mar;

Aos professores Norberto Noronha, Mário Lopes da Silva Júnior, Marco André Piedade Gama, Eduardo do Valle Lima, Ana Regina Araújo, Gisele Barata, pelos importantes ensinamentos repassados durante as disciplinas ministradas na Pós-graduação;

A secretária do mestrado em agronomia Gracy Kely Monteiro, sempre prestativa e eficiente quando solicitada;

Aos funcionários e técnicos dos Laboratórios de Química do Solo do Instituto de Ciência Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia que sempre estavam dispostos a colaborar junto para comigo;

Sou sinceramente grata a todas as pessoas que das mais variadas formas, deram sua parcela de contribuição e apoio para que este trabalho fosse realizado.

“Duas coisas projetam o homem acima das coisas mundanas: a simplicidade e a pureza. A primeira busca Deus; a segunda O encontra e Nele se rejubila.”

(Tomás de Kempis)

BIOGRAFIA

Patrícia Ribeiro Maia, filha de Raimundo Nonato Spíndola e Iracilda Ribeiro Maia, nasceu em Belém, Pará aos 12 dias do mês de abril de 1979.

Em março de 2003, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia.

Em novembro de 2007, graduou-se em Agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia.

Em março de 2008, 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 da Amazônia-UFRA.

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
CAPÍTULO 1 REBROTA DO SORGO E ATRIBUTOS BIOLÓGICOS EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO E PERSISTÊNCIA DA PALHADA NO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	16
RESUMO	17
ABSTRACT	18
1.1 1.1 INTRODUÇÃO	19
1.2 1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.2.1 A cultura do sorgo	20
1.2.2 A palhada de sorgo	21
1.2.3 Potássio	22
1.2.3.1 Potássio no solo	22
1.2.3.1 Potássio na planta	23
1.2.4 Preparo do solo com e sem revolvimento	24
1.2.5 Indicadores biológicos do solo	26
1.3 Referências bibliográficas	28
CAPÍTULO 2: REBROTA E NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO, EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E DE SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	35
RESUMO	36
ABSTRACT	37
2.1 INTRODUÇÃO	38
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.2.1 Localização e descrição da área de estudo	39
2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	41
2.2.3 Instalação e condução do experimento	41
2.2.4 Obtenção dos dados	43
2.2.5 Análise estatística	44
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
2.4 CONCLUSÕES	57

2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	P. 58
CAPÍTULO 3- PERSISTÊNCIA DA PALHADA DO SORGO E ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO, EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO		
	RESUMO.....	63
	ABSTRACT.....	64
3.1	INTRODUÇÃO	65
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	67
3.2.1	Localização e descrição da área de estudo	69
3.2.2	Delineamento experimental e tratamentos	63
3.2.3	Instalação e condução do experimento	69
3.2.4	Obtenção dos dados	70
3.2.5	Análise estatística	73
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
3.4	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

LISTA DE TABELAS

		p.
Tabela 1	Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média (camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m), antes da instalação do experimento	41
Tabela 2	Quantidades acumuladas de macronutrientes na massa seca da parte aérea da rebrota do sorgo, em Latossolo amarelo, Belém-Pa, 2008.....	57
Tabela 3	Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média (camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m), antes da instalação do experimento	69

LISTA DE FIGURAS

		P.
Figura 1	Imagem de satélite da área experimental, no município de Belém/PA	40
Figura 2	Médias mensais de precipitação pluvial, brilho solar e temperatura média do ar, durante o período experimental (2008-2009), em Belém-PA (EMBRAPA Amazônia Oriental)	40
Figura 3	Detalhe da área experimental, antes do corte da rebrota do sorgo, no Campus da UFRA, em Belém, PA. (Foto: Patrícia Maia)	42
Figura 4	Diâmetro do colmo em função do sistema de manejo do solo (a) e em função dos híbridos de sorgo (b). Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	45
Figura 5	Altura da rebrota do sorgo no florescimento pleno, em função das doses de adubação potássica. ** significativo (P<0,01)	45
Figura 6	Altura da rebrota de três híbridos de sorgo no florescimento pleno, em função da interação híbridos e sistemas de manejo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	46
Figura 7	Médias de produção de matéria seca da parte aérea da rebrota de três híbridos de sorgo, no florescimento pleno. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	47
Figura 8	Produção de massa seca da parte aérea da rebrota do sorgo em função das doses de potássio e sistemas de manejo do solo. * significativo (P<0,05)	48
Figura 9	Relação folha/colmo da rebrota de três híbridos de sorgo, no florescimento pleno. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	49
Figura 10	Efeito das doses de potássio na porcentagem de rebrota do sorgo. * significativo (P<0,05)	50

Figura 11	Teor de nitrogênio no tecido foliar da rebrota de três híbridos de sorgo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	51
Figura 12	Teor de fósforo no tecido foliar da rebrota do sorgo em função dos sistemas de manejo do solo (a) e teor de fósforo no tecido foliar da rebrota do sorgo em função dos híbridos de sorgo (b). Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	52
Figura 13	Teor de fósforo no tecido foliar da rebrota do sorgo em função das doses de potássio. * significativo (P<0,01)	52
Figura 14	Teor de potássio no tecido foliar da rebrota do sorgo em função da interação híbridos de sorgo e sistemas de manejo do solo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.....	53
Figura 15	Teor de potássio no tecido foliar da rebrota do sorgo em função da interação das doses de potássio e sistemas de manejo do solo. * * significativo (P<0,01)	54
Figura 16	Teor de cálcio no tecido foliar da rebrota do sorgo, em função das doses de potássio. * significativo (P<0,05)	55
Figura 17	Teor de cálcio no tecido foliar da rebrota do sorgo, em função da interação híbridos e sistemas de manejo do solo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	55
Figura 18	Teor de magnésio no tecido foliar da rebrota do sorgo, em função da interação híbridos de sorgo e sistemas de manejo do solo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	56
Figura 19	Imagem de satélite da área experimental, no município de Belém/PA.....	68

Figura 21	Detalhe da decomposição da palhada do sorgo, no Campus da UFRA, em Belém, PA. (Foto: Patrícia Maia, 2008)	71
Figura 22	Persistência da palhada da rebrota do sorgo sobre o solo, em função dos híbridos dentro do sistema convencional. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.....	75
Figura 23	Persistência da palhada da rebrota do sorgo sobre o solo, em função dos híbridos dentro do sistema plantio direto. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	75
Figura 24	Teores de carbono e nitrogênio no tecido foliar da rebrota do sorgo (a) e relação C/N de três híbridos de sorgo (b), cultivado em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	76
Figura 25	Carbono orgânico total, em dois sistemas de manejo do solo (a) e em dois períodos amostrais (b), em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	77
Figura 26	Figura 26: Carbono da biomassa microbiana do solo, em dois sistemas de manejo do solo (a) e em dois períodos amostrais (b), em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	78
Figura 27	Relação carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total, em dois sistemas de manejo do solo a) e em dois períodos amostrais b) em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	79
Figura 28	Respiração basal do solo, em dois sistemas de manejo do solo a) e em dois períodos amostrais b) em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade	80
Figura 29	Quociente metabólico em dois sistemas de manejo do solo a) e em dois períodos amostrais b). em um Latossolo Amarelo. Belém-PA. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.....	81

CAPÍTULO 1- REBROTA DO SORGO E ATRIBUTOS BIOLÓGICOS EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO E PERSISTÊNCIA DA PALHADA NO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL

MAIA, Patrícia Ribeiro. **Rebrota do sorgo e atributos biológicos em função da adubação potássica e sistemas de manejo e persistência da palhada no solo da Amazônia Oriental. Belém: UFRA, 2010. 91p (Dissertação – Mestrado em Agronomia).**

RESUMO

Na Amazônia os solos são altamente intemperizados e associados ao uso e manejo inadequados acabam sendo esgotados química, biológica e fisicamente ocorrendo posteriormente seu abandono pelos agricultores. Como alternativa para recuperação desses solos degradados encontra-se a cultura do sorgo gramínea que apresenta alta porcentagem de rebrota, podendo ser utilizada para formação de palhada. O potássio é um dos nutrientes mais lixiviados do solo, tornando-o menos disponível às plantas, fazendo-se necessária sua reposição via adubação química. Sistemas de manejo conservacionistas como o plantio direto tem melhorado as propriedades químicas e biológicas do solo. Neste contexto, este trabalho teve como objetivos avaliar a produção, os teores e acúmulos de macronutrientes em três híbridos de sorgo, em função da adubação potássica e do sistema de manejo do solo, a persistência da palhada do sorgo sobre o solo e os atributos biológicos do solo. O experimento foi realizado em condições de campo, em Latossolo Amarelo no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em um arranjo fatorial 4x3x2, sendo quatro doses de potássio (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de K₂O), três híbridos de sorgo (Volumax, AG 2005E e Qualimax) e dois sistemas de manejo do solo (plantio convencional e plantio direto). Foram avaliadas variáveis de produção da rebrota do sorgo, teor e acúmulo de macronutrientes na rebrota do sorgo, a taxa de decomposição da palhada do sorgo e os atributos biológicos do solo. O sistema plantio direto proporcionou maior produção de matéria seca da parte aérea até a dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O; os híbridos Volumax e Qualimax apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea. A dose de 201 kg ha⁻¹ de K₂O, proporcionou uma porcentagem de rebrota de 92,3%. O híbrido Volumax apresentou maior acúmulo de nutrientes na parte aérea. O sistema plantio direto e o período mais chuvoso proporcionaram aumento nos teores de carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), da relação C-BMS/COT, da respiração basal e da eficiência de utilização do C orgânico pela população microbiana do solo, comparativamente ao sistema de produção convencional e ao período menos chuvoso.

Palavras chave: *Sorghum bicolor*, plantio direto, plantio convencional, decomposição da palhada, atributos biológicos do solo.

ABSTRACT

In the Amazon soils are highly weathered and associated with inappropriate use and management are eventually exhausted chemical, biological and physically occurs after its abandonment by farmers. As an alternative to recovery of degraded soils is the cultivation of sorghum grass that produces high rates of regrowth and can be used for training of straw. Potassium is one of the more leached nutrients from the soil, making it less available to plants, making it necessary to replace them via chemical fertilization. Conservation management system as no-tillage has improved chemical and biological soil. In this context, this study aimed to assess the production levels and accumulation of nutrients in three sorghum hybrids on potassium fertilization system and soil management, the persistence of sorghum straw on the soil and the biological attributes soil. The experiment was conducted under field conditions, at the Institute of Agricultural Sciences (ICA) of the Federal Rural University of Amazonia (UFRA). We used a randomized block design in a 4x3x2 factorial arrangement, with four doses of potassium (50, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ K₂O), three sorghum hybrids (Volumax, AG 2005E and Qualimax) and two systems of soil management (tillage and no tillage). We assessed production parameters of sorghum regrowth, content and accumulation of nutrients in the regrowth of sorghum, the rate of decomposition of sorghum straw and biological attributes of soil. The no-tillage system produced higher dry matter of shoots up to a dose of 200 kg ha⁻¹ K₂O, hybrids Volumax and Qualimax had higher dry matter production of shoots, the dose of 201 kg ha⁻¹ K₂O, provided a percentage of regrowth of 92.3%, the hybrid Volumax showed higher accumulation of nutrients in the shoot. The no-tillage system and the rainy season provided increased levels of total organic carbon (TOC), microbial biomass carbon in soil (C-MBS), the relationship C-MBS/TOC, respiration and the utilization efficiency of organic C by soil microbial population, compared to conventional production system and the dry period.

Key-words: *Sorghum bicolor*, no-tillage, conventional tillage, decomposition of mulching, biological indicator of soil.

1.1 . INTRODUÇÃO

Após a remoção da cobertura vegetal original, tem-se observado várias alterações nas propriedades dos solos. Tais modificações podem ser de caráter positivo ou negativo, ocasionando melhoria nas propriedades do solo podendo também acelerar a degradação deste, dependendo principalmente da natureza do solo, da espécie vegetal, do sistema de manejo usado e do tempo de exploração agrícola (PEREIRA; VELOSO; GAMA, 2000).

Na Amazônia, embora grande parte dos agricultores tenha consciência da necessidade da realização da adubação e da calagem como forma de manter e, ou melhorar a fertilidade dos solos, poucos são aqueles que fazem uso desta prática de manejo dos solos. Isto se deve aos elevados custos dos insumos na região e a baixa eficiência de uso destes insumos provocado pelos sistemas de agricultura extensiva predominantes nesta região e, também, pela carência de informações que possibilitem um maior rendimento e, conseqüentemente uma maior lucratividade.

A recuperação das áreas degradadas por métodos tradicionais de preparo do solo é muito onerosa em especial pela necessidade de correção e de fertilização. Para tanto torna-se necessário desenvolver sistemas alternativos de produção que possibilitem a recuperação a menor custo e maior sustentabilidade, a partir de espécies produtoras de forragem e de palhada, como a cultura do sorgo. A recuperação das áreas degradadas ou em degradação pelo uso inadequado com lavouras trará uma contribuição importante para a redução dos desmatamentos na região e aumento na importação de grãos. O sorgo apresenta elevada produção de massa seca, além da capacidade de rebrota, tornando-se alternativa importante, para formação de palhada para o plantio direto. Tomich et al. (2004) observaram taxa de rebrota próxima ou superior a 90% para 12 híbridos de sorgo, avaliados para corte. O sorgo pode ser utilizado como planta forrageira e para formação de palhada em ambientes de clima tropical, pois apresenta relação C/N elevada.

O estudo de nutrientes em plantas forrageiras vem merecendo atenção especial por parte da comunidade científica nas últimas décadas. Esse empenho é justificado pela grande variação regional dos teores médios desses nutrientes, que podem ser aumentados com utilização de tecnologia, notadamente, por meio da adubação (CHEEKE, 1991). O K é absorvido em grande quantidade pelas plantas, sua absorção é inferior apenas ao N; entretanto o K disponível ocorre em baixas concentrações nos solos da região Amazônica (CRAVO; VIÉGAS; BRASIL, 2007).

Os atributos biológicos do solo como a biomassa microbiana, a respiração basal e o quociente metabólico são indicadores sensíveis da qualidade do solo; quando a comunidade microbiana está sob algum fator estressante (deficiência de nutrientes, solo ácido, entre outros) ocorre redução da capacidade de utilização do carbono (DA SILVA et al., 2007).

À medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização de recursos do ecossistema, menos CO₂ é perdido pela respiração e maior proporção de C é incorporada aos tecidos microbianos (FOLLET; SCHIMEL, 1989) o que resulta em diminuição do quociente metabólico (qCO_2).

Na Amazônia ainda são escassos trabalhos de pesquisa com a cultura do sorgo, no entanto essa cultura tem apresentado um grande potencial de produção de matéria seca quando cultivada na região (LEITE, 2007). Este trabalho teve como objetivos avaliar a produção de matéria seca e os teores e acúmulos de macronutrientes na rebrota de três híbridos de sorgo, em função da adubação potássica e do sistema de manejo do solo, a persistência da palhada da rebrota do sorgo e os atributos biológicos do solo.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1. A cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é originário do centro da África e parte da Ásia, é uma planta forrageira, de dia curto e com altas taxas fotossintéticas (MAGALHÃES; DURÃES, 2003). Está entre os cereais mais produzidos no mundo, ficando atrás do milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) e cevada (*Secale cereale* L.) (FAOSTAT, 2008).

Segundo o IBGE (2008), a produção nacional de sorgo no ano de 2008 foi de 1.821.068 toneladas, tal produtividade deve-se principalmente a maior rusticidade em relação ao milho, resistindo melhor em solos menos férteis e a períodos prolongados de estiagem, característicos deste tipo de vegetação, tornando este cereal uma opção de menor risco ao produtor rural.

O sorgo apresenta facilidade de cultivo e rendimentos satisfatórios de matéria seca por unidade de área (ZAGO, 1991), distinguindo-se por apresentar elevada relação C/N, (CORREIA; CENTURION; ALVES, 2005) Apresenta vasto e agressivo sistema radicular, apto a penetrar solos que apresentem camadas compactadas (ROSOLEM; FOLONI; TIRITAN, 2002). Pode ser empregado na produção de forragem, grãos, açúcar e álcool, e por ser energético pode fazer parte da composição de rações para aves, suínos, bovinos, etc.

(OLIVEIRA NETO, 2008). Outros usos que podem ser atribuídos ao sorgo são: como matéria-prima para a fabricação de vassouras (FARIAS, 2000) e pipoca (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 1998). A rebrota do sorgo é viabilizada após o corte da cultura original, caso haja adequada fertilidade, umidade e temperatura (ZAGO, 1997). Silva et al. (1990) constataram rendimentos entre 7,0 a 7,5 t ha⁻¹ de matéria seca da rebrota do sorgo forrageiro, representando 51,85% a 51,70% do rendimento obtido no primeiro corte.

Segundo Teixeira e Teixeira (2004) no Brasil existem diversos materiais geneticamente melhorados referentes a sorgo granífero, forrageiro, para silagem e de duplo propósito de elevada produtividade. Como ocorre em outras culturas, os diferentes genótipos de sorgo, comportam-se de maneira diferenciada, um em relação ao outro, seja na produtividade de grãos, ciclo vegetativo e em outras características (HECKLER, 2002). Alguns híbridos de sorgo apresentam maior produção de biomassa por unidade de área, quando comparado ao milho (TONANI, 1995). Pereira (1990), avaliando o desenvolvimento de 16 espécies, para uso de cobertura vegetal do solo, na entressafra da soja na região do cerrado, constatou que o sorgo, o milho e o milheto foram as espécies que obtiveram as maiores produções de fitomassa, não diferindo entre si.

1.2.2. A palhada de sorgo

Diversas pesquisas demonstram os efeitos benéficos dos restos culturais nas propriedades do solo e na produção das culturas (ROSCOE; BOADEY; SALTON, 2006; BOER et al., 2007; GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007; TORRES; PEREIRA;FABIAN, 2008). Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes que são liberados lentamente pela ação dos microorganismos, além de aumentar a estabilidade estrutural e proteger contra a erosão hídrica (Sidiras; Henklain; Derpsch, 1982). Aumentam a população da micro e mesofauna (KREMER; SPENCER, 1989), reduzem a evaporação da água (GASSEN; GASSEN, 1996), impedem que a superfície do solo se aqueça e temperaturas elevadas afetem a fauna do solo, como bactérias, insetos, larvas, vermes, além de reduzir a assimilação de nutrientes (MANAH S/A, 1980). A palhada tem efeito inibitório sobre plantas daninhas (DO NASCIMENTO; DE MATOS, 2007). Devido à diminuição da quantidade e modificação da qualidade da luz que atinge as sementes depositadas na superfície do solo (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000). Além disso, plantas que exsudam aleloquímicos ocasionam efeitos alelopáticos nas culturas sucessoras (GUSMAN; BITTENCOURT; VESTENA, 2008).

Os nutrientes presentes na palhada depositada sobre a superfície do solo estarão temporariamente indisponíveis às plantas em crescimento. As características das plantas que

deram origem a palhada e ao manejo das mesmas irão determinar o tempo de duração desse ciclo, até que os nutrientes retornem ao solo (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000). Por outro lado os resíduos culturais incorporados ao solo sejam decompostos mais rapidamente do que quando deixados na superfície (POTTHOFF; JOERGENSEN; WOLTERS, 2001).

A fração dos substratos adicionados ao solo composta por material prontamente decomponível se transforma rapidamente em CO₂ e biomassa; em seguida são transformados os componentes químicos mais resistentes e a própria fração da biomassa microbiana que morre. O processo prossegue podendo durar meses ou anos até a completa degradação e mineralização dos constituintes orgânicos, com a produção de grande quantidade de CO₂, formação de húmus e biomassa (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Materiais com relação C/N elevada, como as gramíneas, permanecem por mais tempo no solo (TEIXEIRA et al., 2009). Torres et al. (2005) estudando a relação C/N de milho, sorgo, aveia, crotalária e guandu, encontraram os seguintes valores 23,5; 29,4; 29,4; 14,8; e 13,9, respectivamente. Carvalho et al. (2008) avaliaram a produção de massa seca de pastagens de inverno, observaram que maior taxa de acúmulo de massa seca foi registrada na área cultivada previamente com sorgo, quando comparada a área apenas com pastagem. E Spehar (2002) evidencia a viabilidade de formação de palhada do sorgo permanente sobre o solo, mesmo em regiões de clima quente e úmido.

1.2.3. Potássio

1.2.3.1. Potássio no solo

Na região amazônica os solos predominantes são os Latossolos e os Argissolos (FALESI, 1984). Devido principalmente a ação do intemperismo em solos tropicais predominam os minerais altamente intemperizados, como: caulinita, óxidos de ferro e de alumínio, sendo o potássio disponível encontrado em baixas concentrações (DIAS et al., 2007).

Para Cravo, Viégas e Brasil (2007) 50% dos solos do Estado do Pará apresentam baixa reserva de potássio. Valente et al. (2001) estudando os solos da região amazônica encontraram valores de K variando de 8 a 27 mg dm³, valores esses considerados baixos para o bom desempenho produtivo das culturas. Para Braga (1996) no sistema solo-planta vários fatores influenciam na absorção do íon K⁺ pelas plantas, dentre eles: a mineralogia, tipo e proporção de argila, conteúdo de matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions, potássio trocável, a

capacidade de renovação do nível de potássio, a quantidade de potássio no subsolo, profundidade das raízes, quantidade relativa dos outros nutrientes, umidade e drenagem, pH, aeração e compactação do solo.

De acordo com Werle, Garcia, Rosolem (2008) com o acréscimo do efeito residual o potássio considerado não-trocável passa para trocável de maneira acelerada, influenciando na lixiviação deste nutriente no solo. Rosolem et al. (2006) avaliando a lixiviação e disposição de potássio no solo, obtiveram com a palha do milho, mesmo sem adubação potássica considerável fonte de K. Segundo esses autores a lixiviação do potássio presente na palha foi proporcional a intensidade de chuva aplicada.

1.2.3.2. Potássio na planta

O potássio está relacionado com praticamente todas as funções fisiológicas da planta (COELHO et al., 2002). Embora nem sempre tenha efeito sobre os rendimentos de matéria seca (MESA; HERNÁNDEZ; REYES, 1988a). O potássio é um nutriente mineral retirado em grande quantidade pelas plantas, sendo considerado o íon mais abundante nas células vegetais (MARSCHNER, 1995). Para Costa et al. (2009) para que a difusão e a absorção de potássio sejam ideais para as plantas, é necessária concentração adequada deste nutriente na solução do solo e ausência de impedimentos físico e químico.

Avaliando o acúmulo e a liberação de nutrientes em resíduos de diversas culturas Boer et al. (2007) observaram que o potássio foi o nutriente acumulado em maior quantidade. Plantas com teores adequados de potássio têm o número e tamanho dos estômatos por unidade de área foliar aumentados, facilitando as trocas gasosas nos tecidos. O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos é dependente do fluxo de potássio nas células-guarda, e assim, plantas deficientes podem ter suas respostas estomáticas alteradas (MORAES et al., 2006). Gramíneas forrageiras deficientes em potássio apresentam folhas pouco desenvolvidas, colmos finos, raquíticos e são pouco resistentes ao tombamento, podendo ocorrer clorose e necrose nas pontas e nas margens das folhas, em casos de grave deficiência, reduzindo a produtividade da forrageira (WERNER, 1985).

De acordo com Meurer (2006), as faixas de teores de K para o ótimo crescimento das plantas situam-se na faixa de 20–50 g kg⁻¹ da massa das partes vegetativas secas da planta, das frutas e dos tubérculos, entretanto as plantas têm a capacidade de absorver quantidade de K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo. Entretanto, aplicações de altas doses de potássio devem ser evitadas para prevenir a absorção de luxo e evitar a interferência na absorção de magnésio e cálcio pela planta (GOMIDE, 1986).

Segundo Werner (1986) o K tem ação fundamental no metabolismo vegetal, pelo papel que exerce na fotossíntese, atuando na transformação da energia luminosa em energia química.

Para Taiz e Zeiger (2004), plantas de milho deficientes em potássio, podem ter raízes mais susceptíveis aos fungos da podridão radicular presentes no solo, e essa suscetibilidade, juntamente com os efeitos caulinares, resulta em uma maior tendência de tombamento da planta no solo (acamamento). Os sintomas de carências minerais são mais ou menos característicos para cada nutriente, dependendo também da severidade, da cultivar e de fatores ambientais (COELHO et al., 2002). Leite et al. (2002) trabalhando com resíduos de adubação NPK em Argissolo, verificaram que com o aumento das doses residuais de adubação potássica houve incremento significativo para a variável relação de área foliar do sorgo. Em experimento realizado por Bernardi et al. (2009) com doses, modos e épocas de aplicação de adubação potássica, estes autores obtiveram com a cultura do milho melhor aproveitamento do potássio residual da soja, com a dose de 60 kg ha⁻¹ de K₂O, enquanto que o algodoeiro obteve maior eficiência agrônômica com a dose de 146 kg ha⁻¹ de K₂O, em pré-semeadura. Segundo estes mesmos autores o manejo da adubação, em relação às doses e aos modos de aplicação (sulcos, à lanço e parcelada), também devem ser considerados. Torres e Pereira (2008) ao avaliarem o efeito de oito tipos de coberturas vegetais obtiveram no primeiro e segundo ano, maior acúmulo de K nas gramíneas (milheto, sorgo e braquiária), quando comparadas com outras culturas.

1.2.4. Preparo do solo com e sem revolvimento

O preparo do solo é um dos mais importantes componentes de seu manejo, é fator relevante no processo de produção das plantas cultivadas, sendo utilizado para criar ambiente favorável à semeadura e germinação das sementes e ao crescimento das plantas (AMARAL et al., 2008).

A implantação de sistemas de manejo conservacionistas, que tem como princípio a manutenção de cobertura vegetal e seus resíduos sobre o solo é uma das estratégias eficazes para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais (CAIRES et al., 2006). De acordo com Larson e Pierce (1994) apenas quando é mantida ou melhorada a qualidade do solo, água, ar e alimentos e pode-se determinar as mudanças da qualidade do solo é que o manejo do solo pode ser considerado sustentável. Embora as terras brasileiras apresentem curta história de exploração agrícola, as mesmas já demonstram sinais evidentes de declínio de sua capacidade produtiva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

A fertilidade natural da maioria dos solos amazônicos diminui de forma acentuada, quando é retirada sua cobertura vegetal, fazendo-se necessário desenvolver sistemas agrícolas adequados que permitam melhorar sua recuperação, assim como desenvolver e utilizar tecnologias direcionadas aos fatores de produção (PEREIRA; VELOSO; GAMA, 2000). Segundo estes mesmos autores após a retirada da mata natural e com o estabelecimento de novas culturas, diversos agentes como: a fertilidade inicial do solo, o comportamento químico de cada nutriente, suas interações com o meio, a cultura introduzida, como também o manejo e os tratos culturais adotados atuam com maior intensidade sobre as propriedades químicas do solo.

A intensidade de revolvimento do solo e de incorporação dos resíduos culturais promovem modificações nos teores de matéria orgânica (MO), na capacidade de troca de cátions (CTC), no pH, na dinâmica dos nutrientes (TOGNON; DEMATTÊ; MAZZA, 1997). Para Denardin e Kochhann (1997) o uso intensivo de maquinário agrícola, principalmente no sistema convencional, somado a condições inadequadas de umidade e de cobertura vegetal, modifica a estrutura do solo, alterando as relações entre suas fases (FOLLET; SCHIMEL, 1989).

O efeito de sistemas de manejo do solo sobre o estabelecimento inicial da cultura, está relacionado a quantidade e a qualidade da matéria orgânica (MO) estando também associado à quantidade de carbono e de nitrogênio que retornava ao solo via resíduo cultural (LEITE, 2009). Sistemas de manejo sem revolvimento do solo como a pastagem e o plantio direto (PD), acumulam MO principalmente nos primeiros centímetros do solo, tendendo a minimizar o impacto das atividades agrícolas sobre os teores de MO e a estrutura do solo (CAMPBELL et al., 1991), além de aumentar a concentração de nutrientes na superfície do solo (MUZILLI, 1983).

Sistemas de manejo do solo sem revolvimento proporcionam melhores condições ao desenvolvimento de microrganismos (temperatura, umidade, aeração, entre outros), promovendo o aumento da biomassa microbiana, melhorando a fertilidade do solo (SIDIRAS; PAVAN, 1985). De acordo com Souza e Carvalho (1995) em algumas culturas, o plantio direto e o preparo mínimo propiciam produtividades mais elevadas em comparação com o preparo convencional do solo.

No Brasil em virtude da rápida evolução do sistema plantio direto faz-se necessário desenvolver cada vez mais pesquisas, devido à grande maioria das pesquisas de fertilidade de solo ter sido desenvolvida sobre sistemas de preparo convencional do solo (MIELNICZUK, 2005).

1.2.5. Indicadores biológicos do solo

As atividades de transformação de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas interferem nas taxas de adição e decomposição da matéria orgânica do solo (ZINN et al., 2005). Nas regiões tropicais, principalmente em agroecossistemas intensivos, a manutenção de qualquer atividade agrícola produtiva é dependente da ciclagem de material orgânico no solo (PRIMAVESI; PRIMAVESI; ARMELIN, 2002). A principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo é a microbiota do solo. Além disso influencia diretamente a transformação da matéria orgânica, o estoque do carbono e nutrientes minerais (JENKINSON; LADD, 1981). A microbiota articulada às raízes e à fauna do solo são os principais agentes da formação dos agregados do solo (AMÉZKETA, 1999).

Sistemas de preparo com intenso revolvimento do solo resultam em decréscimo do estoque de matéria orgânica do solo (SILVA; LEMAINSKI; RESCK, 1994), enquanto que no plantio direto a menor perturbação do solo ocasiona com o decorrer do tempo aumento do teor de matéria orgânica (RHOTON, 2000). Tem-se observado que a qualidade do solo é superior em sistemas em que a sua mobilização é pequena. A conversão da floresta em áreas agrícolas e posteriormente o abandono da área, afeta as propriedades químicas do solo, a biomassa microbiana e a estrutura das comunidades bacterianas (CENCIANI et al., 2009).

A biomassa microbiana e a taxa de respiração são propriedades biológicas de elevada sensibilidade que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola, estes indicadores auxiliam no planejamento e análises de sustentabilidade das técnicas de manejo do solo, sendo ferramentas para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas (DORAN; PARKIN, 1994).

Em solos tropicais, a matéria orgânica tem relevante papel na manutenção de sua fertilidade. No entanto, práticas agrícolas e florestais, como o uso de corretivos e fertilizantes estão associadas à redução do teor de matéria orgânica, em razão, principalmente, do estímulo à respiração microbiana (DELLA BRUNA et al., 1991).

Taxas elevadas de respiração microbiana podem significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e em longo prazo, perda de C orgânico do solo para a atmosfera (PARKIN; DORAN; FRANCO-VIZCAÍNO, 1996). Nos últimos anos, são grandes os esforços em busca de sistemas mais conservacionistas que apresentem, com o tempo, incremento de matéria orgânica na superfície do solo (RANGEL; SILVA, 2007). O solo,

tanto natural como manejado, deve prorrogar a transferência de C para a atmosfera, permitindo que o C seja retido no material do solo por mais tempo amenizando os efeitos nocivos das mudanças climáticas (BROMICK; LAL, 2005).

O carbono microbiano representa a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, é mais sensível à remoção da cobertura vegetal nativa do que a parte não viva da matéria orgânica, razão pela qual é apontado como um indicador de qualidade do solo (Matsuoka et al., 2003).

Estudando o carbono orgânico total e residual de um Latossolo sob sistemas de manejo com e sem revolvimento do solo, Carneiro et al. (2009) observaram que quanto menor a mobilização e maior a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo, maiores foram os teores de carbono orgânico total e de carbono residual no solo estudado. Cerri et al. (1996), estudaram a dinâmica de carbono em solos da Amazônia e observaram que, mesmo após oito anos do desmatamento e implantação da pastagem, ainda havia 50% do carbono do solo proveniente da mata original, o que demonstra que grande parte da matéria orgânica da floresta, a depender do tipo de manejo adotado, permanece sob forma estável.

O quociente metabólico (qCO_2) tem sido proposto como um atributo mais preciso que a biomassa microbiana e a respiração basal, na avaliação dos efeitos ambientais e antropogênicos sobre a atividade microbiana do solo: o qCO_2 é definido pela razão entre a respiração basal por unidade de biomassa microbiana do solo por unidade de tempo (ANDERSON; DOMSCH, 1993). Vários estudos demonstram a eficiência do qCO_2 , pois uma biomassa microbiana eficiente perde menos carbono como CO_2 pela respiração e incorpora maior proporção de carbono ao tecido (SANTRUCKOVA; STRASKRABA, 1991; ANDRÉA et al., 2002; HARRIS, 2003; PORTO et al., 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. **Plantas de cobertura de solo para SPD**. Informe Agropecuário, Embrapa Milho e Sorgo. 2000.

AMARAL, A. J.; BERTOL.I.; COGO.N.P.; BARBOSA.F.T.; Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo húmico da região do planalto sul- Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.32, p.2145-2155, 2008.

AMÉZKETA, E. Soil aggregate stability: A review. **Journal of Sustainable Agriculture**. v.14, p.83-151, 1999.

ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p. 393-395, 1993.

ANDRÉA, A.F. d'; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.913- 923, 2002.

BERNARDI, A.C. C.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, J.P.; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G. DA S.; DE FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica, na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 158-16, 2009.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4, ed. São Paulo, Ícone, 355 p.1999.

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

BRAGA J. M. Potássio In: CURSO DE FERTILIDADE E MANEJO DO SOLO, Viçosa,1996. Fertilidade e manejo do solo. Brasília: **ABEAS**, mód.8, 62 p.1996.

BROMICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management. **Geoderma**, v.124, p.3-22, 2005.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia-preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 30, p.87-98, 2006.

CAMPBELL, C.A.; LAFOND, G.P.; LEYSHON, A.J.; ZENTNER, R.P.; JANZEN, H.H. Effect of cropping practices on the initial potential rate of N mineralization in thin Black Chernozem. **Canadian Journal of Soil Science**, v.71, p.43-53 , 1991.

CARNEIRO, C.E.A.; MELÉM JÚNIOR, N.J.; DE AZEVEJO, N.C.B.; ANDRADE, E.A., KOGUISHI, M.S.; DIEHL, R.C.; RICCE, W. S.; PASSARIN, A.L.; VAZ, R.H.M.; STELMACHUK, T.L.L.; GUIMARÃES, M.F.; RALISCH,R. Efeito dos sistemas de manejo

sobre o carbono orgânico total e carbono residual de um Latossolo vermelho eutroférico. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 5-10, jan./mar. 2009.

CARVALHO, D. B.; BELLO, M.; MORAES, A.; PELLISSARIA.; BONA FILHO, A. Desenvolvimento de pastagens em integração lavoura-pecuária na região de guararuva-PR. **Revista acadêmica de Ciência Agrária Ambiental**., Curitiba, v. 6, n. 1, p. 11-19, jan./mar. 2008.

CENCIANI, K.; LAMBAIS, M.R.; CERRI, C.C.; DE AZEVEDO, L.C.B.; FEIGL, B.J. Bacteria diversity and microbial biomass in forest, pasture and fallow soils in the southwestern Amazon basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p.907-916, 2009.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; MORAES, J.L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: ALVAREZ VENEGAS, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Ed.). **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UFV, 1996. p.61-69.

CHEEKE, P.R. **Applied animal nutrition: feeds and feeding**. New York: Macmillan Publishing Company, 1991. 504p.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAN, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 24 p, 2002.

CORREIA, N. M.; CENTURION, M. A. P. C.; ALVES, P. L. C. A. Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de soja. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 498-503, 2005.

COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; BASTOS, A. L.; ALBUQUERQUE, A. W. Fluxo difusivo de potássio em solos sob diferentes níveis de umidade e de compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.56-62, 2009.

CRAVO, M.S.; VIÉGAS, I.J.M.; BRASIL, E.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 252 p.

DA SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; DA SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.56-62, 2007.

DEGÁSPARI, C.H. & WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de aplicações tecnológicas para o Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.09, n.1, p.17-26, 1998.

DELLA BRUNA, E.; BORGES, A.C.; FERNANDES, B.; BARROS, N.F. & MUCHOVEJ, R.M.C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, p.15-20, 1991.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. 1997. Pesquisa de desenvolvimento em sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Anais 26**. Rio de Janeiro. Resumos. 1 CD-ROM.

DIAS,G.F.;MOTERLE,D.F.; KAMINSKI.J.; RHEINHEIMER,D.S.; BORKERT,C.M.; TOEBE,M. 2007. Formas de potássio em um Latossolo com histórico de adubação submetida a cultivos sucessivos. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Anais 31**. Gramado. Resumos. 1 CD-ROM.

DO NASCIMENTO, A.F.; DE MATTOS, J.L.S. Produtividade de biomassa e supressão de plantas espontâneas por adubos verdes. **Agroecologia**, v.2, p.33-38, 2007.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK,D.F. & STEWART, B.A. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, v. 35, p.3-22. 1994.

EL-SWAIFE, S.A. & DANGLER, E.W. Rainfall erosion in the tropics: A state-of-the-art. In: KUSSOW, W.; EL-SWAIFY, S.A. & MANNERING, J., eds. Soil erosion and conservation in the tropics. Madison, **American Society of Agronomy**, 1982. p.1-25.

FALESI, I. C. Estado atual de conhecimentos dos solos da Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, Belém, 1984, pg. 168-191 (Embrapa – CPATU, **Documentos**, 36).

FAO. FAOSTAT Agriculture Data. Disponível em: <<http://www.apps.fao.org/cgi-bin/nphdb.pl>>. Acesso em: 10/05/2008.

FARIAS, G.A.A.M. Rentabilidade da produção de vassouras de sorgo-vassoura (Shorgum bicolor (L.) Moench). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 30, p.97-102. 2000.

FOLLET, R.F.; SCHIMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. **Soil Science Society America Journal**., v.53, p.1091- 1096, 1989.

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

GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. **Plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 207p. 1996.

GOMIDE, J.A.. Adubação fosfatada e potássica de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (Eds.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ. p.155-64. 1986.

GUSMAN, G. S.; BITTENCOURT, A. H. C.; VESTENA, S. Alelopatia de *Baccharis dracunculifolia* DC. sobre a germinação e desenvolvimento de espécies cultivadas. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 30, n. 2, p. 119-125, 2008.

HECKLER, J.C. Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.32, n.3, p.517-20, 2002.

HARRIS, J.A. Measurements of the soil microbial community for estimating the success of restoration. **European Journal Soil Science**, Oxford, v.54, n.4, p.801- 808, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –FIBGEGCEA, 2008.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.N., eds., **Soil Biology Biochemistry**, v.5, p:415-471, 1981.

KREMER, R.J.; SPENCER, N.R. Impact of a seed-feeding insect and microorganisms on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seed viability. **Weed Science**, v.37, p.211-216, 1989.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. Minneapolis: **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p.244:37, 1994.

LEITE, J.P.; DOS REIS, O.V.; TABOSA, J.N.; DE OLIVEIRA, L.R. Efeito residual de N, P e K em Podzólico Amarelo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), sob condições de sequeiro em rotação com batateira (*Solanum tuberosum* L.) **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.38-46, 2002.

LEITE, M.H.S.; COUTO, E.G.; AMORIM, R.S.S.; DACOSTA, E.L.; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num latossolo vermelho-amarelo ácrico típico com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.689-699, 2009.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Ecofisiologia da produção de sorgo. Sete Lagoas: **EMBRAPA Milho e Sorgo**, (Comunicado Técnico, 87), 4p. 2003.

MANAH - S/A. **Plantio Direto**. Assessoria Agrônômica. Eng. Agrônomo. Fernando Penteados Cardoso Presidente do Conselho de Administração e consultor da Manah/(SA). São Paulo SP, 1980.

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

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.425-433, 2003.

MESA, A.R., HERNÁNDEZ, M., REYES, F. et al. Determinacion de los niveles criticos de N, P y K, rendimiento de materia seca y composicion quimica en *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621. **Pastos y Forrage**, v.11, n.3, p.235- 241, 1988a.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.281-298. 2006.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: **Potafos**, 2005. p. 165-176.

MORAES, S. R. G., POZZA, E. A., ALVES, E., POZZA, A. A.A., CARVALHO, J. G., LIMA, P. H., BOTELHO, A. O. Efeitos de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**. V.31. p. 069–075. 2006.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Editora da UFLA, 2002. 626p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95–102, 1983.

OLIVEIRA NETO, C.F. Crescimento, produção e comportamento fisiológico e bioquímico em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) submetidas à deficiência hídrica. Belém, 106p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2008.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W. & JONES, A., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**, p.231-245, 1996.

PEREIRA, J.A.R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) no cerrado**. 1990. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1990.

PEREIRA, W.L.M.; VELOSO, C.A.C.; GAMA, J.R.N.F. Propriedades químicas de um latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia oriental. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.531-537, jul./set. 2000.

PÔRTO, M.L.; ALVES, J.C.; DINIZ, A.A.; DE SOUZA, A.P.; SANTOS, D. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso do brejo Paraibano. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1011-1017, jul./ago. 2009.

POTTHOFF, M.; JOERGENSEN, R.G.; WOLTERS, V. Short-term effects of earthworm activity and straw amendment on the microbial C and N turnover in a remoistened arable soil after summer drought. **Soil Biology and Biochemistry**, v.33, p.583-591, 2001.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J.A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 89–102, 2002.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 1609-1623, 2007.

RHOTON, F.E. Influence of time on soil response to no-till practices. **Soil Sci. Soc. American Journal**, v. 64, p. 700-709, 2000.

ROSCOE, R.; BOADEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. & SALTON, J.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas. Dourados, **Embrapa**, p.17-42. 2006.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 109-115, 2002.

_____, C.A.; DOS SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha do milho e chuva simulada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.1033-1040, 2006.

SANTRUCKOVA, H.; STRASKRAVA, M. On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.23, p.525-532, 1991.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and yields of soybean and wheat on an oxisol. **Journal Agronomy and Crop Science**, Madison, v.151, p.137-148, 1982.

_____, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:249-254, 1985.

SILVA, J. F. C. da; OBEID, J. A.; FERNANDES, W.; GARCIA, R. Idade de corte do sorgo Santa Eliza (*Sorghum vulgare*, Pers.), para silagem. I. Produção e característica das silagens. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 98-105, mar./abr. 1990.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.541-547, 1994.

SOUZA, L. DA S.; CARVALHO, F. L. C. Alterações em propriedades físicas e químicas do solo causadas por sistemas de preparo em mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.14, p.39-50, 1995.

SPEHAR, CARLOS. Embrapa lança Amarantho “BRS ALAGRIA” **alternativa para a agricultura tropical**. Associação do Plantio Direto no Cerrado. Revista de divulgação da APDC, março/abril 2002.

TAIZ, L; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1.,:2004, Belém. **Anais...** Belém : Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004 p. 83-100.

TEIXEIRA, C.M.; DE CARVALHO, G.J.; DE ANDRADE, M.J.B.; SILVA, C.A.; PEREIRA, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho+crotalaria no plantio direto do feijoeiro. **Acta scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.647-653, 2009.

THEISEN, G.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 753-756, 2000.

TOGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de Latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21p. 271-278, 1997.

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

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

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

_____, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V. 32.p 1609-1618, 2008.

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

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

WERNER, J. C. Adubação potássica. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa. 1985. **Anais**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa de Potassa e do Fósforo, 175-190 p.1985.

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

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) In: **Anais do simpósio sobre nutrição de bovinos**. 4.ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.169-217,1991.

_____, C.P. **Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes**. In: **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, p. 9-26, 1997.

ZINN, Y.L.; LAL, R. & RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 40, p. 84-88, 2005.

CAPÍTULO 2- REBROTA E NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO, EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA E SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

RESUMO

O alto grau de intemperismo dos solos amazônicos associado a baixa capacidade produtiva devido ao uso e manejo inadequados tornam esses impróprios para exploração agrícola, ocasionando o abandono dos mesmos. A cultura do sorgo apresenta elevada produção de massa seca, alta percentagem de rebrota constituindo-se numa alternativa importante, para formação de palhada para a recuperação de solos degradados. O potássio é um dos nutrientes mais lixiviados do solo, tornando esse nutriente menos disponível às plantas, se constituindo em um fator limitante da produção. Os sistemas de manejo conservacionistas como o plantio direto têm melhorado as propriedades químicas do solo e proporcionado maior acúmulo de nutrientes. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção e nutrição mineral da rebrota de três híbridos de sorgo em função da adubação potássica e de sistemas de manejo do solo. O experimento foi realizado em condições de campo, em Latossolo Amarelo no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em um arranjo fatorial 4x3x2, com quatro repetições. Os fatores foram quatro doses de potássio (50, 100, 200, 300 kg ha⁻¹ de K₂O), três híbridos de sorgo (Volumax, AG 2005E e Qualimax) e dois sistemas de manejo do solo (plantio convencional e plantio direto). Foram avaliadas as variáveis de crescimento da rebrota do sorgo, o teor e acúmulo de macronutrientes na rebrota dos três híbridos. O sistema plantio direto proporcionou maior produção de matéria seca da parte aérea até a dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo que os híbridos Volumax e Qualimax apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea. A dose de 201 kg ha⁻¹ de K₂O, proporcionou uma porcentagem de rebrota de 92,3%. O híbrido Volumax apresentou maior acúmulo de nutrientes na parte aérea.

Palavras chave: *Sorghum bicolor*, produção do sorgo, teor e acúmulo de macronutrientes, plantio direto, plantio convencional.

ABSTRACT

The high degree of weathering of the Amazon soils associated with low production capacity due to inappropriate use and management make these unsuitable for farming, causing the abandonment of the same. The sorghum crop has high dry matter yield, high percentage of regrowth, constituting an important alternative to the formation of straw for the recovery of degraded soils. Potassium is one of the more leached nutrients from the soil, making this nutrient less available to plants. The conservation management system as no-tillage has improved the soil chemical properties. This study aimed to evaluate the regrowth of three sorghum hybrids on potassium fertilization systems and soil management. An experiment was conducted under field conditions at the Institute of Agricultural Sciences (ICA) of the Federal Rural University of Amazonia (UFRA). We used a randomized block design in a 4x3x2 factorial arrangement, with four doses of potassium (50, 100, 200, 300 kg ha⁻¹ of K₂O), three sorghum hybrids (Volumax, AG 2005E and Qualimax) and two systems of soil tillage (conventional tillage and no tillage). Were evaluated the variables of growth from the regrowth of sorghum, the content and accumulation of nutrients in the regrowth of the hybrids. The tillage system produced higher dry matter of shoots up to a dose of 200 kg ha⁻¹ K₂O, hybrids Volumax and Qualimax had higher dry matter yield of shoot, the dose of 201 kg ha⁻¹ K₂O, provided a percentage of regrowth of 92.3%. The hybrid Volumax showed higher accumulation of nutrients in the shoot.

Key-words: *Sorghum bicolor*, Sorghum production, macronutrient contents and accumulation, no-tillage, conventional tillage.

2.1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia Oriental há predomínio de solos altamente intemperizados que, quando associados ao uso e manejo inadequados perdem rapidamente a sua capacidade produtiva (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003) forçando o produtor a migrar para outras áreas. Embora grande parte dos agricultores tenha consciência da necessidade da realização da adubação e da calagem como forma de manter e, ou melhorar a fertilidade dos solos, poucos são aqueles que fazem uso desta prática de manejo dos solos.

Devido o alto grau de intemperismo presente nos solos amazônicos o potássio, um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas encontra-se em baixas concentrações disponíveis para as plantas (DIAS et al., 2007), fazendo-se necessária sua reposição via fertilização. Diversos trabalhos enfatizam a importância da adubação potássica sobre o rendimento e composição química das gramíneas (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003; BRAZ et al., 2004; PAVINATO et al., 2008; TORRES; PEREIRA, 2008). Nas gramíneas como o sorgo o K tem aumentado a produção de massa seca (DOS SANTOS et al., 2007; TORRES; PEREIRA, 2008), além de regulador funcional dos estômatos, contribui para o aumento do teor de lignina nas plantas (SIMILI et al., 2008).

A cultura do sorgo é indicada como cultura de cobertura do solo por apresentar elevada produção de massa seca e capacidade de rebrota (ZAGO, 1991), além de elevada relação C/N (MATEUS, 2003). Diferentes genótipos da mesma espécie podem apresentar grande variação de produção de massa seca, capacidade de perfilhamento, qualidade da forragem e absorção de nutrientes (TOMICH et al., 2004; SILVA; MENEZES, 2008).

A utilização de lavouras na recuperação das áreas degradadas ou em degradação pelo uso inadequado pode trazer uma importante contribuição para a redução dos desmatamentos na região e aumento na produção de alimentos. Para tanto se torna necessário desenvolver sistemas alternativos de produção que possibilite a recuperação a menor custo e com maior sustentabilidade. Nas regiões tropicais e subtropicais, nos últimos anos têm-se destacado a implantação de sistemas de manejo conservacionistas, que têm como princípio a manutenção de cobertura vegetal e seus resíduos sobre o solo, como uma das estratégias eficazes para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (CAIRES et al., 2006).

Na Amazônia são poucos os trabalhos de pesquisa com a cultura do sorgo, apesar do grande potencial apresentado em outras regiões como espécie produtora de forragem e de palhada e da boa adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas. Este trabalho teve

como objetivo avaliar a produção, teores e acúmulo de macronutrientes da rebrota de três híbridos de sorgo em função da adubação potássica e de sistemas de manejo do solo.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Localização e descrição da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no período de 02/12/2007 a 15/04/2009, em área do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Belém-PA, cujas coordenadas geográficas são apresentadas na Figura 1. A área encontrava-se abandonada após cultivos diversos por mais de 30 anos. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (SANTOS, 1982). O clima é Afii segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26°C, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993; LEITE, 2007). Na Figura 2, são apresentadas as médias mensais de variações de precipitação pluvial (Pp), brilho solar (Bs) e temperatura média do ar (T), durante o período experimental. Os dados climáticos foram obtidos junto ao departamento de climatologia da EMBRAPA Amazônia Oriental.

Antes da instalação do experimento, em 02/12/2007, foi realizada uma coleta de solo para caracterização química e granulométrica. Foram coletadas 20 subamostras simples de solo que constituíram duas amostras compostas, nas camadas de 0,0 a 0,1 e 0,1 a 0,2 m de profundidade. A análise foi realizada de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1999), cujos resultados estão na Tabela 1. A análise de solo indicou altos valores para o teor de fósforo, esses valores podem estar associados a adubações fosfatadas realizadas em experimentos anteriores.

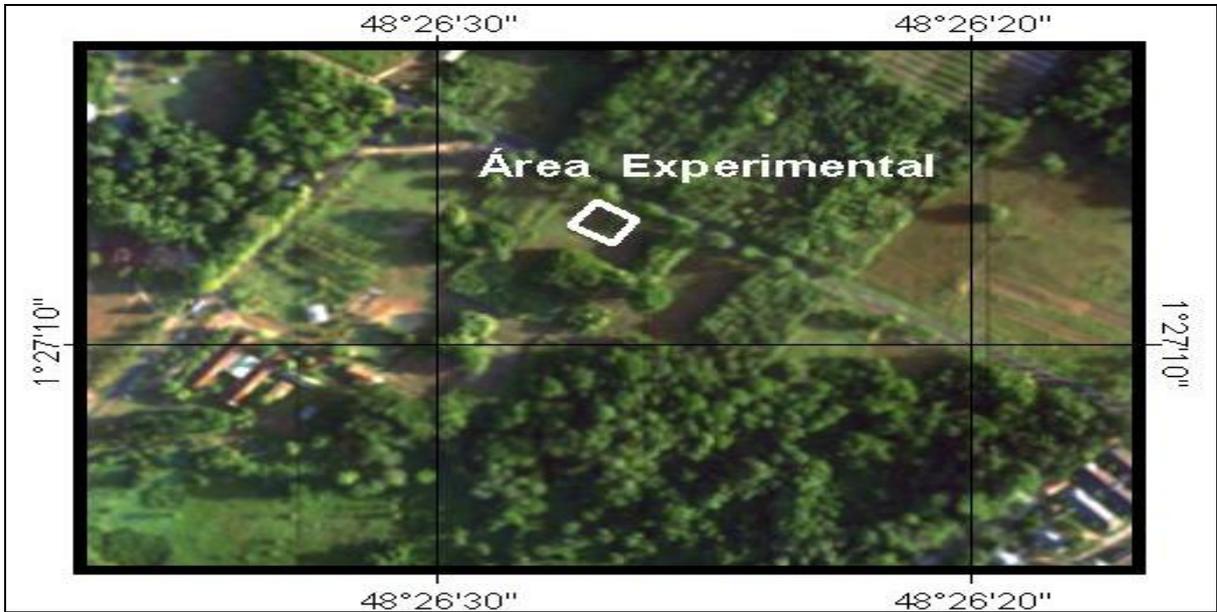


Figura 1: Imagem de satélite da área experimental, no município de Belém/PA.

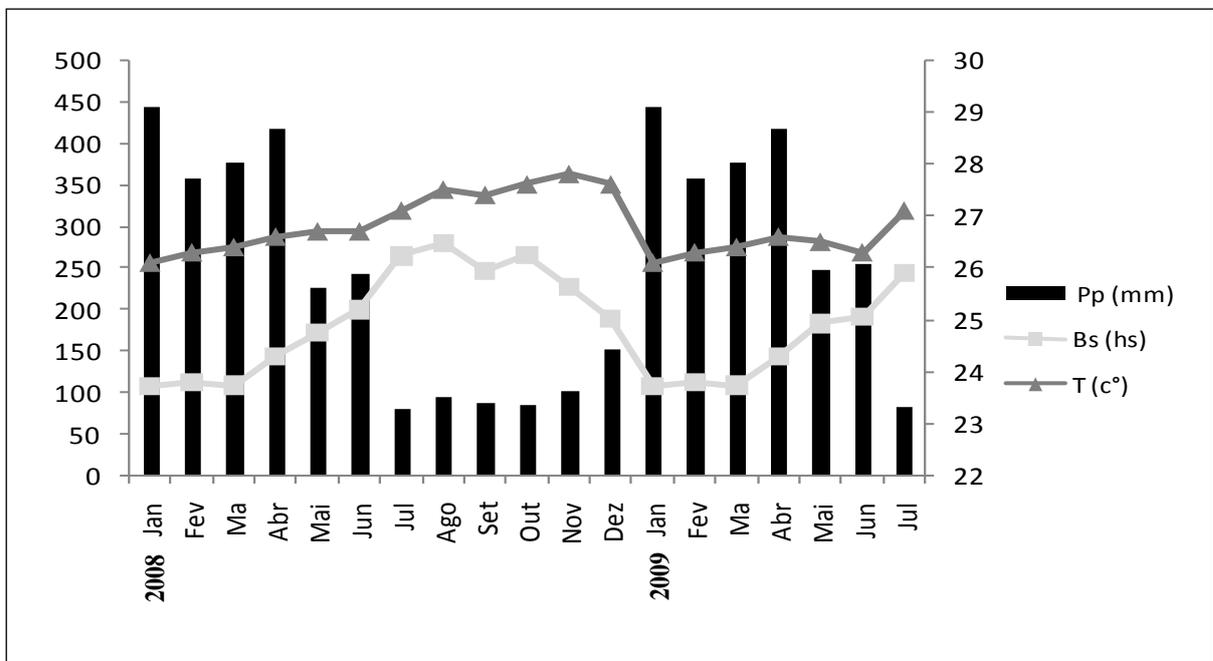


Figura 2: Médias mensais de precipitação pluvial, brilho solar e temperatura média do ar, durante o período experimental (2008-2009), em Belém-PA (EMBRAPA Amazônia Oriental).

TABELA 1. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média (camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m), antes da instalação do experimento.

Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	V	MO	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
(m)	H ₂ O	mg dm ³	.....	mmol _c dm ⁻³ .....	.....	.....	%	.....	g kg ¹ .....	.....	.....	.....
0,0-0,1	4,8	65,7	0,4	2,0	1,1	8,9	8,9	14	477	336	91	96
0,1-0,2	4,6	62,8	0,2	1,7	0,9	9,6	8,5	12,4	472	337	95	97

2.2.2. Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4x2x3, com quatro repetições. Os fatores foram quatro doses de K₂O (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de KCl), dois sistemas de manejo do solo (preparo convencional e plantio direto) e três híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] (Volumax, AG 2005E e Qualimax), constituindo 24 tratamentos e 96 parcelas. As doses de adubação potássica utilizadas neste experimento foram baseadas em referências encontradas na literatura (MATOS; MONTERIO, 1998; FAQUIN et al., 1995).

O Volumax é um híbrido comercial forrageiro de ciclo médio (n > 120 dias), panícula semi-compacta, grãos avermelhados sem tanino com produção de 10-16 toneladas de massa seca por hectare, com grande quantidade de proteína nas folhas e panículas, sendo um excelente produtor de pólen. O híbrido AG 2005E é de duplo propósito (forrageiro e granífero), ciclo normal (110 dias ≤ n ≤ 120 dias) com grãos sem tanino. O híbrido Qualimax é granífero com grãos sem tanino, apresenta ciclo médio (n > 120 dias).

2.2.3. Instalação e Condução do Experimento

Nas áreas de plantio convencional (PC) e plantio direto (PD) a vegetação foi roçada, sendo que na área do PC houve gradagem para incorporação dos resíduos vegetais. Nas duas áreas por ocasião da rebrota da vegetação natural aplicou-se herbicida dessecante a base de Glifosato, utilizando-se um volume de aplicação de 3L ha⁻¹. A área foi subdividida em parcelas de 8 m² (2,0 x 4 m), onde foram cultivadas quatro linhas com plantas de sorgo, cujo espaçamento foi de 0,5 m entre linhas e entre plantas. A calagem foi realizada 30 dias antes do plantio em cobertura na área de plantio direto, sobre o resíduo vegetal remanescente, e por

incorporação na área de manejo convencional, visando elevar a saturação por bases a 60% (RAIJ et al., 1996). A quantidade de calcário dolomítico aplicada foi 2,5 t ha⁻¹, cujo PRNT era de 75%.

A adubação potássica foi realizada de acordo com os tratamentos e a nitrogenada (200 kg ha⁻¹ de N). Ambas foram parceladas em duas aplicações: 50% no plantio e 50% em cobertura quando o sorgo apresentou a quarta folha totalmente expandida. A adubação fosfatada foi realizada no plantio, na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo. Na adubação nitrogenada utilizaram-se como fontes sulfato de amônio, aplicado no plantio, e a uréia em cobertura. As sementes foram semeadas em sulcos utilizando-se 15 sementes/m linear em 15 janeiro/08, após a emergência das plantas foi realizado desbaste de modo a possibilitar o espaçamento de 0,5 m entre plantas. Realizou-se capina manual para o controle das plantas daninhas. O primeiro corte ocorreu 85 dias após o plantio, a uma altura de oito centímetros do colo das plantas, sendo que toda a palhada foi deixada sobre o solo nas respectivas parcelas em que fora plantado. A rebrota do sorgo foi cortada aos 85 dias após o primeiro corte, quando os grãos das panículas encontravam-se no estágio de grão pastoso a farináceo, tombando o material da parte aérea sob o solo de cada parcela. Para as avaliações foram consideradas as duas linhas centrais, excluindo-se as plantas das extremidades de cada linha de plantas e as linhas externas formaram a bordadura. Na Figura 3 observa-se o detalhe do sorgo plantado no campo experimental antes do corte da rebrota.



Figura 3: Detalhe da área experimental, antes do corte da rebrota do sorgo, no Campus da UFRA, em Belém, PA. (Foto: Patrícia Maia, 2008).

2.2.4. Obtenção dos Dados

2.2.4.1. Crescimento e teores de macronutrientes.

Dez dias antes do corte, no florescimento pleno, cinco plantas foram escolhidas ao acaso na área útil da parcela, para mensurações de diâmetros de colmo com a utilização de paquímetro, de alturas de plantas com utilização de fita métrica e contagem do número de perfilhos vivos. As cinco plantas (parte aérea) de cada parcela foram coletadas, logo após foram devidamente lavadas em água corrente e depois em água destilada, sendo posteriormente colocados em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar à 60°C, até peso constante. Foram pesadas para a determinação de matéria seca, posteriormente processou-se a moagem de uma amostra representativa de folha, colmo e panícula, em moinho tipo Willey, para análise do teor de nutrientes. O restante do material foi devolvido às respectivas parcelas.

O material moído foi submetido à digestão nitroperclórica, sendo determinado no extrato resultante os teores de P, K, Ca e Mg, sendo o P determinado por colorimetria, o K por fotometria de chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O N foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl. Para todos os nutrientes utilizou-se metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). O teor de nutrientes da parte aérea foi multiplicado pela massa seca produzida, obtendo-se a quantidade acumulada de macronutrientes na parte aérea.

2.2.4.2. Amostragem e análises químicas do solo

Após o corte da rebrota do sorgo coletou-se 5 amostras simples de solo nas profundidades de 0-0,1 m e de 0,1-0,2 m em cada parcela para a composição de uma amostra composta em cada profundidade. As amostras de solo foram secas ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, para as análises químicas, que foram realizadas segundo Embrapa (1999). Determinou-se o pH em água (solo: solução de 1:2,5); o K e P foram extraídos por Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄ + 0,05 mol L⁻¹ de HCl), sendo que o K foi determinado por fotometria de chama e o P por colorimetria; Ca, Mg e Al, extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, sendo o Al determinado por titulação (volumetria de neutralização), enquanto que Ca e Mg foram determinado por complexometria com EDTA; H+Al extraído com solução de acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinado por titulação. Determinou-

se o carbono orgânico pelo método Walkey e Black (NELSON; SOMMERS, 1982), baseado no princípio da oxidação da matéria orgânica, com dicromato de potássio em meio ácido.

2.2.5. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade e estudo de regressão. Quando significativo e pertinente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as equações ajustadas para expressar adequadamente o comportamento dos resultados em função das doses de K aplicadas. Utilizou-se o aplicativo computacional Sisvar 5.1 ® (FERREIRA, 2007).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Diâmetro do colmo

O maior diâmetro do colmo foi observado no sistema plantio direto (PD), independente do híbrido do sorgo e da adubação potássica (Figura 4a). A maior disponibilidade de nutrientes no PD pode ter contribuído para um maior desenvolvimento da cultura. Esses resultados concordam com Possamai, Souza e Galvão (2001) que avaliando a cultura do milho em dois sistemas de preparo, observaram que o diâmetro do colmo no PD foi superior ao preparo convencional (PC).

Em relação aos híbridos de sorgo o maior diâmetro de colmo foi observado nos híbridos Volumax (13,4 mm) e Qualimax (13,1 mm) os quais não diferiram entre si (Figura 4b), o que pode estar relacionado a variações fenotípicas. Marchezan e Silva (1984) estudaram 8 genótipos de sorgo e encontraram valores de 12 a 18 mm de diâmetro, segundo esses autores diferentes materiais genéticos apresentam variações em praticamente todas as qualidades fenotípicas. Variações no diâmetro do colmo também foram encontradas por Souza (2007) que avaliou o crescimento de variedades crioulas e comerciais de sorgo e obteve diferença significativa entre o diâmetro dos materiais estudados. Zago (1991) afirma que a produtividade de massa seca do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) geralmente se correlaciona com a altura e diâmetro da planta.

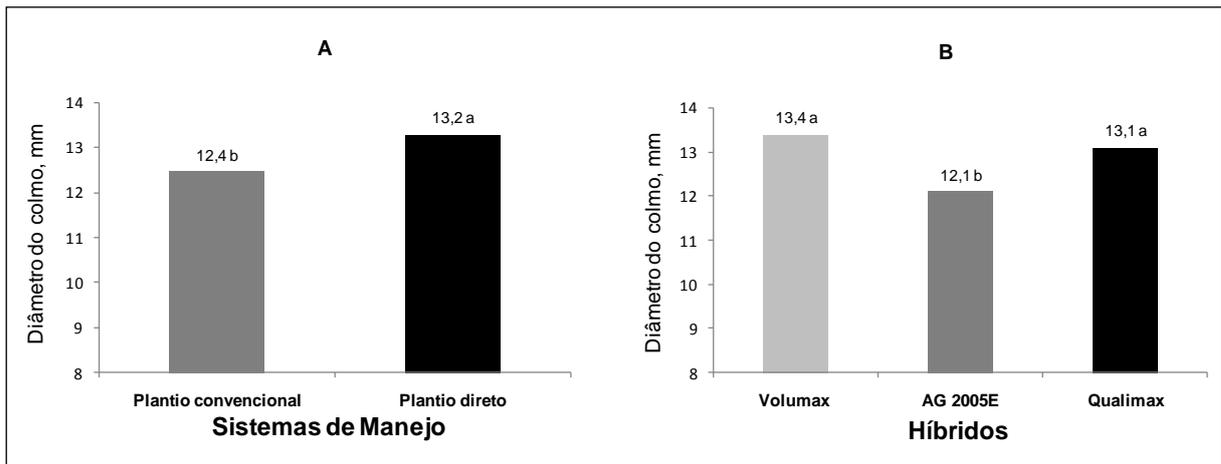


Figura 4: Diâmetro do colmo em função do sistema de manejo do solo (a) e em função dos híbridos de sorgo (b). Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.3.2. Altura de plantas

Observa-se que com o aumento das doses de K_2O até a dose 200 kg ha^{-1} de K_2O houve aumento da altura das plantas, proporcionando uma altura máxima estimada de 187 cm (Figura 5). Teores adequados de K no vegetal proporcionam maior síntese do amido além de aumentar a captação de água pelas células radiculares que beneficiam a absorção dos demais nutrientes pela planta. Desta forma, o K assume papel fundamental no crescimento das plantas. Prado, Romualdo e Rosane (2007) avaliaram a omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo e verificaram que as plantas submetidas à omissão do K tiveram alturas inferiores às plantas submetidas ao tratamento completo.

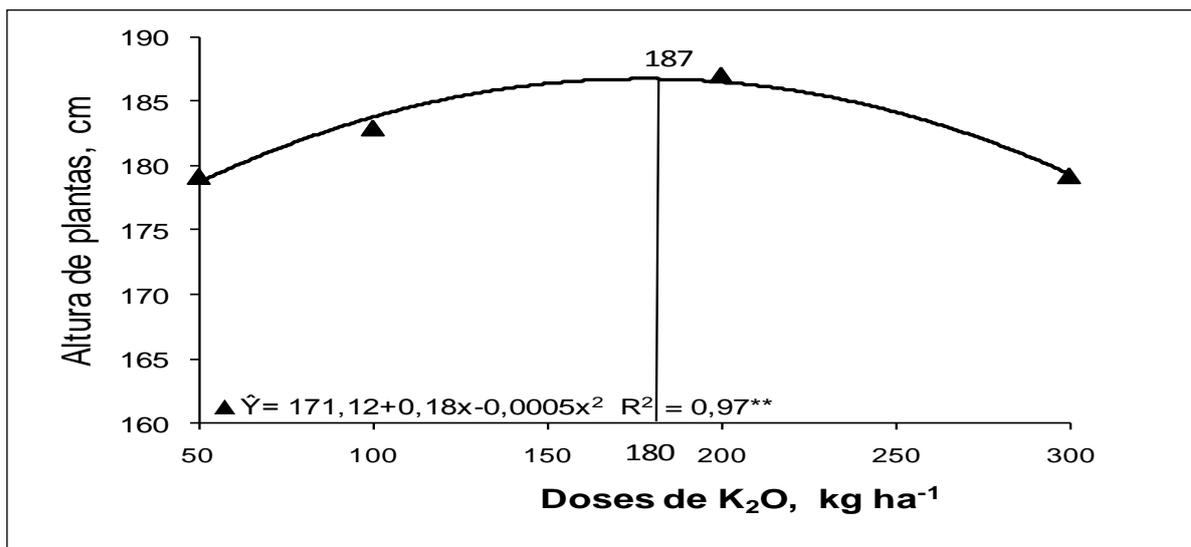


Figura 5: Altura da rebrota do sorgo no florescimento pleno, em função das doses de adubação potássica. ** significativo ($P < 0,01$).

Ocorreu interação significativa entre os híbridos de sorgo e os sistemas de manejo do solo, sendo que o híbrido Volumax apresentou maior altura em relação aos demais híbridos nos dois sistemas de manejo, cujos valores atingiram 197 cm no PC e 199 cm no PD (Figura 6). Pode-se considerar que nesse caso a variável altura foi influenciada de modo mais acentuado pelas características genéticas dos híbridos, que pelos sistemas de manejo do solo, pois os híbridos Volumax e Qualimax apresentam alturas superiores ao híbrido AG 2005E, independente dos tratamentos (Figura 5b). Diversas pesquisas que demonstram as diferenças fenotípicas entre híbridos de sorgo (SILVA et al., 2004; TOMICH et al., 2004; GOMES et al., 2006) que estão ligadas a sua genética. Leite (2006) destaca que a altura de plantas na cultura do sorgo é uma variável de crescimento importante por se correlacionar positivamente com as características de produção de massa seca.

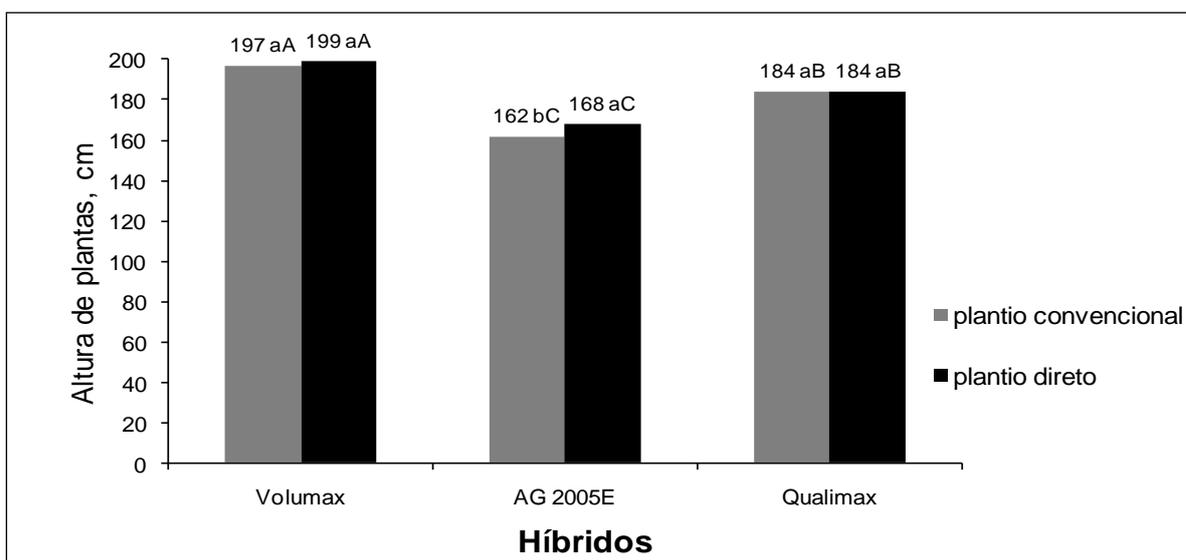


Figura 6: Altura da rebrota de três híbridos de sorgo, em função da interação híbridos e sistemas de manejo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.3.3. Matéria seca da parte aérea

O híbrido Volumax apresentou maior produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) ($10,7 \text{ t ha}^{-1}$) que o híbrido AG 2005E ($9,3 \text{ t ha}^{-1}$), enquanto que o híbrido Qualimax com produção intermediária não diferiu dos demais ($10,0 \text{ t ha}^{-1}$) (Figura 7). Tais resultados podem estar associados às características genéticas dos materiais avaliados (ZAGO, 1991). Os valores encontrados para matéria seca da parte aérea (MSPA) dos híbridos estão acima dos encontrados por Foloni et al. (2008) que avaliando a soqueira (rebrota) do sorgo Volumax, submetido a diferentes alturas de corte obtiveram em média produção de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$. Por outro

lado os resultados encontrados para MSPA neste trabalho aproximam-se dos resultados encontrados por Oliveira et al. (2009) que estudaram a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo em diferentes localidades e períodos encontraram para a cultivar Volumax produção variando de 11,7 a 28,4 t ha⁻¹ de massa seca. Von Pinho, Vasconcelos e Borges (2007) pesquisando sobre a produtividade e qualidade de sorgo e milho, também encontraram produtividade superior para o híbrido forrageiro (Volumax), quando comparado ao híbrido de duplo propósito (AG 2005E). Todavia Neumann et al. (2002) avaliando o valor nutritivo e ensilagem de diferentes híbridos de sorgo obtiveram uma produção média de 8,1 t ha⁻¹ para o híbrido AG 2005E. A produtividade satisfatória de massa seca dos híbridos (Figura 7) pode estar associada ao alto índice de rebrota observado no presente trabalho, que foi de maneira geral superior a 85% (Figura 10).

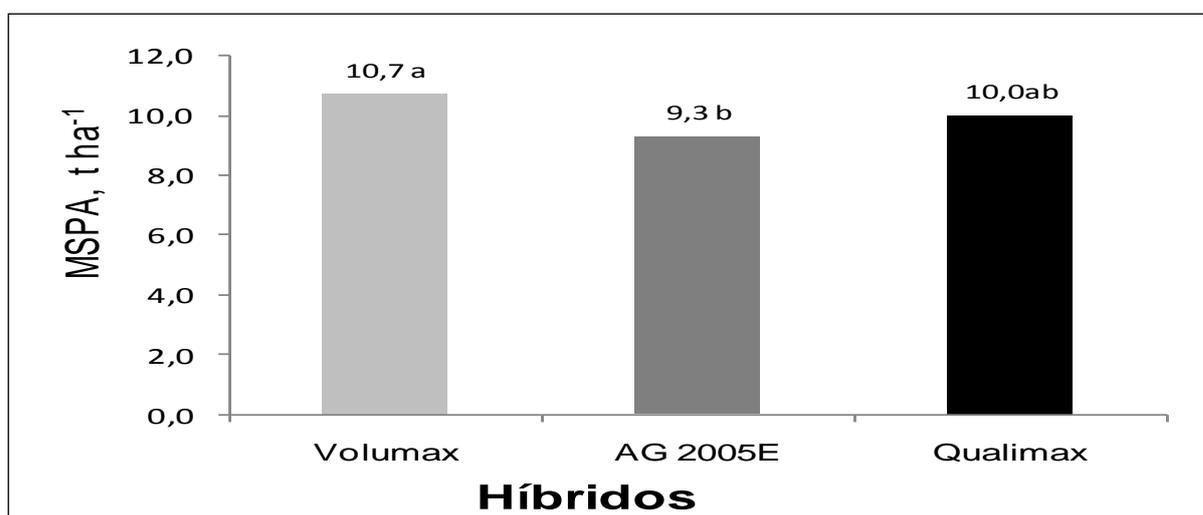


Figura 7: Médias de produção de matéria seca da parte aérea da rebrota de três híbridos de sorgo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A produção de MSPA da rebrota dos híbridos de sorgo variou com as doses de K e com os sistemas de manejo do solo (Figura 8). As equações de regressão para a produção de MSPA dos híbridos de sorgo influenciadas pelas doses de K₂O, em relação aos sistemas de manejo do solo, ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático, com efeito significativo para o PC (R²=0,89*) e para o PD (R²=0,86*). As produções de MSPA máximas foram obtidas com doses de 219 e 179 kg K₂O ha⁻¹ no PC e no PD respectivamente, resultando em uma produção de 9,4 e 11,7 t ha⁻¹ de mspa no PC e no PD, respectivamente (Figura 8). Observa-se que no PD é necessário uma menor dose de K₂O para se obter uma produção de MSPA superior a obtida no PC, isto é explicado pela maior disponibilidade de nutrientes e água no PD em relação ao PC (MUZILLI, 1983).

Coelho et al. (2002) avaliando o efeito das doses de 119, 136, 168 e 272 kg ha⁻¹ de KCl, encontrou uma produção de 7,0, 10,0, 12,5 e 16,6 k t ha⁻¹ de massa seca para o sorgo. Dos Santos et al. (2007) em experimento avaliando quatro sistemas de manejo do solo, observaram no PD maior eficiência na conversão energética das culturas e que melhores condições de fertilidade do solo no PD propiciam maior absorção de nutrientes pelas plantas e conseqüentemente aumento na produção de massa seca. Também foram observadas respostas positivas do sorgo á adubação potássica por Leite et al. (2002) que avaliaram o efeito residual de doses de K₂O sobre o sorgo forrageiro e obtiveram aumento da área foliar e da massa seca da parte aérea do sorgo.

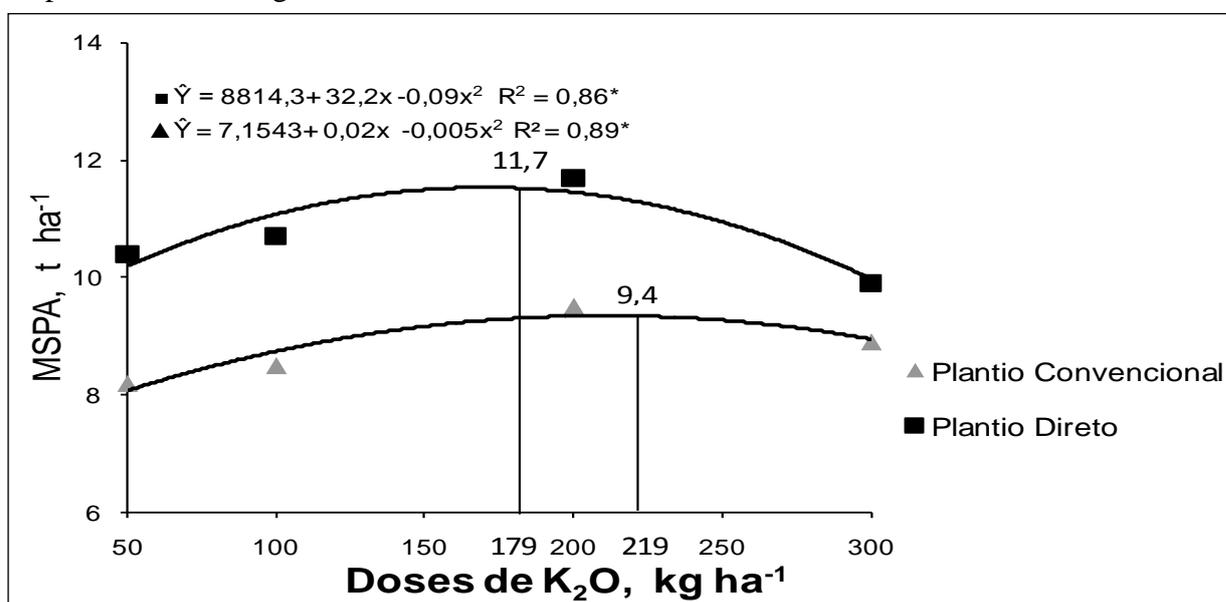


Figura 8: Produção de massa seca da parte aérea da rebrota do sorgo em função das doses de potássio e sistemas de manejo do solo. * significativo (P<0,05).

2.3.4. Relação folha/colmo

A maior relação de massa folha/colmo (0,5) foi observada no híbrido AG 2005E que por ser um híbrido de duplo propósito apresenta porte baixo (Figura 9). Segundo Pozar (1989) plantas de sorgo com tendência ao nanismo possuem maior relação folha:colmo e apresentam maior acúmulo de nutrientes no tecido foliar. Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os encontrados por Mondadori et al. (2000), que ao avaliarem diversos híbridos de sorgo verificaram que a composição física do híbrido AG 2005E apresentou os seguintes valores: 16,8; 37,2; e 46,0%, para os componentes folhas, colmo e panícula, respectivamente, o que corresponde a uma relação folha e colmo de 0,5.

Trabalhando com cultivares de sorgo para ensilagem Flaresso, Gross e Almeida (2000) obtiveram variações de folha e colmo de 11,6 a 18,9 % e 29,2 a 62,2 %, respectivamente.

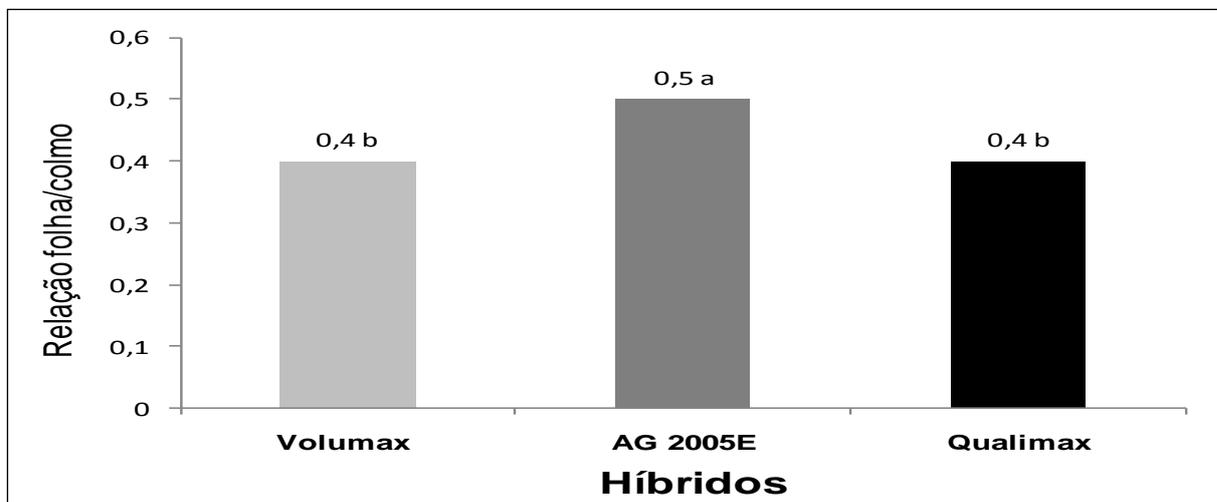


Figura 9: Relação folha/colmo da rebrota de três híbridos de sorgo, no florescimento pleno. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.3.5. Porcentagem de rebrota

As doses de K influenciaram a porcentagem de rebrota do sorgo, independente do híbrido. O efeito das doses de K sobre a porcentagem de rebrota ajustou-se a equação de regressão polinomial quadrática (Figura 10). A porcentagem de rebrota máxima foi obtida com a dose de 201 kg ha⁻¹ de K₂O, proporcionando uma porcentagem de rebrota de 92,3%. Nas doses superiores a 201 kg ha⁻¹ de K₂O observa-se redução na porcentagem de rebrota, sugerindo que os valores acima de 201 kg ha⁻¹ de K₂O interferiram negativamente na capacidade de rebrota do sorgo. Todavia os resultados desta pesquisa estão de acordo com os resultados observados por Neto, Monteiro e Decken (2007) que estudaram combinações de potássio e magnésio na produção do capim Tanzânia e observaram que o potássio isoladamente aumentou o número de perfilhos tanto no primeiro quanto no segundo corte. Entretanto ao pesquisarem sobre o efeito de diferentes adubações na braquiária Santos et al. (2009) não obtiveram resposta em relação a adubação potássica. Na literatura são escassos os trabalhos que avaliem o efeito do potássio sobre híbridos de sorgo.

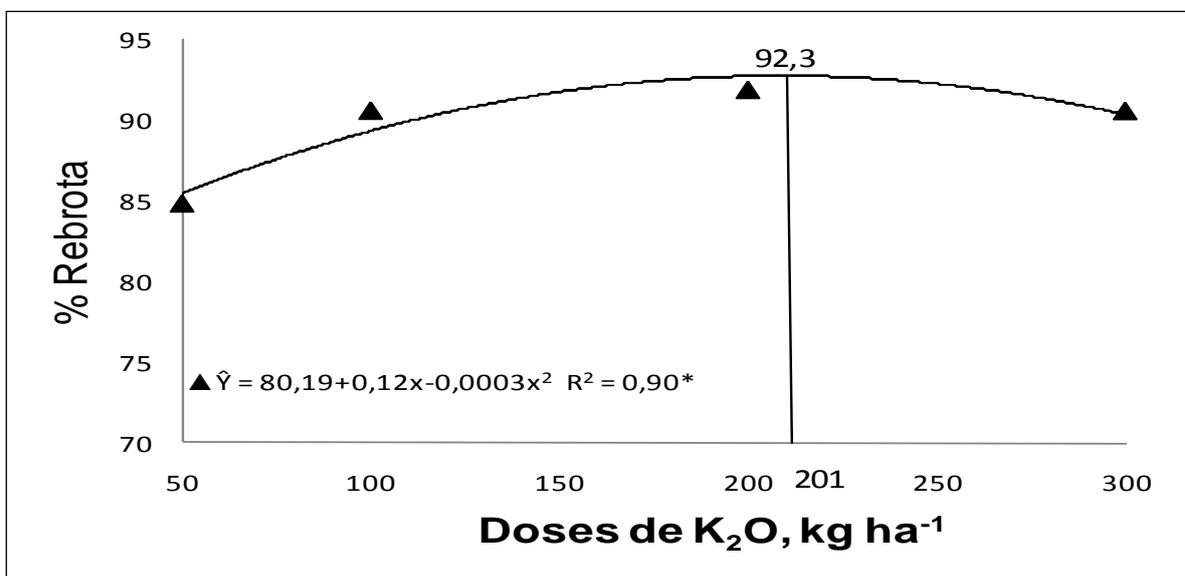


Figura 10: Efeito das doses de potássio na porcentagem de rebrota do sorgo. * significativo (P<0,05).

2.3.6. Teores de macronutrientes no tecido foliar da rebrota do sorgo

2.3.6.1. Teor de nitrogênio

O teor de N obtidos nas folhas do sorgo foi maior nos híbridos Volumax e AG 2005E do que no Qualimax (Figura 11). Este resultado tem grande importância e pode ser decisivo na escolha do híbrido para cultivo por ser determinante para a produção de massa seca, relação C/N e valor proteico, dependendo do uso à que se destina a cultura..

As doses de K, bem como o sistema de manejo não influenciaram os teores de N nos híbridos, sugerindo que o teor em cada híbrido é característica genética própria de cada um. O teor de N obtido no Qualimax correspondeu a 8,2 g kg⁻¹, sendo proporcional a 64% e 65% dos valores obtidos nos híbridos Volumax e AG 2005E, respectivamente. Os teores N no tecido foliar do sorgo (Figura 11) estão abaixo dos valores de referência para a cultura do sorgo (23,1 a 29,0 g kg⁻¹), demonstrados por Martinez et al. (1999). Diversos autores evidenciam que doses baixas ou a omissão de nitrogênio reduzem significativamente a absorção de outros nutrientes pela planta e a produção de matéria seca (PRADO; ROMUALDO e ROSANE, 2007; OLIVEIRA et al., 2009; ANDRADE NETO, et al., 2010).

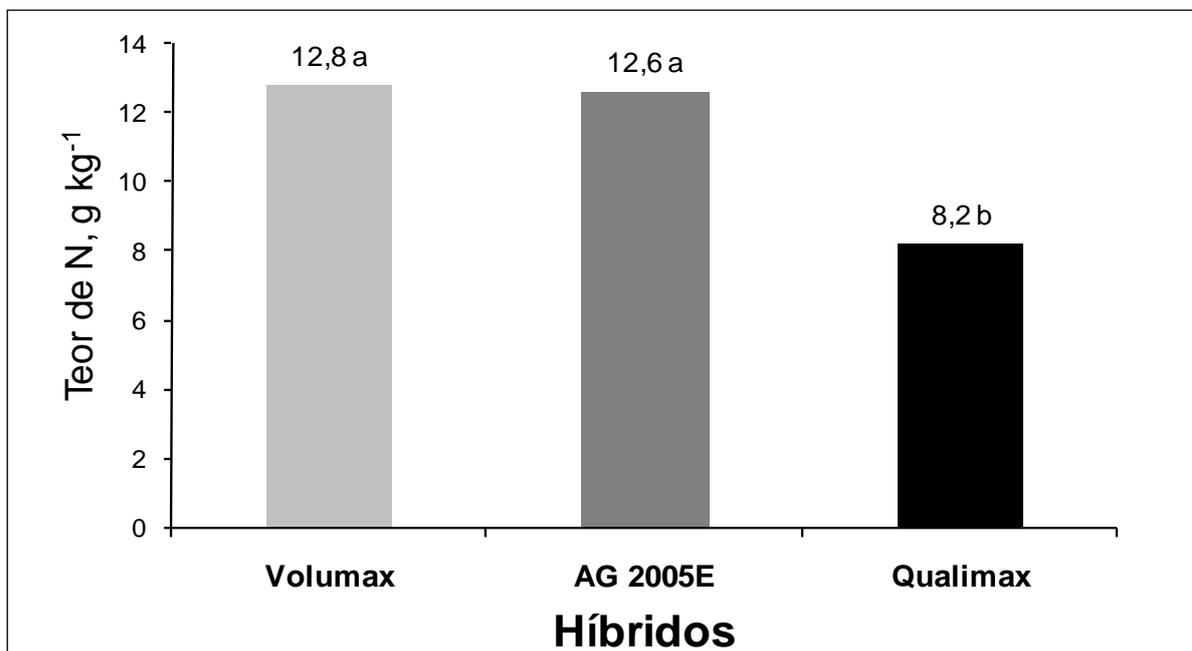


Figura 11: Teor de nitrogênio no tecido foliar da rebrota de três híbridos de sorgo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.3.6.2. Teor de fósforo no tecido foliar

Os teores de P no tecido foliar dos híbridos de sorgo foram maiores no sistema plantio direto do que no convencional, sendo que os híbridos Qualimax e Volumax apresentaram teores mais elevados que o AG 2005E (Figura 12). Segundo Vasconcelos et al. (2009) os genótipos de sorgo apresentam alta variabilidade na absorção de nutrientes. Os teores de fósforo encontrados no tecido foliar dos híbridos de sorgo deste experimento (Figura 12b) estão próximos aos teores considerados adequados para a cultura, aproximadamente 4,4 g kg⁻¹ (MARTINEZ et al., 1999). Apesar da análise química mostrar teores elevados de P no solo, o sorgo não absorveu elevadas concentrações de P.

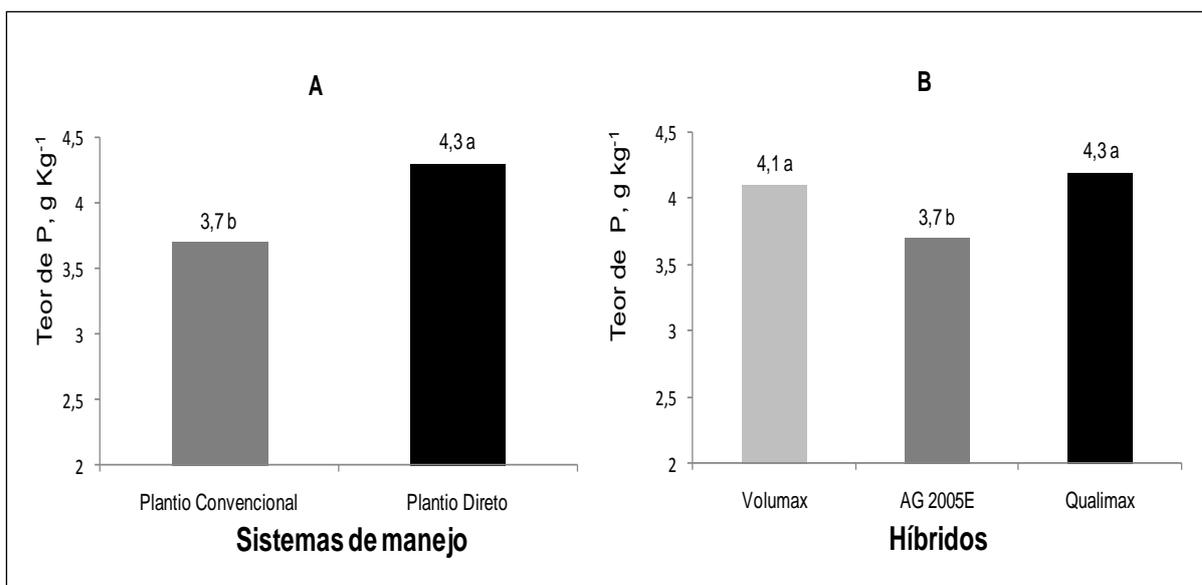


Figura 12: Teor de fósforo no tecido foliar da rebrota do sorgo em função dos sistemas de manejo do solo (a) e teor de fósforo no tecido foliar da rebrota do sorgo em função dos híbridos de sorgo (b). Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor de P nas folhas da rebrota do sorgo reduziu em função das doses de K, sendo melhor representado por uma equação linear decrescente (Figura 13). Assim sendo, a dose de 50 kg ha⁻¹ de K foi a que proporcionou maior teor de P no tecido foliar dos híbridos de sorgo (4,2 g kg⁻¹). Efeito semelhante foi encontrado por Alves e Bellingieri (2004) que pesquisaram o efeito de doses de K sobre os teores nutricionais da aveia-amarela, e observaram que as doses de 0, 100, 200, 400 kg ha⁻¹ de K₂O, corresponderam a 5,9; 4,2; 4,8 e 4,2 de P g kg⁻¹, ou seja, com o aumento das doses de K, ocorreu decréscimo nos teores de P.

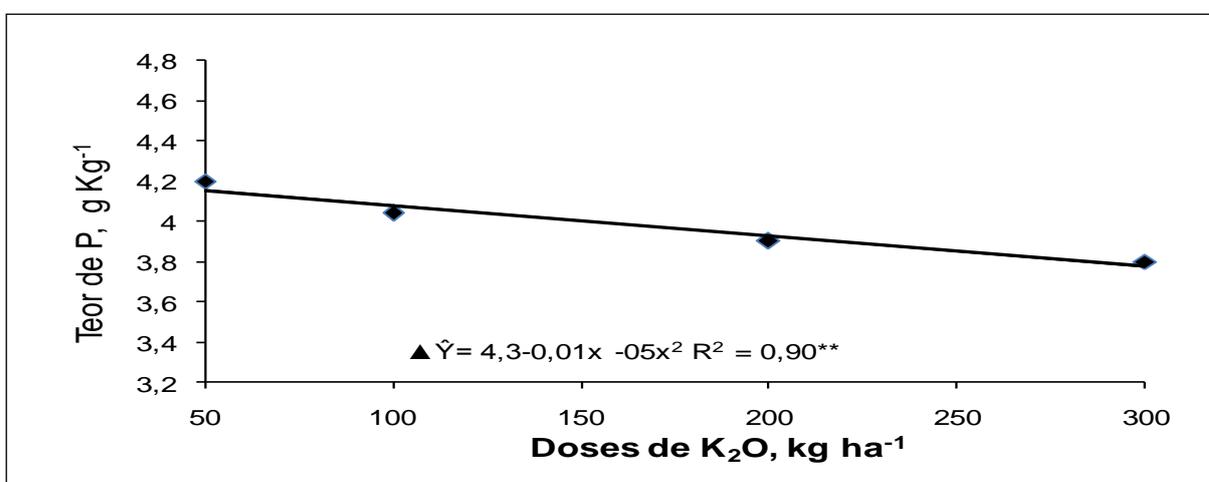


Figura 13: Teor de fósforo no tecido foliar da rebrota do sorgo em função das doses de potássio. * significativo (P<0,01).

2.3.6.3. Teor de potássio no tecido foliar

Os teores de K nas folhas variaram em função dos híbridos e dos sistemas de manejo do solo, sendo que os híbridos Qualimax e AG 2005E apresentaram maiores teores de K do que o Volumax, independente do sistema de manejo do solo (Figura 14). Por outro lado, os híbridos AG 2005E e Volumax quando cultivados no sistema plantio direto apresentaram maiores teores de K do que no sistema convencional. Os resultados encontrados para o potássio no tecido foliar do sorgo (Figura 14), independente do sistema de manejo e dos híbridos estão dentro da faixa de valores de referência para a cultura do sorgo (13-30 g kg⁻¹), demonstrados por Martinez et al. (1999). Borkert et al. (1997) avaliando o efeito residual da adubação potássica sobre o milho observou que os teores de K nas folhas do milho, menores do que 15,5 g kg⁻¹ de K, diminuiriam a produção. Segundo esses autores, para se obter máxima produtividade de milho em Latossolos Roxo, o K disponível (Mehlich⁻¹) no solo deve ser maior do que 0,15 cmol_c dm⁻³ de TFSA, e o teor de K nas folhas deve ser superior a 15,5 g kg⁻¹.

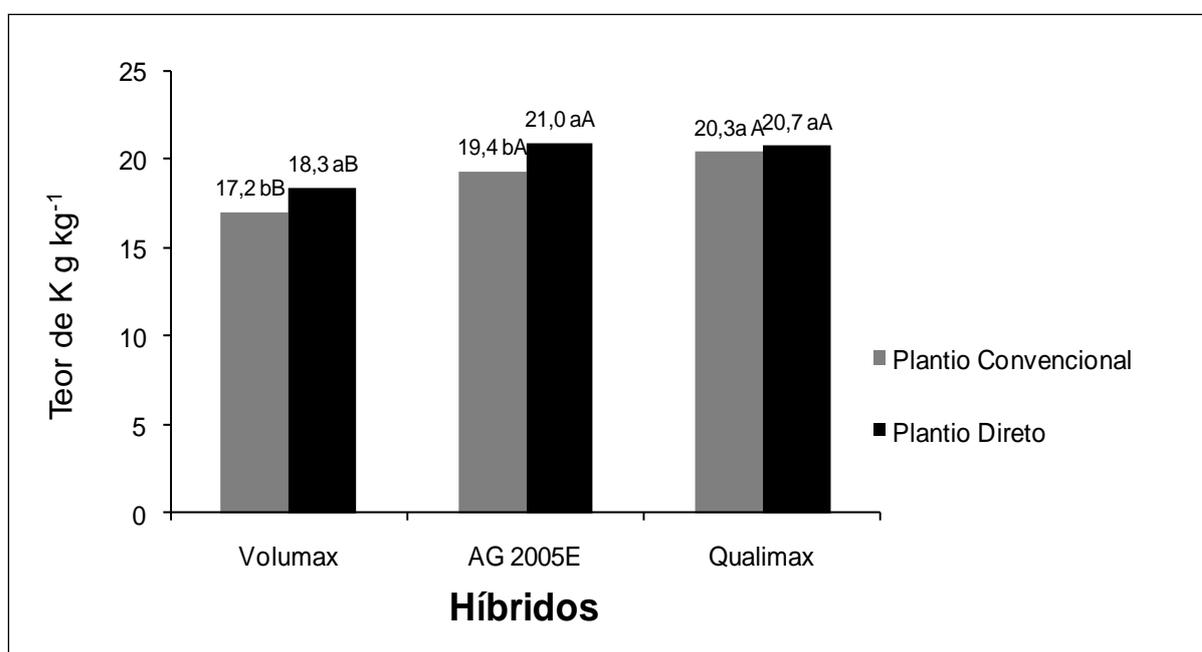


Figura 14: Teor de potássio no tecido foliar da rebrota do sorgo em função da interação híbridos de sorgo e sistemas de manejo do solo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A equação polinomial quadrática foi a que melhor representou o efeito da adubação potássica sobre o teor do nutriente no tecido foliar, para os dois sistemas de manejo do solo. No PC a dose que proporcionou maior absorção de K (20,1 g kg⁻¹) foi de 210 kg ha⁻¹ havendo

um decréscimo na absorção de K pelo sorgo nas doses superiores a 210 kg ha⁻¹ de K₂O no PC. Em relação ao PD a absorção máxima (20,9 g kg⁻¹) de K foi obtida com a dose de 200 kg ha⁻¹ K₂O (Figura 15). Na literatura são raros os trabalhos sobre adubação potássica no sorgo, todavia Deparis, Lana, Frandoloso (2007) avaliaram o efeito do K na eficiência de absorção de nutrientes no milho e observaram que o teor de 0,42 e 0,39 (a 0,1 e 0,2 m de profundidade respectivamente) cmol_c de K₂O no solo, corresponderam a 20,6 g kg⁻¹ de K no tecido foliar do milho, estando estes resultados próximos aos encontrados na presente pesquisa. Ao pesquisarem o efeito da omissão de K em gramíneas Avalhaes et al. (2009) observaram que o tratamento com omissão de K causou diminuição significativa dos teores de todos os outros macronutrientes no tecido foliar, em relação às plantas que receberam tratamento completo.

Contrariamente aos resultados desta pesquisa Alves e Bellingieri (2004) estudaram o efeito de doses de K₂O sobre os teores nutricionais da aveia-amarela observaram que o aumento das doses (0, 100, 200, 400) de K₂O proporcionaram aumento da absorção desse nutriente pela cultura.

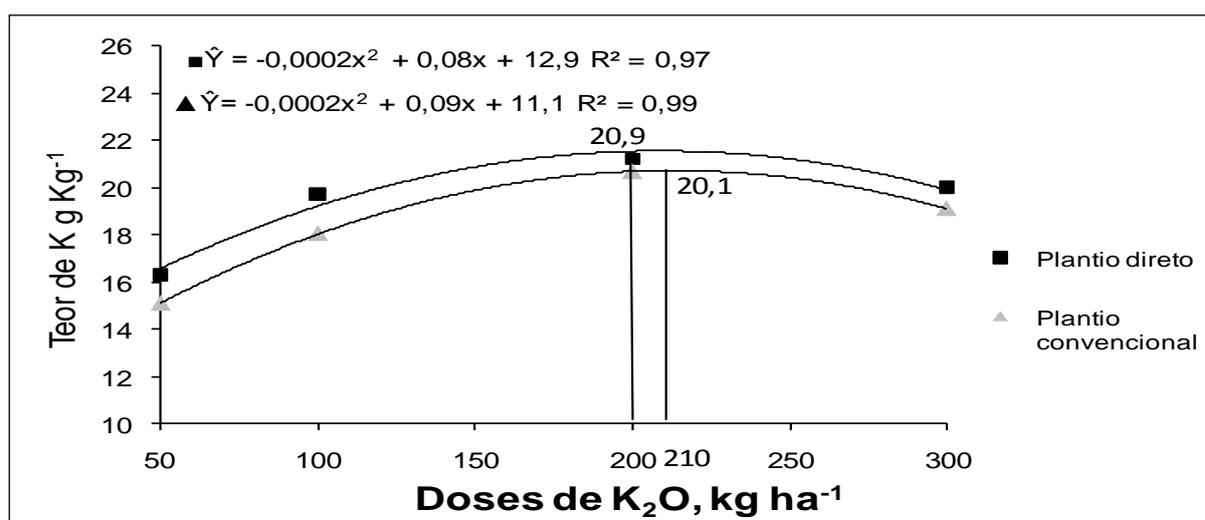


Figura 15: Teor de potássio no tecido foliar da rebrota do sorgo em função da interação das doses de potássio e sistemas de manejo do solo. * * significativo (P<0,01).

2.3.6.4. Teor de cálcio

O teor de Ca aumentou com as doses de até 100 kg ha⁻¹ de K₂O, reduzindo com as doses mais elevadas (Figura 16). A dose estimada que proporcionou maior teor de Ca no tecido foliar (2 g kg⁻¹) foi de 125 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 16). Assim sendo a equação polinomial quadrática foi a que melhor representou o efeito das doses de K sobre o teor de Ca (R² = 0,88). Os teores de Ca obtidos neste trabalho estão abaixo dos valores de referência (2,1-8,6 g kg⁻¹) para a cultura do sorgo, propostos por Martinez et al. (1999). A redução na absorção de cálcio pelo sorgo em doses maiores que 125 kg ha⁻¹ de K₂O, pode ser devido ao

antagonismo entre o potássio e o cálcio provocando menor teor de Ca nas folhas da planta (MALAVOLTA, 2006). Vários autores também observaram antagonismo entre K e Ca, e redução na absorção do Ca pelo excesso de K fornecido às plantas ou vice e versa (ALVES; BELLINGIERI, 2004; ALVES et al., 2009; MORAES et al., 2009).

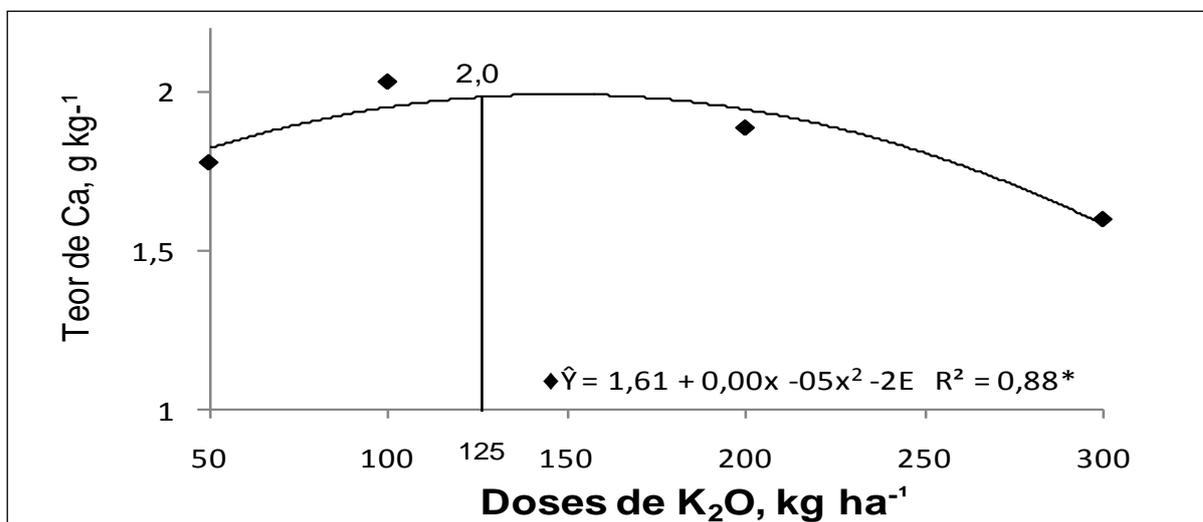


Figura 16: Teor de cálcio no tecido foliar da rebrota do sorgo, em função das doses de potássio. * significativo ($P < 0,05$).

Os híbridos AG 2005E e Qualimax apresentaram menores teores de Ca no tecido foliar no PC (1,5 e 1,6 g kg⁻¹ respectivamente), todavia no Volumax observou-se teores semelhantes de Ca (1,9 g kg⁻¹) no tecido foliar independente do sistema de manejo do solo (Figura 17). Para Vasconcelos et al. (2009) a variabilidade genética entre genótipos de sorgo interfere na absorção de nutrientes pela planta. Os sistemas de manejo do solo também podem interferir na absorção de nutrientes pelas plantas (ALVES; BELLINGIERI, 2004; SIDIRAS; PAVAN, 1985; AMARAL et al., 2008).

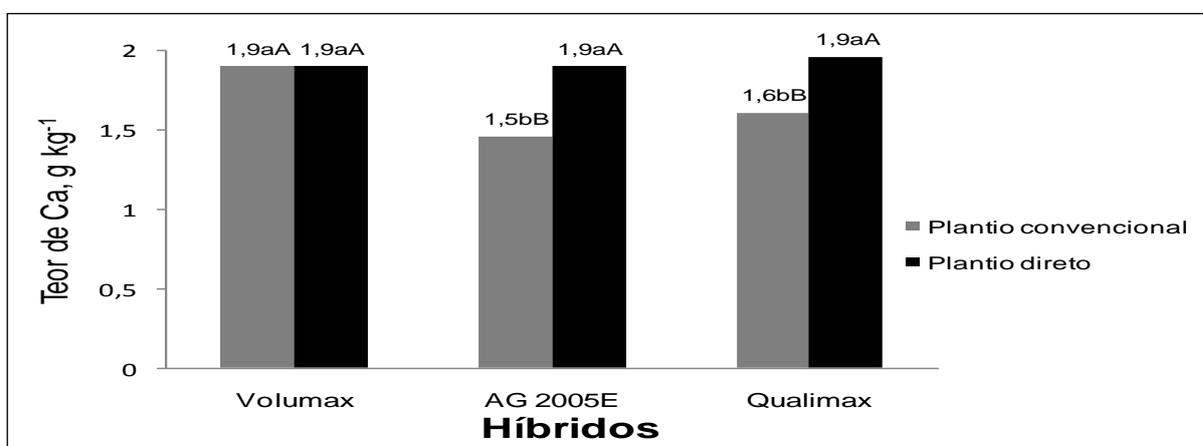


Figura 17: Teor de cálcio no tecido foliar da rebrota do sorgo, em função da interação híbridos e sistemas de manejo do solo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.3.6.5. Teor de magnésio

Entre os sistemas de manejo do solo os teores de magnésio variaram de 5,6 a 6,6 g kg⁻¹, sendo que no PD observou-se maior teor de Mg em relação ao PC (Figura 18).

Os híbridos Volumax e AG 2005E apresentaram maiores teores de Mg no tecido foliar (7,0 e 6,9 g kg⁻¹, respectivamente), não diferindo estatisticamente entre si (p>0,05) (Figura 18). Com excessão do híbrido Qualimax no PC, os teores de Mg encontrados estão acima dos valores de referência (2,6-3,8 g kg⁻¹) para a cultura do sorgo (MARTINEZ et al., 1999). Teores adequados de Mg nas plantas são benéficos ao seu desenvolvimento, devido esse nutriente ter participação na clorofila e influenciar diretamente no processo fotossintético da planta. De acordo com Oliveira, Carvalho e Moraes (2002) o teor e a quantidade de nutrientes acumulada pelas espécies produtoras de palha podem influenciar a decomposição do material

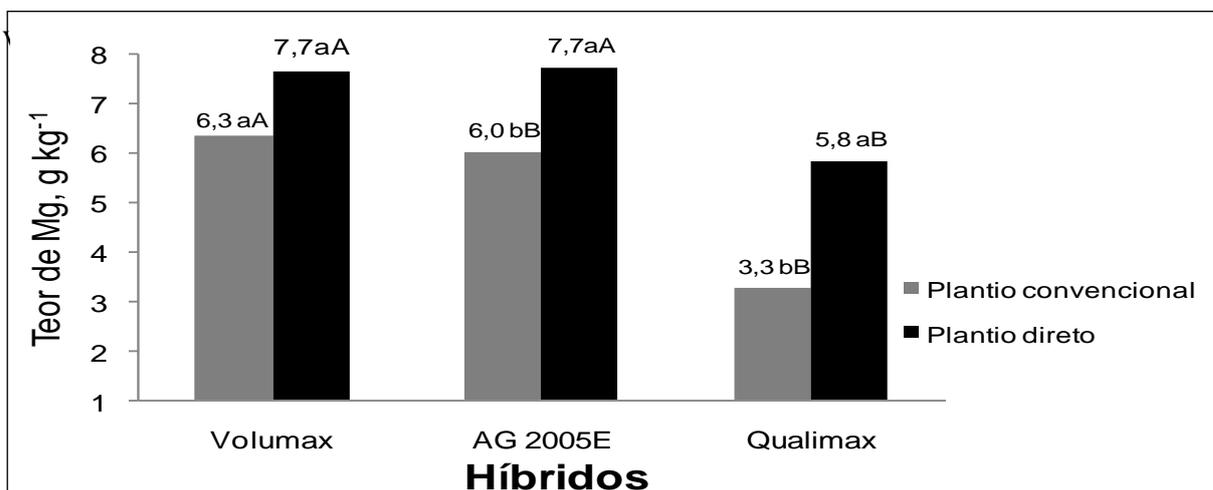


Figura 18: Teor de magnésio no tecido foliar da rebrota do sorgo, em função da interação híbridos de sorgo e sistemas de manejo do solo. Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas os híbridos, quando distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2.3.6.6. Acúmulo de nutrientes

Os maiores acúmulos de N, Ca e Mg na massa seca da parte aérea foram verificados no híbrido Volumax. Em relação ao acúmulo de P os híbridos Volumax e Qualimax apresentaram os maiores acúmulos, não diferindo estatisticamente entre si. Ressalta-se também que o híbrido Qualimax observou-se o maior acúmulo de K na massa seca da parte aérea (Tabela 2). Assim como foi verificado em relação aos teores de nutrientes no tecido foliar, os híbridos diferiram em relação aos nutrientes acumulados na parte aérea das plantas,

tendo por tanto a genética das plantas interferido diretamente sobre a absorção e acúmulos de nutrientes.

Em experimento com acúmulo de massa e nutrientes em oito plantas de cobertura Padovan et al. (2008) concluíram que o sorgo forrageiro obteve o melhor desempenho em relação às demais plantas de cobertura, diferindo significativamente quanto ao acúmulo de K e Mg (286,7 kg ha⁻¹ e 42,1 kg ha⁻¹) respectivamente, na parte aérea das plantas. Esses autores também encontraram na parte aérea do sorgo acúmulos de N, P e Mg equivalentes a 146,6; 21,8 e 42,1 (kg ha⁻¹). Prado, Romualdo e Rosane (2007) pesquisaram a omissão de macronutrientes em sorgo e observaram que as plantas submetidas a omissão de K apresentaram menores acúmulos de N e K em relação ao tratamento completo.

A diferença no acúmulo de nutrientes nos híbridos de sorgo está relacionada tanto à capacidade dos híbridos em absorver nutrientes quanto à capacidade de produção de massa seca. Vários autores enfatizam a diferença no acúmulo de nutrientes em diferentes genótipos da mesma espécie (OLIVEIRA et al., 2002; TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2004; TOMICH et al., 2004; SANGOI et al., 2006).

Tabela 2. Quantidades acumuladas de macronutrientes na massa seca da parte aérea da rebrota do sorgo, em Latossolo Amarelo, Belém-Pa, 2008.

Híbridos	N	P	K	Ca	Mg	total
	..... kg ha ⁻¹					
Volumax	135,1a	42,9 a	187,6 b	19,6 a	74,9 a	460,1a
AG 2005E	114,9 b	30,3 b	183,4 c	16,5 b	62,0 b	407,1b
Qualimax	78,0 c	43,0 a	204,2 a	15,8 b	44,0 c	385,0c
C.V.%	4,88	6,83	5,75	7,54	7,32	6,6

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4- CONCLUSÕES

O sistema plantio direto proporcionou maior produção de matéria seca da parte aérea até a dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

Os híbridos Volumax e Qualimax apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea, independente do sistema de manejo do solo.

A dose de 201 kg ha⁻¹ de K₂O, proporcionou uma porcentagem de rebrota de 92,%.

O híbrido Volumax apresentou maior acúmulo de nutrientes na parte aérea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L.L.; BELLINGIERI, P.A. Efeito de doses de nitrogênio e potássio no crescimento, na composição química e nos teores de amônio e nitrato da parte aérea de aveia-amarela cultivada em casa de vegetação. **Científica**, Jaboticabal, v. 32, n.2, p. 107-114, 2004.

ALVES, S.A.; SANTOS, D.; SILVA, J.A.; NASCIMENTO, J.A.M.; CAVALCANTE, L.F.; DANTAS, T.A.G. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Acta scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.661-665, 2009.

AMARAL, A. J.; BERTOL.I.; COGO.N.P.; BARBOSA.F.T.; Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo húmico da região do planalto sul- Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2145-2155, 2008.

ANDRADE NETO, R.C.; MIRANDA, N.O.; DUDA, G.P.; GÓES, G.B.; LIMA, A.S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina grande, v.14, n.2, p. 124-130, 2010.

AVALHAES, C.C.; PRADO, D.M.; ROZANE, D.E.; ROMUALDO, L.M.; CORREIA,M.A.R. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de capim-elefante (cv. Mott) cultivado em solução nutritiva. **Scentia Agrária**, Curitiba, v.10, n.3, p. 215-222, 2009.

BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J.; FARIAS, J. R. B.;CASTRO, C.; SPOLADORI, C. L.; TUTIDA, F. Efeito residual da adubação potássica, sobre girassol e milho, em três diferentes latossolos roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, 1997.

BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.83-87, 2004.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia-preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.87-98, 2006.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAN, D.; CASELA,C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 24 p, 2002.

DEPARIS, G.A.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO,J.F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica na cultura do milho. **Acta scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p.517-525, 2007.

DIAS,G.F.;MOTERLE,D.F.; KAMINSKI.J.; RHEINHEIMER,D.S.; BORKERT,C.M.; TOEBE,M. 2007. Formas de potássio em um Latossolo com histórico de adubação submetida a cultivos sucessivos. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Anais 31**. Gramado. Resumos. 1 CD-ROM.

DOS SANTOS, H.P.; TOMM,G.O.; SPERA, S.T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais na conversão e no balanço energéticos. **Bragantia**, Campinas. v.66, n.2, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

FAQUIM, W.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M. et al. Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da microregião de Campos da Mantiqueira-MG, Brasil. 2. Nutrição em macro e micronutrientes. **Pasturas Tropicais**, v.7, n.3, p.17-22, 1995.

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

FLARESSO, J.A.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1608-1615, 2000.

FOLONI, J.S.S. Rebrotas de soqueiras de sorgo em função da altura de corte e da adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, vol. 55 n. 2, p. 102-108, 2008.

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

LEITE, J.P.; DOS REIS, O.V.; TABOSA, J.N.; DE OLIVEIRA, L.R. Efeitos residuais de N, P e K em Podzólico Amarelo com sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), sob condições de sequeiro, em rotação com batateira (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de milho e sorgo**, v.1, n.3, p.38-46, 2002.

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**. 2006. 75p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias, Areia.

LEITE, A.R.P. **Atributos agrônômicos do sorgo forrageiro em Latossolo da Amazônia em função da adubação fosfatada, nitrogenada e calagem**. 2007. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

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

_____, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARCHEZAN, E.; SILVA, M. I. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino em Santa Maria, RS. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.14, p.161-172, 1984.

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

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.

MATTOS, W.T. de; MONTEIRO, F.A. Respostas de braquiária brizantha a doses de potássio. **Scientia Agricola**, vol.55, no.3, p.428-437, 1998.

MONDADORI, R.G.; FRIZZO, A.; ROCHA, M.G. Comparação entre híbridos de sorgo para produção de silagem. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 45., 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA – Clima Temperado, 2000. p.344-349.

MORAES, G.S.; GUIMARÃES, R.J.; CARVALHO, G.J.; BOTRÉL, E.P. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, n.3, p.743-752, 2009.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v.7, p.95-102, 1983.

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

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A. L. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison : **American Society of Agronomy**, v. 2, p. 539-579, 1982.

NETO, D.C.; MONTEIRO, F.A.; DECHEN, A.R. Características produtivas do capim-tanzânia cultivado com combinações de potássio e de magnésio. **Acta scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p.459-467, 2007.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002 (supl. 1).

OLIVEIRA, T.K., CARVALHO, G.J., MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1079-87, 2002.

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

PADOVAN, M.P.; SAGRILO, E.; BORGES, E.L.; TAVARES, G.F. Acúmulo de massa e nutrientes na parte aérea de adubos verdes num sistema sob transição agroecológica em Itaquí, MS. **Revista Brasileira de Agroecologia** - Vol. 3 - Suplemento especial, p. 99-103, 2008.

PAVINATO, P.S.; CARETTA, C.A.; GIROTTO, E.; MOREITA, I.C.L. **Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica de fertilização**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.2, p. 358-364, 2008.

POSSAMAI, J.M.; SOUZA, C.M. DE; GALVÃO, J.C.C. Sistema de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.2, p.79-82, 2001.

POZAR, G. Silagem de milho. **Jornal Agroceres**, São Paulo, v.18, n.188, p.45, 1989.

PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; ROZANE, D.E. Omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de sorgo (cv. BRS 3010) cultivados em solução nutritiva. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n.2, p. 122-128, 2007.

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

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; DA SILVA, P.R.F.; HORN, D.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C.; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.747-755, mai-jun, 2006.

SANTOS, L.C.; BONOMO, P.; SILVA, V.B.; PATÊS, N.M.S.; SILVA C.C.F.; PIRES, A.J.V. Características morfogênicas de Braquiárias em resposta a diferentes adubações. **Acta scientiarum.Agronomy**, Maringá, v.31, n.1, p.221-226, 2009.

SANTOS, P.C.T.C. **Levantamento detalhado de solos do campus da faculdade de ciências agrárias do Pará**. 1982, 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:249-254, 1985.

SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N.; DE PAZ, C.C.P.; LIMA, M.L.P.; BELLINGIERI, P.A. Resposta do híbrido sorgo-sudão a adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. Lavras, **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.474-480, 2008.

SILVA, A. G. de; REZENDE, P. M.; TOURINHO, M. C. C.; GOMES, L. L.; GRIS, C. F. Consórcio sorgo-soja X: seleção de híbridos de sorgo e cultivares de soja para produção de forragem. **Revista brasileira de Agrociência**, Campo Grande, v. 10, n. 2, p. 179-184, abr./jun. 2004.

SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C. Crescimento e nutrição mineral do sorgo granífero após adubação orgânica e cultivo da batata. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 164-170, 2008.

SOUZA.M. Avaliação do crescimento de variedades crioulas e comerciais de sorgo (*Sorghum bicolor*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol.2 Nº.2,p.795-798, 2007.

TEIXEIRA, P. E. G.; TEIXEIRA, P. P. M. Potencial nutritivo da silagem de sorgo. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO DE SILAGEM NA AMAZÔNIA, 1.,:2004, Belém. **Anais...** Belém : Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004 p. 83-100.

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

TORRES, J.L.R. ; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,V. 32.p 1609-1618, 2008.

_____, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.421-428, 2008.

VASCONCELOS, M.J.D.; ROCHA, M.C.; MIRANDA,G.V.; SCHAFFERT, R.E. **Metodologia de avaliação de exsudados radiculares em linhagens de sorgo submetidos ao estresse de fósforo. Sete lagoas: EMBRAPA-MILHO E SORGO**, 2009. 6P. (EMBRAPA-MILHO E SORGO Circular Técnica, 115).

VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D. et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.235-245, 2007.

ZAGO,C. P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos, Piracicaba: **FEALQ** p.169-217, 1991.

CAPÍTULO 3- PERSISTÊNCIA DA PALHADA DA REBROTA DO SORGO E ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO, EM FUNÇÃO DE SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

RESUMO

Na Amazônia Oriental os solos predominantes são os Latossolos, estes são altamente intemperizados e de baixa fertilidade natural, quando submetidos ao manejo e uso inadequados diminuem rapidamente a capacidade produtiva, ocasionando o abandono dos mesmos. O sorgo por apresentar elevado potencial produtivo em solos de baixa fertilidade. Apresentando elevada produção de massa seca, alta percentagem de rebrota e elevada relação C/N, pode se constituir numa alternativa importante para formação de palhada para a recuperação de solos degradados. Nos solos altamente intemperizados, o potássio é um dos nutrientes mais lixiviados do solo, tornando-o menos disponível às plantas, fazendo-se necessária sua reposição via adubação química para se atingir boas produções. Por outro lado, os sistemas de manejo conservacionistas, como o plantio direto, têm melhorado as propriedades biológicas do solo, contribuindo para recuperação da capacidade produtiva dos solos. Entre os atributos do solo a biomassa microbiana, a respiração basal e o quociente metabólico têm se apresentado como sensíveis indicadores da qualidade do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a persistência da palhada de três híbridos de sorgo e de atributos biológicos do solo, em função do sistema de manejo do solo. O experimento foi realizado em condições de campo na área do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Utilizou-se para a avaliação da decomposição da palhada dos híbridos de sorgo o delineamento experimental em blocos ao acaso, em um arranjo fatorial 3x2, com quatro repetições. Os fatores foram: três híbridos de sorgo (Volumax, AG 2005E e Qualimax) e dois sistemas de manejo do solo (plantio convencional e plantio direto). Para avaliação dos atributos biológicos do solo utilizou-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, em um arranjo fatorial 4x2x2, com quatro repetições. Os fatores foram: quatro doses de K₂O (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), dois sistemas de manejo do solo (plantio convencional e plantio direto) e duas épocas de coletas (período mais chuvoso e menos chuvoso). Avaliou-se, o carbono orgânico total (COT), o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), a relação (C-BMS/COT), a respiração basal e o quociente metabólico (qCO_2). O híbrido Qualimax apresentou maior persistência da palhada no solo e maior relação C/N. As doses de K₂O não influenciaram os atributos biológicos do solo. No sistema plantio direto e no período mais chuvoso observaram-se aumentos nos teores de COT, C-BMS, da relação C-BMS/COT, da respiração basal e do qCO_2 , comparativamente ao sistema de produção convencional.

Palavras chave: *Sorghum bicolor*, decomposição da palhada, atributos biológicos do solo, relação C/N.

ABSTRACT

In eastern Amazonia the soils are oxisols these in turn are highly weathered with low productive capacity that associated with inadequate management and use make these unsuitable for farming, causing the abandonment of them. Sorghum has a high dry matter yield, high percentage of regrowth and high C / N, becoming an important alternative to the formation of straw for the recovery of degraded soils. Potassium is one of the more leached nutrients from the soil, making it less available to plants, making it necessary to replace them by chemical fertilization. The conservation management system as no-tillage has improved the biological properties of soil. The soil properties such as microbial biomass, basal respiration and metabolic quotient are sensitive indicators of soil quality. The objective of this study was to evaluate the persistence of straw from three sorghum hybrids, depending on the system of soil management and biological attributes of soil. The experiment was conducted under field conditions in the area of the Institute of Agricultural Sciences (ICA) of the Federal Rural University of Amazonia (UFRA). Was used to assess the percentage of decomposition of the straw of sorghum hybrids in a randomized block design in a 3x2 factorial arrangement of three sorghum hybrids (Volumax, AG 2005E and Qualimax) and two systems of soil tillage (conventional tillage and no tillage), to assess the biological attributes of soil used a randomized block design in a factorial arrangement (4x2), four doses of K₂O (50, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ of K₂O) and two systems of soil tillage (conventional tillage and no tillage). Was evaluated, the total organic carbon (TOC) carbon from the soil microbial biomass (C-MBS), the relationship (C-MBS/TOC), basal respiration and metabolic quotient ($q\text{CO}_2$). The experimental results showed that the tillage system and the rainy season provided increased levels of total organic carbon (TOC), microbial biomass carbon in soil (C-BMS), the relationship C-MBS/TOC, the respiration and the utilization efficiency of organic carbon by the soil microbial population, compared to conventional production system.

Key-words: *Sorghum bicolor*, management, mulching, biological indicator of soil.

3.1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia, predominam solos altamente intemperizados, caracterizados como de baixa fertilidade natural e elevada acidez, que pelo manejo inadequado, ao longo dos anos, tornam-se de baixo potencial produtivo. Sob tais condições apresentam baixos conteúdos de matéria orgânica e, por conseguinte baixas concentrações de N, P e K, principalmente, e elevada acidez trocável.

O sorgo por apresentar elevada produção de massa seca, capacidade de rebrota, alta relação C/N e tolerância ao estresse hídrico (CONCEIÇÃO et al., 2009), além de ser bom produtor de palhada pode ser utilizado como planta de cobertura do solo para o plantio direto. Alguns híbridos de sorgo apresentam maior produção de biomassa por unidade de área, quando comparados ao milho (TONANI, 1995). A palhada de sorgo apresenta vários fatores benéficos como: retenção da umidade do solo, reservatório de nutrientes, efeitos químicos como alelopatia, (MATEUS; CRUCIOL; NEGRISOLI, 2004; CORREIA; DURIGAN; KLINK, 2006; TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008). Os restos culturais sobre o solo funcionam como protetores do solo contra a ação do intemperismo (BOER et al., 2007; TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008).

Dentre os nutrientes mais importantes para a cultura do sorgo encontra-se o K, por ser absorvido em grande quantidade, inferior apenas ao N, e ocorrer em baixa concentração nos solos da região amazônica (CRAVO; VIÉGAS; BRASIL, 2007). Nestas condições a adubação química, fazendo uso do K, torna-se imprescindível para o atingimento de elevadas produções.

Nos últimos anos a avaliação da qualidade do solo tem sido evidenciada, e a quantificação de alterações nos seus atributos, decorrentes da intensificação de sistemas de uso e manejo, tem sido amplamente realizada para monitorar a produção sustentável dos solos (Neves et al., 2007). Além disso os atributos biológicos do solo são importantes indicadores da qualidade do solo (Doran; Parkin, 1994) por apresentarem elevada sensibilidade as alterações provocadas pelo manejo.

A biomassa microbiana representa um compartimento lábil de muitos nutrientes, que são reciclados rapidamente, como tempo de residência em torno de três meses (CHAN et al., 2002). Para Harris (2003) a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico do solo revela importantes ocorrências relacionadas às adições e transformações da matéria orgânica. Neste sentido a respiração do solo tem sofrido flutuações sazonais, sendo sensível ao teor de umidade do solo (MELO, 2007). Outro atributo que tem se mostrado

sensível aos efeitos ambientais e antropogênicos sobre a comunidade microbiana do solo é o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), podendo constituir-se indicador das perturbações dos ecossistemas (BALOTA et al., 2003; HARRIS, 2003; CARNEIRO et al., 2009). O objetivo deste trabalho foi avaliar a persistência palhada de três híbridos de sorgo, em função das doses de K_2O , sistemas de manejo do solo e atributos biológicos em diferentes épocas, em um Latossolo da Amazônia Oriental.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Localização e Descrição da Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida no período de 02/12/2007 a 15/04/2009, em área do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Belém-PA, cujas coordenadas geográficas são apresentadas na Figura 19. A área encontrava-se abandonada após cultivos diversos por mais de 30 anos. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (SANTOS, 1982). O clima é Afí segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26°C , com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca, ou menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993; LEITE, 2007). Na Figura 20, são apresentadas as médias mensais de variações de precipitação pluvial (Pp), brilho solar (Bs) e temperatura média do ar (T), durante o período experimental. Os dados climáticos durante o período experimental estão apresentados na Tabela 1.

As coletas foram realizadas nas seguintes datas: coleta de solo para caracterização química e física- 02/12/2007; corte da rebrota do sorgo-05/06/2008; coletas das amostras de palhada para avaliação da decomposição-(26/06/2008; 26/07/2008; 25/08/2008; 25/09/2008; 25/10/2008); coleta de solo para análise química, após a retirada da rebrota do sorgo-29/06/2008; coleta de solo para análise dos atributos biológicos (período menos chuvoso)-02/12/2008 ; coleta de solo para análise dos atributos biológicos (período mais chuvoso)-15/04/2009 .

Antes da instalação do experimento foi realizada caracterização química e granulométrica do solo em 02/12/2007 foram coletadas 20 subamostras simples de solo que constituíram duas amostras compostas, nas camadas de 0,0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m de profundidade. A análise foi realizada de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1999), cujos resultados estão na Tabela 3. A análise de solo indicou altos valores para o teor de fósforo, esses valores podem estar associados aos resíduos de experimentos anteriores.

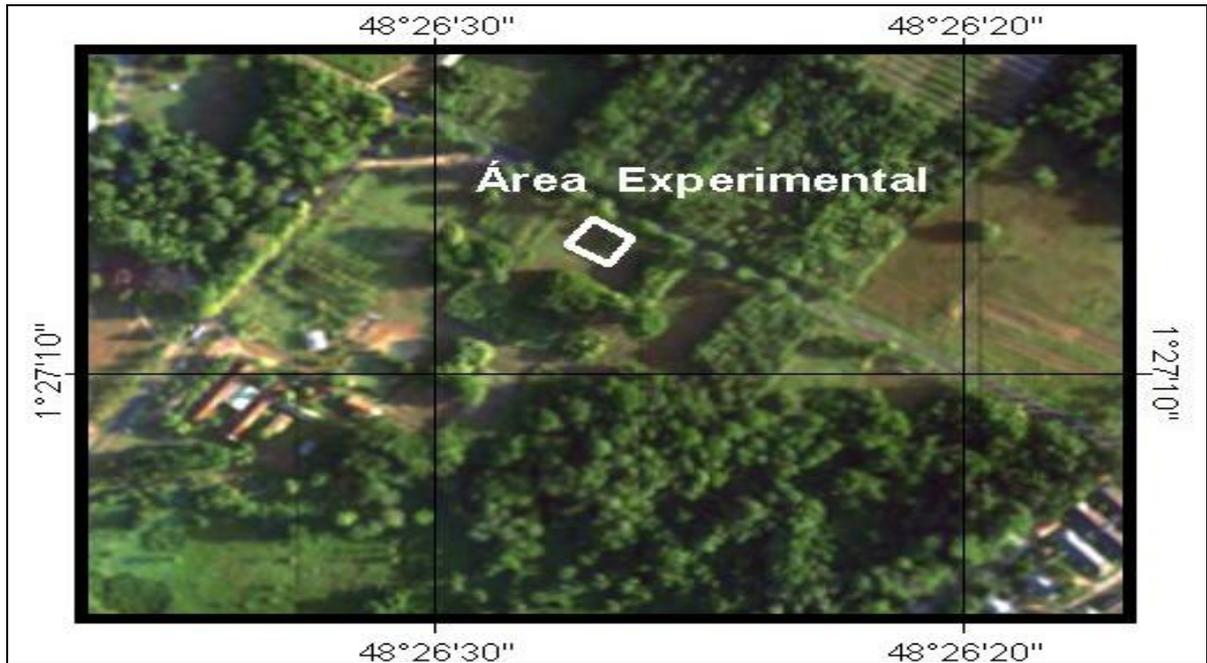


Figura 19: Imagem de satélite da área experimental, no município de Belém/PA.

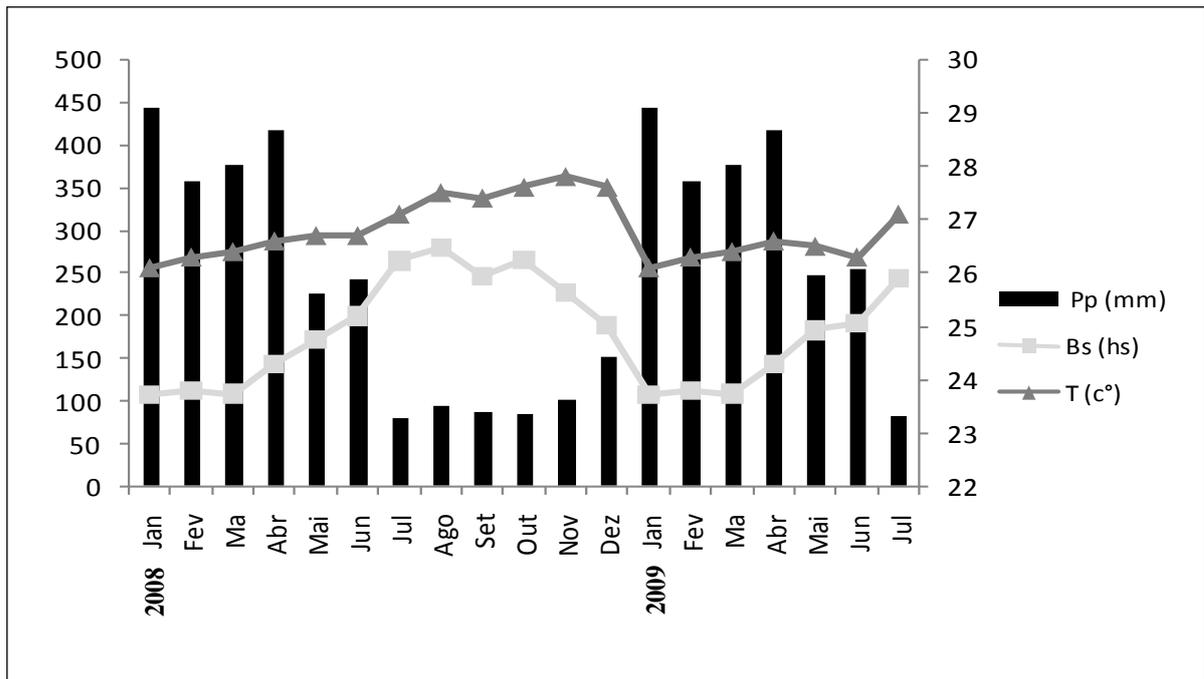


Figura 20: Médias mensais de precipitação pluvial, brilho solar e temperatura média do ar, durante o período experimental (2008-2009), em Belém-PA (EMBRAPA Amazônia Oriental).

TABELA 3. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média (camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m), antes da instalação do experimento.

Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	V	MO	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
(m)	H ₂ O	mg dm ³	.....	mmol _c dm ⁻³.....			%	.....	g kg ⁻¹			
0,0-0,1	4,8	65,7	0,4	2,0	1,1	45	8,9	14	477	336	91	96
0,1-0,2	4,6	62,8	0,2	1,7	0,9	44	8,5	12,4	472	337	95	97

3.2.2. Delineamento Experimental e Tratamentos Utilizados

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 3x2, com quatro repetições, para a persistência da palhada no solo. Os fatores foram três híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] (Volumax, AG 2005E e Qualimax) e dois sistemas de manejo do solo (preparo convencional e plantio direto), totalizando seis tratamentos e 24 parcelas. Para avaliação dos atributos biológicos do solo foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4x2x2, com quatro repetições. Os fatores foram quatro doses de K₂O (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹, na forma de KCl), dois sistemas de manejo do solo (preparo convencional e plantio direto), totalizando oito tratamentos e 32 parcelas e duas épocas de coleta (período menos chuvoso e período mais chuvoso). As doses de K₂O (adubação potássica) utilizadas neste experimento foram definidas a partir dos trabalhos de Carvalho et al. (2006) e Neto et al. (2007).

O Volumax é um híbrido comercial forrageiro de ciclo médio (n > 120 dias), panícula semi-compacta, grãos avermelhados sem tanino com produção de 10-16 toneladas de massa seca por hectare, com grande quantidade de proteína nas folhas e panículas, sendo um excelente produtor de pólen; o híbrido AG 2005E é de duplo propósito (forrageiro e granífero), ciclo normal (110 dias ≤ n ≤ 120 dias) com grãos sem tanino, em relação ao híbrido Qualimax é granífero com grãos sem tanino, apresenta ciclo médio (n > 120 dias).

3.2.3. Instalação e Condução do Experimento

Nas áreas de plantio convencional (PC) e plantio direto (PD) a vegetação foi roçada, sendo que na área do PC houve gradagem para incorporação dos resíduos vegetais e ambas as áreas por ocasião da rebrota da vegetação aplicou-se herbicida dessecante a base de glifosato (Roundup), utilizando-se um volume de aplicação de 3L ha⁻¹. A área foi subdividida em parcelas de 8 m² (2,0 x 4 m), onde foram cultivadas quatro linhas com plantas de sorgo, cujo espaçamento foi de 0,5 m entre linhas e entre plantas. A calagem foi realizada 30 dias antes do plantio em cobertura na área de plantio direto, sobre o resíduo vegetal remanescente, e por

incorporação na área de manejo convencional, visando elevar a saturação por bases a 60% (Raij et al., 1996). A quantidade de calcário dolomítico aplicada foi 2,5 t ha⁻¹, cujo PRNT era de 75%. A adubação potássica realizada de acordo com os tratamentos e a nitrogenada (200 kg ha⁻¹ de N) foram parceladas em duas aplicações: 50% no plantio e 50% em cobertura quando o sorgo apresentou a quarta folha totalmente expandida. A adubação fosfatada foi realizada no plantio, na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo. Na adubação nitrogenada utilizaram-se como fontes sulfato de amônio, aplicado no plantio, e a uréia em cobertura. As sementes foram semeadas em sulcos utilizando-se 15 sementes/m linear em 15 janeiro/08, após a emergência das plantas foi realizado desbaste, visando deixar um espaçamento de 0,5 m entre plantas. Realizou-se capina manual para controle das plantas daninhas. O primeiro corte ocorreu 85 dias após o plantio, a uma altura de oito centímetros do colo das plantas, sendo que toda a palhada foi deixada sobre o solo nas respectivas parcelas em que fora plantado. A rebrota do sorgo foi cortada aos 85 dias após o primeiro corte. Para avaliações foram consideradas as duas linhas centrais, sendo que a 0,3 m da extremidade de cada linha de plantas e as linhas externas formaram a bordadura.

3.2.4. Obtenção dos dados

3.2.4.1. Determinação da persistência da palhada de sorgo sobre o solo

Para determinação do tempo de persistência da palhada do sorgo sob o solo utilizou-se um quadrado de madeira com área interna de 0,25 m², retirando-se amostras da palhada em dois pontos aleatórios na área de cada parcela, 01 dia após o corte (manual com uso de facão), conforme procedimento sugerido por Stott et al. (1990). Os resíduos coletados foram secos em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até peso constante. As amostras foram pesadas e colocadas em sacos de nylon (com malha de 1 mm de abertura e dimensões de 0,2 x 0,2 m) e devolvidas ao solo dos respectivos tratamentos de origem (Figura 21). Este procedimento de pesagem foi repetido aos 30, 60, 90 e 120 dias após o corte da rebrota (DAC). Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais, utilizou-se o modelo matemático exponencial descrito por Thomas e Asakawa (1993), do tipo $X = X_0 e^{-kt}$, em que X é a quantidade de fitomassa seca remanescente após um período de tempo t, em dias; X₀ é a quantidade inicial de fitomassa seca; e k é a constante de decomposição do resíduo.



Figura 21: Detalhe da decomposição da palhada do sorgo, no Campus da UFRA, em Belém, PA. (Foto: Patrícia Maia, 2008).

3.2.4.2. Relação carbono/nitrogênio (C/N)

O material vegetal (parte aérea) coletado no florescimento pleno e já seco em estufa, realizou-se análise química para obtenção do carbono orgânico, pelo método Walkley Black modificado, descrito em Tedesco et al. (1995). O teor de carbono foi determinado a partir da oxidação de 25 g do material vegetal moído por dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido (H_2SO_4 conc.), com titulação do Cr^{+6} em excesso por $FeSO_4$. O N foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl. A partir dos valores determinados de C e N estabelecerão-se as relações entre carbono e nitrogênio da parte aérea.

3.2.4.3. Atributos biológicos do solo

Após o manejo da fitomassa de cada parcela, a palhada foi conservada no local, sendo o solo coletado em duas épocas, no período menos chuvoso (02/12/08) e no período mais chuvoso (15/04/09). Em cada subárea foram coletadas cinco amostras na profundidade de 0-0,05 m, em trincheiras de 0,1 m de profundidade, retirando-se fatias do solo na profundidade citada acima para determinação dos atributos biológicos do solo nos dois sistemas de plantio.

As amostras de solo foram passadas em peneiras de 2 mm de malha, foram retiradas as raízes contidas nas amostras e estas acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em geladeira, posteriormente retirou-se subamostras para as determinações microbiológicas,

determinou-se a umidade em base gravimétrica, secando-se as amostras em estufa a 100 °C por 24 horas. Utilizou-se o método da fumigação-extração para estimar o carbono da biomassa microbiana (CBM) (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987; TATE; ROSS; FELTHAM, 1988).

As amostras de 12,5g (peso fresco do solo) foram acondicionadas em dessecador e submetidas à fumigação com clorofórmio livre de álcool por 24 horas, agitadas por 30 minutos em extrato de K₂SO₄ 0,5 M e posteriormente filtradas, a estimativa do CBM foi feita em triplicata. O CBM foi oxidado em meio ácido, com dicromato de potássio (0,067 M), sendo a determinação realizada por titulação de oxi-redução, com Sulfato ferroso amoniacal (0,08 M). Utilizou-se o coeficiente de correção (K_c) de 0,26 determinado para solos da Amazônia (FEIGL et al., 1995). Amostras não-fumigadas foram pesadas ao mesmo tempo das amostras fumigadas e posteriormente conservadas em geladeira até a retirada das amostras fumigadas do dessecador para a extração no mesmo momento conforme citado anteriormente. Em seguida os extratos foram armazenados em frascos plásticos sob congelamento até a realização as análises químicas.

Para o cálculo do CBM, utilizou-se a equação abaixo:

$$CBM=(CF-CNF)/K_C$$

Em que:

CBM = C da biomassa microbiana em µg de C por g de solo seco;

CF = quantidade de C extraído na amostra fumigada em µg de C/g de solo seco e

K_c = eficiência de extração de C.

3.2.4.4. **Respiração basal do solo**

Incubou-se o solo durante 10 dias, a quantificação da respiração basal do solo (RBS) foi feita a partir do CO₂ produzido pela respiração dos microrganismos, seguindo a metodologia proposta por Jenkinson e Ladd (1981). O ensaio constou de um *kit* formado por um frasco plástico com capacidade de 2 L, fechado hermeticamente, contendo um copo com 30 g de solo com umidade de capacidade de campo, juntamente com um bequer contendo 10 mL de NaOH 0,5 M, sem entrar em contato direto com a amostra de solo. Utilizou-se uma unidade do *kit* sem a adição de solo, para ser utilizada como prova em branco. O CO₂ capturado pelo hidróxido de sódio foi determinado por titulação, com solução de HCl 0,5 M. Para isto, colocou-se uma alíquota de 4 mL de solução de BaCl₂ 1 M e 5 gotas de

fenolftaleína, como indicador. Todas as determinações foram feitas em duplicatas e os resultados expressos com base no solo seco.

A quantidade de CO₂ liberada foi calculada pela fórmula:

$$\mu\text{g CO}_2/\text{g de solo} = \frac{(\text{B} - \text{T}) \times \text{N} \times \text{f} \times \text{V}}{\text{AT}}$$

em que:

B = mL da titulação da prova em branco;

T = mL da titulação da amostra;

N = normalidade do ácido (eqg/L);

f = fator de correção do HCl 0,5 M;

V = mL de NaOH 0,5 M usado na captura do CO₂;

AT = mL da alíquota a ser titulada

3.2.4.5. Quociente metabólico

O quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi determinado como proposto por Anderson e Domsch (1993): é a quantidade de CO₂ liberado por unidade de biomassa microbiana pelo tempo, e tem sido utilizado para estimar a eficiência do uso dos substratos pelos microrganismos do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

O cálculo $q\text{CO}_2$ da respiração basal do solo é dado pela equação: $q\text{CO}_2 = \text{RBS}/\text{C-BMS}$

Em que:

RBS = respiração basal do solo;

C-BMS = carbono da biomassa microbiana do solo.

Os resultados foram expressos em $\mu\text{g CO}_2 \mu\text{g CBM}^{-1} \text{h}^{-1}$

3.2.5. Análise estatística

Os resultados obtidos para o tempo de decomposição da palhada e os atributos biológicos do solo foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de

5% de probabilidade. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o aplicativo computacional Sisvar 5.1 ® (FERREIRA, 2007).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Persistência da palhada

Os sistemas de manejo não influenciaram a persistência da palhada sob o solo. No sistema de manejo convencional e no sistema de plantio direto, os híbridos de sorgo não se diferenciaram estatisticamente, na primeira avaliação da cobertura (30 dias após o manejo da fitomassa/DAM) (Figura 22 e 23). Aos 60 dias após o corte observou-se variação na persistência da palhada de cada híbrido sobre o solo, nos dois sistemas, sendo que o Qualimax apresentou maior porcentagem de persistência da palhada, perdurando aos 90 e 120 DAM. Por outro lado, os híbridos Volumax e AG 2005E não diferiram estatisticamente entre si. Ao final do tempo de avaliação da persistência da palhada sobre o solo (120 dias), constatou-se que no PC o híbrido Qualimax apresentou 35%, de resíduos ainda não decompostos enquanto que os híbridos Volumax e AG 2005E apresentaram 26 e 23% respectivamente, de material não decomposto.

No PD o híbrido Qualimax também apresentou maior porcentagem de resíduos não decompostos (35%), no final do experimento, enquanto que os híbridos Volumax e AG 2005E apresentaram 25% de material não decomposto. Tal fato pode ser atribuído a maior relação C/N obtida no híbrido Qualimax (Figura 24b), embora outros fatores genéticos também possam interferir sobre a decomposição do material vegetal.

É de fundamental importância a realização de novos estudos que incluam a avaliação dos teores de lignina (polímero que confere rigidez ao tecido vegetal) e sorgoleone (composto alelopático capaz de suprir o desenvolvimento de outras espécies) nos híbridos pesquisados neste estudo.

Diversos trabalhos enfatizam a importância em se produzir resíduos vegetais que tenham decomposição mais lenta, que protejam o solo por mais tempo, beneficiando os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (ROSCOE; BOADEY; SALTON, 2006; NETO; MONTEIRO; DECKEN, 2007; TORRES; PEREIRA, 2008).

Ainda são escassos na literatura trabalhos que avaliam a decomposição da palhada de híbridos de sorgo.

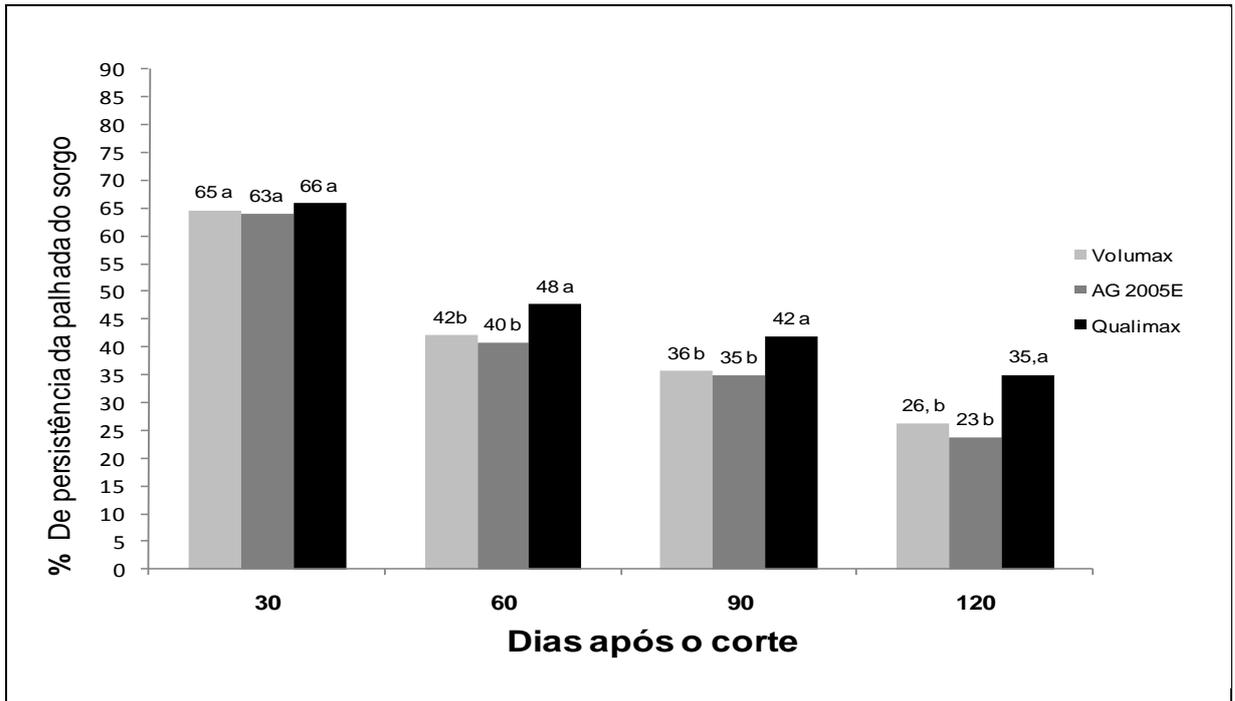


Figura 22: Persistência da palhada da rebrota do sorgo sobre o solo, em função dos híbridos dentro do sistema convencional. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

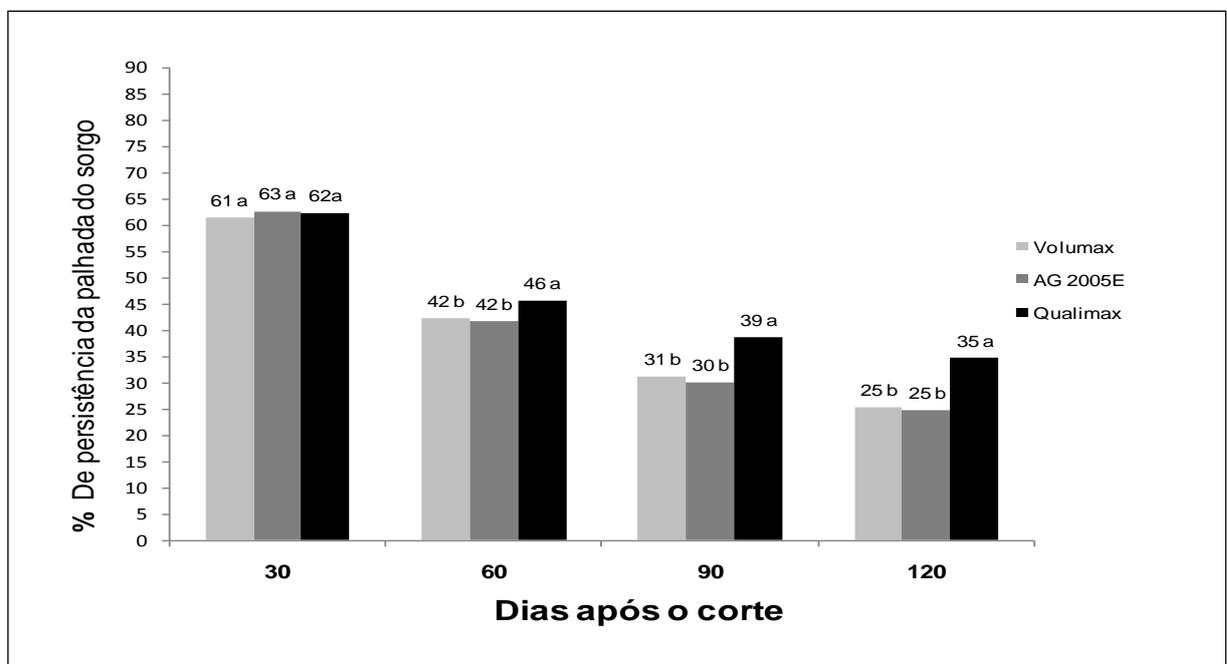


Figura 23: Persistência da palhada da rebrota do sorgo sobre o solo, em função dos híbridos dentro do sistema plantio direto. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3.3.2. Teores de C e N e Relação C/N dos híbridos de sorgo

Os teores de C no tecido foliar dos híbridos de sorgo não variaram, entretanto no híbrido Qualimax observou-se menor teor de N no tecido foliar ($8,2 \text{ g kg}^{-1}$) do que os demais híbridos (Figura 24a). Os teores de N encontrados no tecido foliar dos híbridos estão abaixo dos valores de referência para a cultura do sorgo ($23,1$ a $29,0 \text{ g kg}^{-1}$), demonstrados por Martinez et al. (1999).

Os híbridos AG 2005E e o Volumax apresentaram menor relação C/N do que o Qualimax, porém não diferiram entre si (Figura 24). A maior relação C/N (50/1) observada no Qualimax pode ter contribuído para que a palhada desse híbrido se mostrasse mais resistente ao processo de decomposição que os demais. De acordo com Muraoka et al. (2002), culturas com maior relação C/N, tanto comerciais quanto de plantas de cobertura, apresentam menor velocidade de decomposição. Nas regiões tropicais com temperatura e umidade elevadas, que favorecem a decomposição rápida da fitomassa depositada sobre o solo, deve-se utilizar culturas com relação C/N mais elevada para formação de palhada.

Os valores para relação C/N encontrados neste trabalho estão acima dos encontrados por Vasconcelos (1999). Segundo este mesmo autor a relação C/N do sorgo nos estádios de pleno florescimento, enchimento de grãos e maturação fisiológica é de 27, 35 e 50, respectivamente.

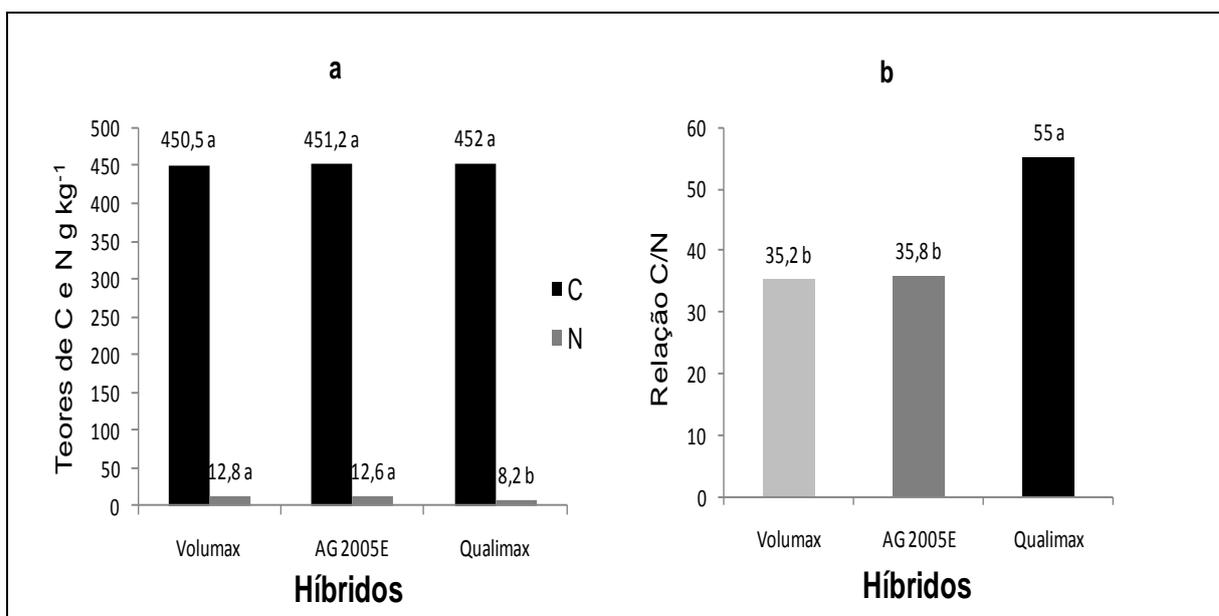


Figura 24: Teores de carbono e nitrogênio no tecido foliar da rebrota do sorgo (a) e relação C/N de três híbridos de sorgo (b), cultivado em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3.3.3. Atributos biológicos do solo

O carbono orgânico total (COT) variou de 11,6 a 15,4 g, sendo maior no plantio direto (PD) do que no sistema convencional (PC) (Figura 25a) e no período mais chuvoso (Figura 25b) ($P > 0,05$). O PD permite maior aporte de material orgânico ao solo, principalmente em suas camadas mais superficiais, proporcionando uma decomposição mais lenta, ocasionando o incremento do teor de C orgânico do solo (COT). Souza et al. (2006) também observaram variações nos teores de COT influenciadas pelo sistema de manejo do solo, a área com cerrado nativo diferiu da pastagem, porém ambos não diferiram do tratamento com sorgo em plantio direto. Estudando a influência do sistema de manejo sobre as propriedades biológicas do solo Carneiro et al. (2009) observaram comportamento similar dos teores de COT no tratamento com sorgo em PD, quando comparado as áreas de cerrado e pastagem. Também foram encontradas variações nos valores de COT em função do sistema de manejo por Fialho et al. (2006).

No período mais chuvoso foram observados maiores valores de COT, o que pode ser justificado pela precipitação de mais de 350 mm de chuva ocorrida nos meses antecedentes à amostragem de solo. Além disso naquele período de amostragem do solo a maior parte da palhada do sorgo já havia sido decomposta, disponibilizando nutrientes e carbono orgânico ao solo.

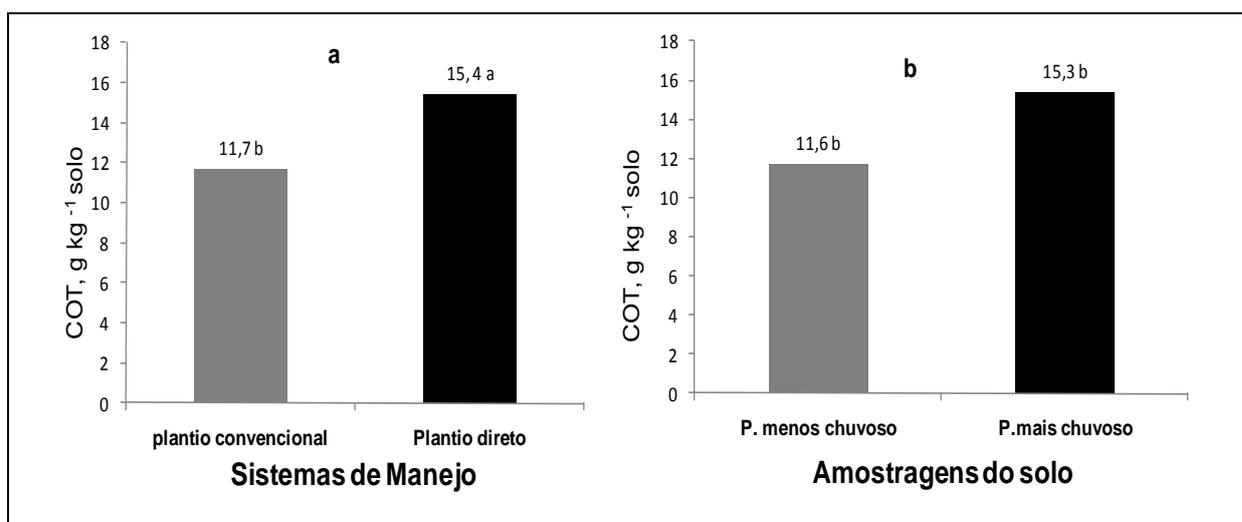


Figura 25: Carbono orgânico total, em dois sistemas de manejo do solo (a) e em dois períodos amostrais (b), em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) se comportou de modo diferenciado nos sistemas de manejo e nos períodos de amostragens ($P > 0,05$), sendo maior no PD (331,3 mg kg⁻¹ de solo) que no PC (199,8 mg kg⁻¹ de solo) (Figura 26a). Em relação aos períodos amostrais o C-BMS foi maior no período chuvoso (256,7 mg kg⁻¹ de solo) (Figura 26b). O maior conteúdo de C-BMS observado no PD deve-se a massa residual que permanece sobre a superfície favorecendo o desenvolvimento de biomassa ativa, especificamente nas camadas superiores, como na camada de 0 a 5 cm (HARRIS, 2003). Também foram encontrados maiores valores de C-BMS em PD por DA SILVA et al. (2007) que avaliaram a influência dos sistemas de manejo e obtiveram no PD e no PC respectivamente 292 e 262 mg kg⁻¹ de solo.

Todavia, o sistema de manejo convencional promove o rompimento dos macro e microagregados, tornando a matéria orgânica mais suscetível ao ataque microbiano, o que aumenta a taxa de mineralização e a liberação de CO₂ para a atmosfera (SIX et al., 2000). As variações do conteúdo de C-BMS observadas nos dois períodos amostrais estão relacionadas às variações de umidade, temperatura e precipitação, que influenciam as transformações da população microbiana do solo. Para Six (2000) fatores climáticos causam variações no conteúdo de C-BMS .

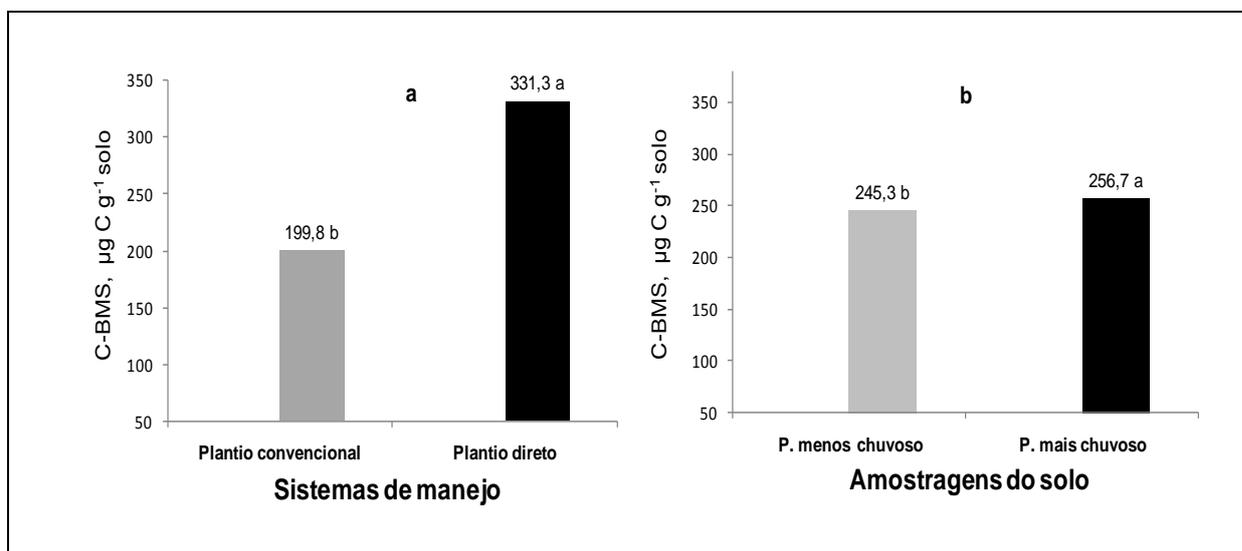


Figura 26: Carbono da biomassa microbiana do solo, em dois sistemas de manejo do solo (a) e em dois períodos amostrais (b), em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os sistemas de manejo do solo e os períodos amostrais estudados proporcionaram variações na relação C-BMS/COT. No PD e no período mais chuvoso foram obtidas maiores relações entre o C-BMS e o COT do solo (Figura 26).

A relação CBM/C pode ser usada como indicador preliminar das alterações do solo, uma vez que a biomassa microbiana é um constituinte da matéria orgânica do solo.

Os resultados para a relação C-BMS/COT desta pesquisa estão de acordo com os resultados encontrados por Da Silva et al. (2007) que avaliaram a influência dos sistemas de manejo e dos períodos amostrais e encontraram valores de relação C-BMS/COT de 2,3 e 2,5% para o PC e o PD respectivamente, demonstrando, também, maior estabilidade do PD em relação ao PC.

Estudando os atributos biológicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e uso Souza et al. (2006) obtiveram para o tratamento com sorgo em plantio direto relação C-BMS/COT equivalente aos resultados encontrados nos tratamentos com cerrado nativo e pastagem. Em ecossistemas tropicais o C-BMS representa 1,8 a 4 % do COT (LUIZÃO, 1992; HENROT; ROBERTSON, 1994). A menor relação C-BMS/COT, no período menos chuvoso (1,7 %) pode está relacionada as variações na precipitação pluvial, além da maior quantidade de palhada não decomposta na ocasião da primeira amostragem.

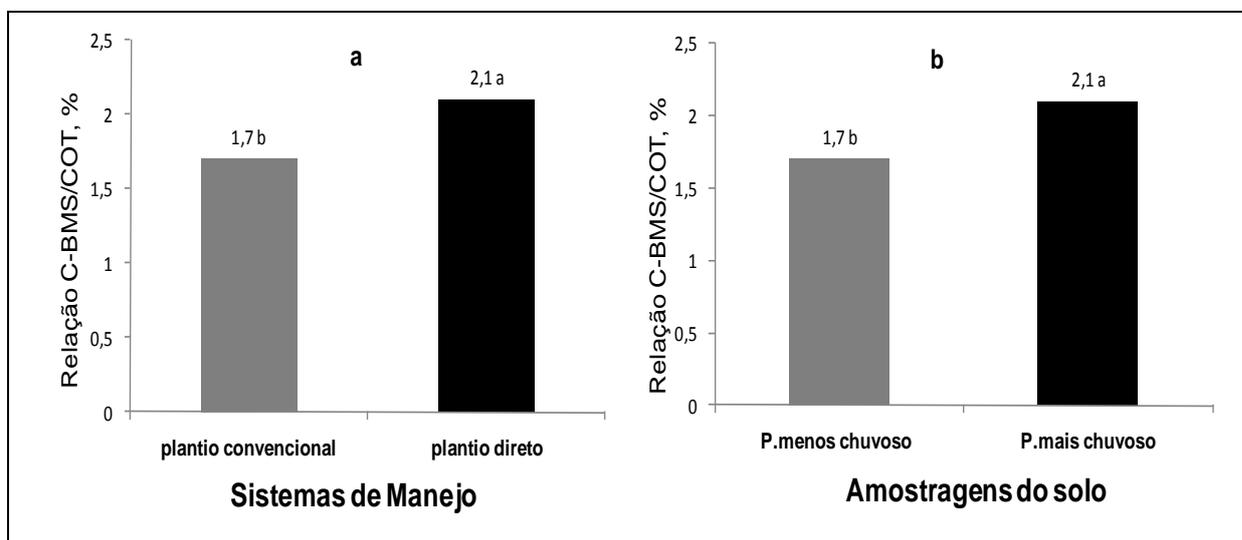


Figura 27: Relação carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total, em dois sistemas de manejo do solo (a) e em dois períodos amostrais (b) em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Semelhantemente aos resultados encontrados para o C-BMS e para o COT, a respiração basal apresentou diferenças quanto ao manejo e quanto ao período amostral ($P <$

0,05) (Figura 28) as relações foram maiores no PD (7,6 mg de C-CO₂) (Figura 28a) e no período mais chuvoso (7,4 mg de C-CO₂) (Figura 28b). A maior respiração basal no PD pode ser justificada pelo maior conteúdo de matéria orgânica no sistema, rica em frações lábeis à superfície (BALOTA et al., 2003). No período mais chuvoso a maior taxa de respiração basal pode ser atribuída a maior umidade do solo, que favorece o desenvolvimento microbiano. A respiração e o quociente metabólico do solo costumam sofrer flutuações sazonais, sendo sensíveis ao teor de umidade do solo (MELO, 2007). Cabezas (2008) avaliou a respiração basal em função do adensamento da palhada de milho e observou no período mais chuvoso, maiores taxas de respiração microbiana no período de maior umidade do solo.

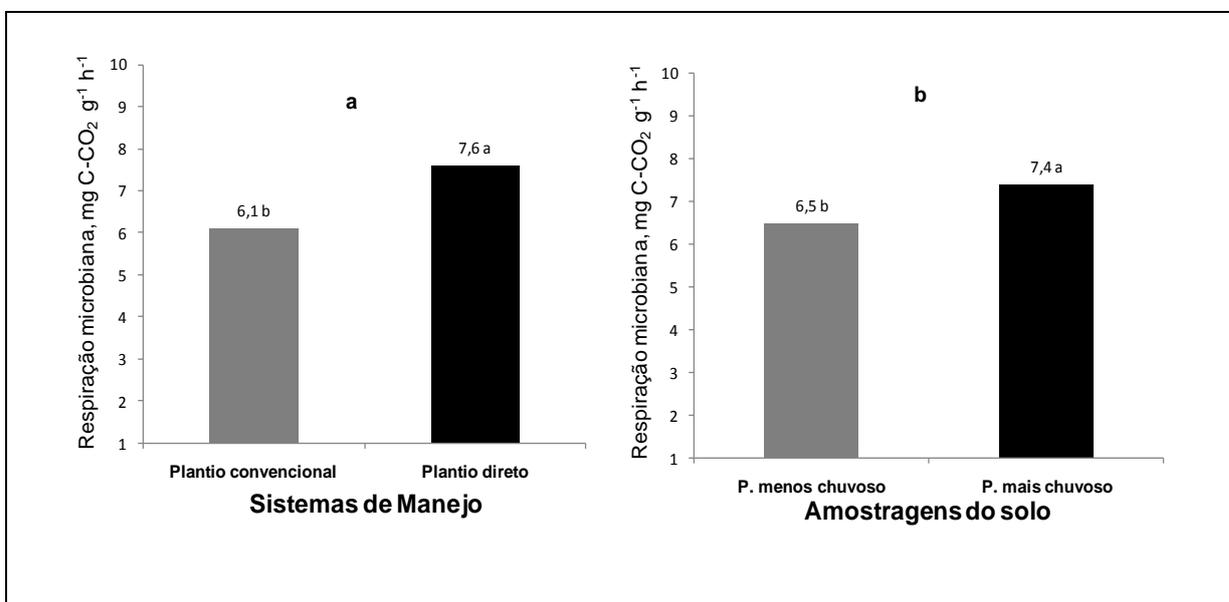


Figura 28: Respiração basal do solo, em dois sistemas de manejo do solo a) e em dois períodos amostrais b) em um Latossolo Amarelo. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O quociente metabólico (qCO_2) foi menor no sistema plantio direto, tal fato pode ser atribuído a maior disponibilidade de nutrientes, melhor aeração e disponibilidade de água que o PD proporciona aos microrganismos do solo, porém em ambos os sistemas de manejo do solo os valores encontrados são considerados baixos (Figura 29a). Os resultados encontrados na presente pesquisa estão de acordo com os encontrados por Carneiro et al. (2009) que pesquisaram sobre os atributos biológicos do solo sobre dez diferentes sistemas de uso e manejo do solo encontraram para o tratamento com sorgo em plantio direto qCO_2 de 0,02 (mg C-CO₂ g⁻¹ h⁻¹ g⁻¹ solo). Também foram encontradas variações nos valores de qCO_2 por Balota et al. (2003) que pesquisando diferentes sistemas de preparo também obtiveram valores mais baixos de qCO_2 em sistema de plantio direto do que naqueles cultivados em plantio

convencional.. Entretanto, Souza et al. (2006) avaliaram os atributos biológicos de um Latossolo Vermelho submetidos a diferentes sistemas de usos e manejos e obtiveram valores de qCO_2 para pastagem, nabo forrageiro em PD, milho em PC e sorgo em PD de 0,02; 0,02; 0,02 e 0,04 ($mg\ C-CO_2\ g^{-1}\ h^{-1}\ g^{-1}\ solo$) respectivamente, sendo os valores de qCO_2 encontrados para o solo sob sorgo por esses autores maiores que os obtidos no presente trabalho.

No período mais chuvoso constatou-se menor índice de qCO_2 em relação ao período menos chuvoso (Figura 30b). Tal fato pode ser devido ao período de maior pluviosidade corroborar para uma maior umidade do solo, favorecendo as condições equilíbrio da população microbiana. Para De Souza et al. (2006) solos com baixo qCO_2 estão próximos ao estado de equilíbrio. Os baixos valores de qCO_2 encontrados na presente pesquisa indicam a eficiência dos microrganismos deste solo quanto à utilização de substratos orgânicos pois, quando uma maior fração de carbono está sendo incorporada à biomassa, menos carbono está sendo perdido pela respiração.

Ainda são escassas pesquisas sobre atividade biológica do solo na Amazônia Oriental.

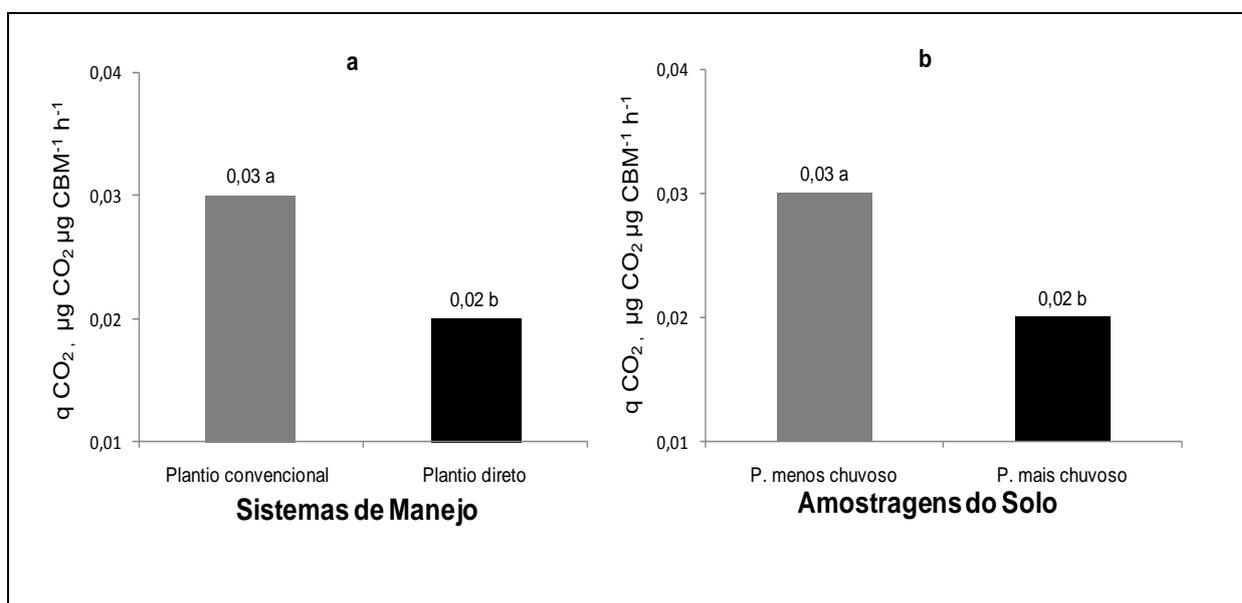


Figura 29: Quociente metabólico em dois sistemas de manejo do solo a) e em dois períodos amostrais b). em um Latossolo Amarelo. Belém-PA. Letras distintas nas barras indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3.5 - CONCLUSÕES

O híbrido Qualimax apresentou maior persistência da palhada no solo e maior relação C/N, indicando que este híbrido é mais indicado para a formação de palhada na região amazônica que os híbridos Volumax e AG 2005E.

O sistema plantio direto e o período mais chuvoso proporcionaram aumento nos teores de COT, C-BMS, da relação C-BMS/COT, da respiração basal e da eficiência de utilização do C orgânico pela população microbiana do solo, comparativamente ao sistema de produção convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p. 393-395, 1993.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology Fertilizer Soil**, v. 38, n. 1, p. 15-20, 2003.

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

CABEZAS, W.A.R.L. Atividade microbiana do solo e produtividade do milho em função da aplicação antecipada de nitrogênio e adensamento de palha. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.899-910, 2008.

CARNEIRO, M.A.C; DE SOUZA, E.D.; DOS REIS, E.F.; PEREIRA, A.S.; DE AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.147-157, 2009.

CARVALHO, F.G.; BURITY, H.A.; SILVA, V.N.; SILVA, L.E.S.F.; SILVA, A.J.N. . Produção de matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob diferentes sistemas de manejo na zona da mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p.101-106, 2006.

CHAN, K.Y.; HEENAN, D.P.; OATES, A. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. **Soil Tillage Research**, v. 63, p.133-139, 2002.

CONÇEISO, A.A.; SCHWANKE, A.M.L.;THEISEN,G.; MELO, P.T.B.S. Periodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo forrageiro em terras baixas. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 229-234, 2009.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C.; KLINK, U.P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n.2, p. 245- 253, 2006.

CRAVO, M.S.; VIÉGAS, I.J.M.; BRASIL, E.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 252 p.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, v. 35, p.3-22. 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

FEIGL, B. J.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C. Effects of pasture introduction on soil CO₂ emissions during the dry season in the state of Rondônia, Brazil. **Biogeochemistry**. v.31, p.1-14, 1995.

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

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; DE OLIVEIRA, T.S.; DA SILVA JÚNIOR, J.M.T. Indicadores de qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**. v.37, n.3, p.250-257, 2006.

HARRIS, J.A. Measurements of the soil microbial community for estimating the success of restoration. **European Journal Soil Science**, Oxford, v.54, n.4, p.801-808, 2003.

HENROT, J.; ROBERTSON, G.P. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: Effect on microbial biomass. **Soil biology biochemistry**, vol.26. p.111-116. 1994.

JENKINSON, D.S & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.M. eds. **Soil biochemistry**, New York, Marcel Decker, vol.5. p.415-471. 1981.

LEITE, A.R.P. **Atributos agronômicos do sorgo forrageiro em Latossolo da Amazônia em função da adubação fosfatada, nitrogenada e calagem**. 2007. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

LUIZÃO, R.C.C.; BONDE, T.A.; ROSSWALL, T. Seasonal variation of soil microbial biomass – The effects of clearfelling a tropical rainforest and establishment of pasture in the central Amazon. *Soil Biol. Biochem.*, **Soil Biology & Biochemistry**, v.24, p.805-813, 1992.

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

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E. Palhada do sorgo de guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 539-542, 2004.

MELO, V.S. Avaliação da qualidade dos solos em sistemas de floresta-capoeira-pastagem na Amazônia Oriental por meio de indicadores de sustentabilidade microbiológicos e bioquímicos. Belém, 120p. Tese de Doutorado – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007.

MURAOKA, T.; AMBROSANO, E.J.; ZAPATA, F.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E.; SCIVITTARO, W.B. Eficiência de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicadas solos o juntamente, como fuentes de N para El cultivo de arroz. **Terra**, v. 20, p. 17-23, 2002.

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

NETO, D.C.; MONTEIRO, F.A.; DECHEN, A.R. Características produtivas do capim-tanzânia cultivado com combinações de potássio e de magnésio. **Acta scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p.459-467, 2007.

NEVES, C.M.N. das; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M.; SOUZA, F.S. de. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, n.74, p.45-53, 2007.

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

ROSCOE, R.; BOADEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M. & SALTON, J.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas. Dourados, **Embrapa**, p.17-42. 2006.

SANTOS, P.C.T.C. **Levantamento detalhado de solos do campus da faculdade de ciências agrárias do Pará**. 1982, 84 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; DA SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.56-62, 2007.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E.T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.681-689, 2000.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A.; BUZETTI, S. Funções do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo vermelho sob cerrado submetidos a diferentes sistemas de manejo e usos do solo. **Acta scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.28, n.3, p.323-329, 2006.

STOTT, D.E.; STROO, H.F.; ELLIOTT, L.F.; PAPENDICK, R.J. & UNGER, P.W. Wheat residue loss from fields under no-till management. **Soil Science Society of America Journal**, v.54, p.92-98, 1990.

TATE, K.R.; ROSS, D.J E FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology & Biochemistry**, v.20, p.329-335, 1988.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p.1351-1361, 1993.

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

TORRES, J.L.R. & PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V. 32.p 1609-1618, 2008.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Na extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**. V.19 p.703-707, 1987.

VASCONCELOS, C.A., CAMPOLINA, D.C.A., SANTOS, F.G., EXEL PITTA, G.V., MARRIEL, I.E. Resposta da soja e da biomassa de carbono no solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v.23, p.69-77, 1999.

APÊNDICE

TABELA 1. Análise de variância para diâmetro do colmo, altura de plantas, matéria seca de parte aérea (MSPA), relação folha/colmo e % de rebrota, em função dos tratamentos.

Fonte de Variação	G.L.	Diâm. col	Altura de plantas	MSPA	Rel. fol/col	% Rebrota
Manejo (Ma)	1	8,64**	ns	ns	ns	ns
Híbrido (Hi)	2	4,40**	8598,21 **	8,09**	11,49**	ns
Doses de K ₂ O (D)	3	ns	340,59**	3,37 *	ns	4,34 **
(Ma) x (Hi)	2	ns	221,55*	ns	ns	ns
(D) x (Ma)	3	ns	ns	ns	ns	ns
(Hi) x (D)	6	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	10,60	3,83	14,24	18,71	9,91
Média		12,9	182,1	10.000,8	0,4	90,2

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

TABELA 2. Análise de variância dos teores de macronutrientes nas folhas dos três híbridos de sorgo, no florescimento pleno em função dos tratamentos.

Fonte de Variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg
Manejo (Ma)	1	ns	32,55**	29,24**	ns	5,32*
Híbrido (Hi)	2	360,36**	11,06**	86,06**	3,31*	14,03**
Doses de K ₂ O (D)	3	ns	2,76*	232,92**	5,19**	ns
(Ma) x (Hi)	2	ns	ns	3,24*	4,22*	16,2 **
(DO) x (Ma)	3	ns	ns	5,80**	ns	ns
(Hi) x (Do)	6	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	-	6,95	12,23	4,66	21,43	33,90
Média		11,3	4,0	19,5	1,8	6,1

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

TABELA 3. Análise de variância dos teores de macronutrientes acumulados na parte aérea dos três híbridos de sorgo, no florescimento pleno em função dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L.	N	P	K	Ca	Mg
Manejo (Ma)	1	ns	ns	ns	ns	ns
Híbrido (Hi)	1	473,2*	365,1*	225,2**	379,6*	428,1*
Doses de K ₂ O (Do)	3	ns	ns	ns	ns	ns
(Ma) x (Hi)	1	ns	ns	ns	ns	ns
(Do) x (Ma)	3	ns	ns	ns	ns	ns
(Hi) x (Do)	3	ns	ns	ns	ns	ns
C.V %	-	12,1	6,8	4,9	19,2	22,5
Média	-	109,1	38,7	191,7	17,3	60,3

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

TABELA 4. Análise de variância da persistência da palhada e da relação C/N dos três híbridos de sorgo, sobre o solo. Em função dos tratamentos.

Fonte de Variação	G.L.	Persistência da Palhada	Relação C/N
Manejo (Ma)	1	ns	ns
Híbrido (Hi)	2	9,17 *	473,43**
Doses de K ₂ O (D)	3	ns	ns
(Ma) x (Hi)	2	ns	ns
(DO) x (Ma)	3	ns	ns
(Hi) x (Do)	6	ns	ns
CV (%)	-	9,7	6,9
Média		280,2	41,98

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

Tabela 5 - Análise de variância do carbono orgânico total (COT), carbono microbiano do solo (C-BMS), relação C-BMS/COT, respiração basal (RBS) e quociente metabólico (qCO_2). Em função dos tratamentos.

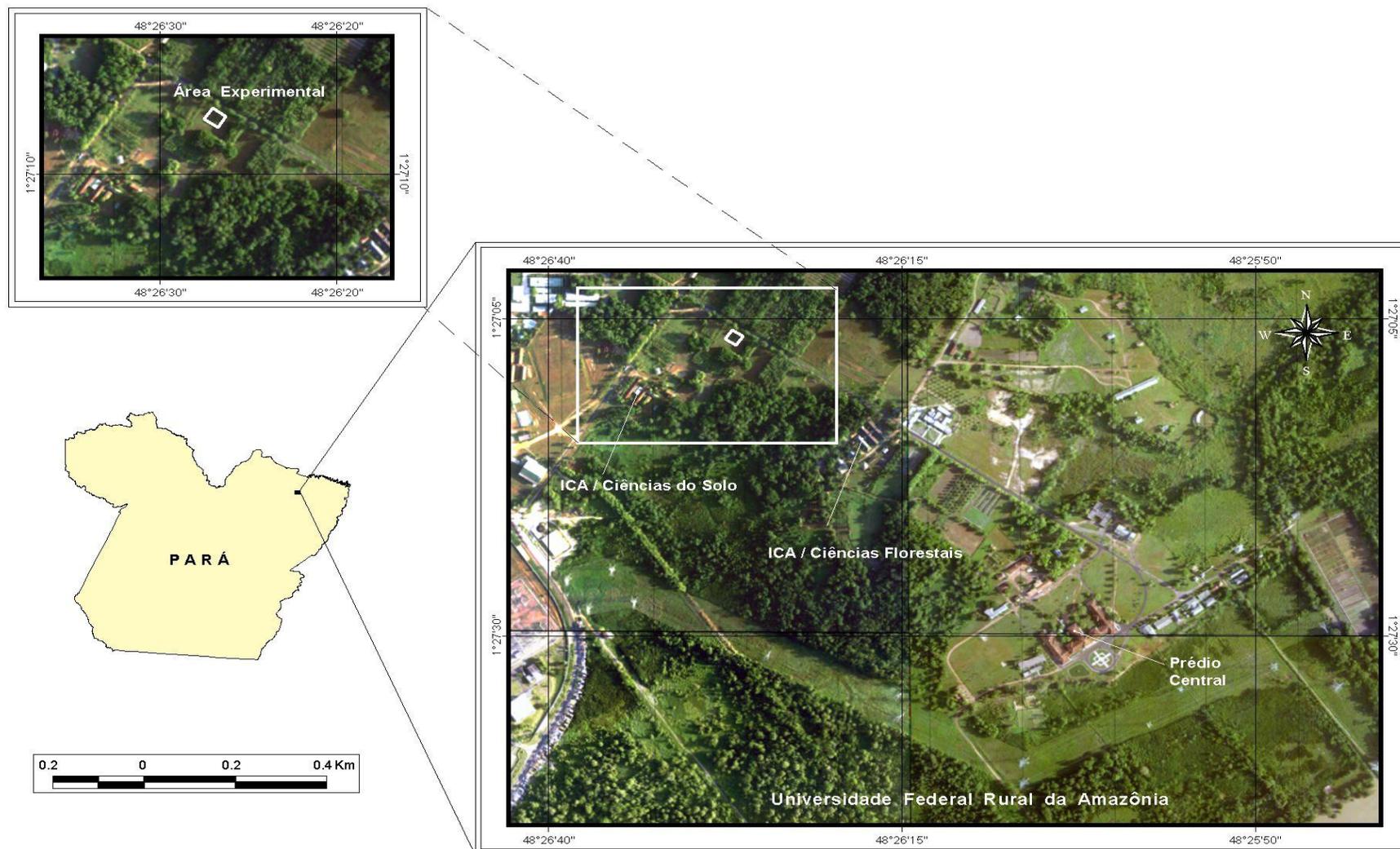
Fonte de variação	G.L.	COT	C-BMS	C-BMS/COT	RBS	qCO_2
Período (Pe)	1	587,4*	4,73**	22,31*	11,76*	99,96*
Manejo (Ma)	1	612,2*	28962,36*	22,14*	10,72,58*	165,24*
Doses de K ₂ O (Do)	3	ns	ns	ns	ns	ns
(Pe) x (Ma)	1	ns	ns	ns	ns	ns
(Do) x (Ma)	3	ns	ns	ns	ns	ns
(Pe) x (Do)	3	ns	ns	ns	ns	ns
C.V %	-	10,7	1,03	8,8	2,79	6,44
Média	-	13,5	256,1	1,9	6,8	0,02

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

TABELA 6. Análise química do solo após a retirada do sorgo, médias seguidas de \pm erro padrão. PC= Plantio convencional, PD= Plantio direto, D1= 50 kg ha⁻¹ de K₂O, D2= 100 kg ha⁻¹ de K₂O, D3= 200 kg ha⁻¹ de K₂O e D4= 300 kg ha⁻¹ de K₂O.

Tratamentos	prof.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
	(m)	H ₂ O	mg dm ³	.....mmol _c dm ⁻³							%	
PCD1	0-10	5,0	69,6	0,6	2,8	1,3	0,5	3,1	4,7	7,8	60,3	6,4
		$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$
PCD1	10-20	4,5	68,5	0,3	2,2	1,1	0,4	2,8	3,6	6,4	56,3	6,3
		$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,6$	$\pm 1,2$	$\pm 0,9$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 1,1$	$\pm 1,4$	$\pm 1,0$
PCD2	0-10	4,9	70,3	0,7	2,7	1,3	0,4	3,2	4,7	7,9	59,5	5,1
		$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$	$\pm 0,9$	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$	$\pm 1,7$	$\pm 1,1$	$\pm 0,7$
PCD2	10-20	4,5	67,2	0,2	2,3	1,2	0,5	2,7	3,7	6,4	57,8	7,8
		$\pm 0,7$	$\pm 0,0$	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$	$\pm 0,9$	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$
PCD3	0-10	4,9	69,7	0,8	2,9	1,4	0,5	3,3	5,1	8,4	60,7	6,0
		$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$
PCD3	10-20	4,4	66,0	0,4	2,2	1,1	0,6	3,0	3,7	6,7	55,2	9,0
		$\pm 0,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,4$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$	$\pm 0,6$
PCD4	0-10	4,9	68,9	1,1	2,9	1,5	0,5	3,2	5,5	8,7	63,2	5,7
		$\pm 0,9$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,0$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 1,1$	$\pm 1,4$
PCD4	10-20	4,5	67,3	0,5	2,4	1,3	0,4	2,9	4,2	7,1	59,2	5,6
		$\pm 1,1$	$\pm 1,4$	$\pm 1,9$	$\pm 1,1$	$\pm 1,4$	$\pm 1,9$	$\pm 2,7$	$\pm 1,4$	$\pm 3,9$	$\pm 4,4$	$\pm 5,3$
PDD1	0-10	4,9	68,4	0,6	3,0	1,5	0,5	3,2	5,1	8,3	61,4	6,0
		$\pm 6,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 6,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$	$\pm 0,9$	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 1,1$
PDD1	10-20	4,6	67,3	0,5	2,4	1,3	0,4	2,9	4,2	7,1	59,2	5,6
		$\pm 0,3$	$\pm 0,1$	$\pm 2,5$	$\pm 6,8$	$\pm 0,6$	$\pm 4,2$	$\pm 2,8$	$\pm 5,4$	$\pm 5,2$	$\pm 2,4$	$\pm 1,6$
PDD2	0-10	5,0	71,1	0,9	2,8	1,6	0,4	3,3	5,3	8,6	61,6	4,7
		$\pm 0,7$	$\pm 1,8$	$\pm 0,6$	$\pm 6,8$	$\pm 0,6$	$\pm 4,2$	$\pm 2,4$	$\pm 0,9$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,6$
PDD2	10-20	4,4	66,9	0,4	2,3	1,2	0,5	3,4	3,9	7,3	53,4	6,8
		$\pm 0,6$	$\pm 2,9$	$\pm 4,7$	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,0$	$\pm 2,4$	$\pm 1,6$	$\pm 0,8$
PDD3	0-10	5,3	71,3	0,9	2,7	1,5	0,5	3,1	5,1	8,2	62,2	6,1
		$\pm 0,4$	$\pm 4,2$	$\pm 2,8$	$\pm 5,4$	$\pm 5,2$	$\pm 4,7$	$\pm 7,1$	$\pm 5,3$	$\pm 3,3$	$\pm 7,3$	$\pm 3,8$
PDD3	10-20	4,7	67,3	0,3	2,4	1,2	0,6	2,8	3,9	6,7	58,2	9,0
		$\pm 6,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$	$\pm 2,9$	$\pm 4,7$	$\pm 6,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 6,8$	$\pm 0,4$
PDD4	0-10	4,9	68,4	1,4	2,9	1,4	0,5	3,2	5,7	8,9	64,0	5,6
		$\pm 3,8$	$\pm 2,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,4$	$\pm 6,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$
PDD4	10-20	4,3	68,2	0,4	2,3	1,1	0,4	2,8	3,8	6,6	57,6	6,1

ANEXO



Anexo A - Imagem de satélite da área experimental, no município de Belém/PA.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)